

ANALISIS PERBANDINGAN ANOMALI FREKUENSI KRITIS LAPISAN E_s DAN F₂ IONOSFIR YANG MERUPAKAN PREKURSOR GEMPA ACEH PADA TANGGAL 07 APRIL 2010

Desi Indriani¹, Dwi Pujiastuti¹, Ednofri²

¹Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Andalas

²Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), Palupuh, Sumatera Barat

e-mail: desiindriani06@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan analisis kualitatif untuk melihat perbandingan anomali frekuensi kritis lapisan Es dan F₂ ionosfir saat terjadinya gempa Aceh pada tanggal 07 April 2010. Data ionosfir yang digunakan berasal dari hasil rekaman ionosonda FMCW, LAPAN Kototabang, Sumatera Barat berupa ionogram pada tanggal 24 Maret – 14 April 2010. Proses *scaling* ionogram dilakukan terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai harian *fo* pada masing-masing lapisan. Dari hasil *scaling* didapatkan nilai median untuk menentukan nilai batas atas dan batas bawah. Prekursor akan terlihat apabila nilai median melebihi batas atas atau batas bawah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prekursor mulai muncul pada 14 hari sebelum gempa pada lapisan *foF₂*. Total kemunculan prekursor pada lapisan *foEs* adalah 4 kali dan pada lapisan *foF₂* sebanyak 8 kali. Dari analisis yang telah dilakukan, terdapat ketidaksamaan respon yang terjadi pada masing-masing lapisan ionosfir. Penyebab terjadinya ketidaksamaan respon diduga karena jarak masing-masing lapisan ionosfir terhadap matahari berbeda sehingga radioaktivitas yang dihasilkan juga berbeda. Kata kunci : frekuensi kritis, ionosfir, prekursor gempa.

ABSTRACT

A qualitative analysis has been conducted to compare the anomaly of critical frequency of Es and F₂ layer of ionospheric during Aceh earthquake on April 7th, 2010. The records of ionosonda FMCW of LAPAN Kototabang West Sumatra was used as ionospheric data in ionogram form. The scaling process of ionogram was done in advance to get the daily point of fo for each layer. From scaling founded median to determine up boundary and down boundary. When the median bigger than up boundary or down boundary, precursor will be seen. Resault show that the precursor firstly appear at 14 days before the earthquake on layer foF₂. Total appearance of precursor on layer foEs is 4 times and on layer foF₂ is 8 times. Based on the analysis, it was found that inequality response was happened in each layer of ionosphere. Expectedly, the cause of inequality response was happened because of the distance differences for each ionosphere layer to the sun so resulted different radioactivity.

Keywords: critical frequency, ionosphere, earthquake precursors.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik yaitu Eurasia, Pasifik dan Indo-Australia. Akibat pergerakan lempeng, dalam suatu waktu akan terjadi benturan antar lempeng yang dapat menyebabkan terjadinya gempa bumi yang disebut gempa tektonik. Hal ini menyebabkan Indonesia termasuk salah satu negara dengan tingkat kegempaan yang tinggi (Hastuti dan Susilo, 2007). Besarnya dampak yang ditimbulkan akibat gempa bumi tentunya menuntut upaya para ahli Seismologi untuk menentukan kapan gempa bumi akan terjadi yakni melalui metode prediksi gempa yang memiliki peran penting sebagai upaya mitigasi bencana.

Penelitian terkait prediksi gempa bumi telah banyak dilakukan dengan metode yang berbeda-beda. Metode yang digunakan untuk prediksi gempa diantaranya adalah pengukuran terhadap anomali emisi gas radon, perubahan medan magnet, medan gravitasi dan kenaikan muka air laut (BMKG, 2010). Seiring dengan perkembangan penelitian dalam bidang atmosfer, prediksi gempa bumi dilakukan dengan melihat gangguan yang terjadi pada lapisan ionosfir.

Prediksi dapat dilakukan pada setiap lapisan ionosfir disebabkan karena terdapat gelombang elektromagnetik sebagai efek interaksi lempeng yang menyebabkan perturbasi pada

lapisan ionosfir tersebut. Pernyataan tersebut juga berkaitan dengan pernyataan Pulinets dan Legen'ka (2003) yang menyatakan bahwa deformasi pada zona persiapan gempa akan menyebabkan radon yang tersimpan dalam batuan terlepas ke udara dan meluruh. Energi hasil peluruhan radon mengionisasi atom di atmosfer dan menyebabkan perubahan komposisi ion di ionosfir. Karena gempa bumi menyebabkan perubahan komposisi ion di ionosfir maka gangguan yang terjadi tersebut dapat dijadikan sebagai salah satu prekursor gempa bumi.

Sebelumnya, para ahli telah banyak menganalisis gangguan/anomali yang terjadi pada lapisan F untuk memprediksi gempa bumi tanpa terlebih dahulu memprediksi dengan menggunakan lapisan Es. Lapisan Es memiliki ketinggian yang relatif lebih dekat dengan bumi sehingga bentuk gangguan yang dihasilkan oleh ionosfir akan lebih cepat sampai daripada lapisan F yang lebih tinggi. Disamping itu, data pada lapisan F₂ yang terbaca pada ionosonda tidak jelas terlihat ketika lapisan Es yang muncul pada siang dan malam hari. Sehingga dengan melakukan penelitian pada lapisan Es tentunya akan dapat membantu menemukan prekursor yang tidak terlihat pada lapisan F₂ ketikalapisan Es itu hadir. Kedua lapisan ini tentunya diharapkan dapat saling menutupi kekosongan data agar didapatkan hasil prediksi yang maksimal.

Oleh karena itu analisis perbandingan anomali frekuensi kritis lapisan Es dan F₂ ionosfir perlu dilakukan untuk melihat kemungkinannya digunakan sebagai prekursor gempa bumi. Kasus gempa yang dibahas adalah gempa Aceh pada tanggal 07 April 2010 yang berada pada koordinat 2,33 LU – 97,02 BT. Penelitian dilakukan dengan rentang waktu 14 hari sebelum gempa, saat terjadi gempa dan 7 hari setelah terjadinya gempa. Hal ini terkait oleh pernyataan Pulinets dan Legen'ka (2003) yang menyatakan prekursor biasanya teramati lima hari hingga beberapa jam sebelum gempa namun dari penelitian yang dilakukan Taufiqurrahman (2011), prekursor dapat terlihat 14 hari sebelum gempa.

II. METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah ionogram dari ionosonda FMCW (*Frequency Modulation Continuous Wave*) yang berada di LAPAN LPA Kototabang, Kabupaten Agam dari tanggal 24 Maret 2010 sampai dengan 14 April 2010 (22 hari). Lokasi ionosonda berada pada koordinat 0,30 LS – 100,35 BT. Data indeks Dst yang diperoleh dari *website* World Data Center C-2 Kyoto University, Jepang, dengan alamat : <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dstdir/>. Data aktivitas matahari diperoleh dari *website* Space Weather Prediction Center (SWPC) dengan alamat : <http://www.swpc.noaa.gov/ftpmenu/warehouse.html>.

Langkah pertama yang dilakukan adalah menghitung jarak lokasi ionosonda ke episenter gempa bumi yang dihitung dengan menggunakan *Latitude/Longitude Distance Calculator*. Langkah selanjutnya yang dilakukan adalah menghitung luas zona persiapan gempa dengan menggunakan Persamaan 1.

$$\rho = 10^{0,43M} \quad (1)$$

dimana, ρ adalah radius zona persiapan gempa (km) dan M adalah magnitudo gempa (SR). Luas zona persiapan gempa dan jarak lokasi ionosonda ke episenter perlu dihitung untuk melihat apakah lokasi ionosonda masih berada dalam zona persiapan gempa.

Selanjutnya, proses *scaling* ionogram dilakukan dengan dengan membuka data ionogram menggunakan Microsoft Paint dan mengarahkan cursor pada titik vertikal pada masing-masing ujung lapisan ionosfir. *Scaling fo* dilakukan setiap 5 menit, dan nilai piksel pada sumbu-x dicatat dan dimasukkan ke Persamaan 2 untuk mendapatkan variasi harian *fo*.

$$fo(x) = 2 + (x - 80) * \frac{2}{30} \quad (2)$$

Dimana nilai x adalah koordinat piksel dari *fo*. Langkah ini diulangi untuk tiap-tiap lapisan ionosfir (Jiyo, 2008). Setelah diperoleh nilai variasi harian *fo*, dilakukan perhitungan nilai median *fo* dan selanjutnya nilai deviasi *fo* untuk setiap waktu pada masing-masing lapisan dihitung dengan mengurangi nilai variasi harian *fo* terhadap nilai mediannya. Nilai standar deviasi (σ) dihitung menggunakan Persamaan 3.

$$\sigma_h = \sqrt{\frac{\sum (f_{o_i} - \bar{f}_o)^2}{n-1}} \tag{3}$$

Dimana f_{o_i} adalah frekuensi kritis (km) untuk setiap waktunya, \bar{f}_o adalah nilai rata-rata harian f_o untuk suatu waktu yang sama dan n adalah banyak data f_o . Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai batas atas f_o pada masing-masing lapisan yang didapatkan dari penjumlahan nilai median dengan masing-masing nilai rata-rata standar deviasi dan batas bawah yang didapatkan dari pengurangan nilai median untuk masing-masing waktu dengan nilai rata-rata standar deviasi. Anomali f_o ditandai dengan nilai f_o yang melebihi nilai batas atas atau batas bawah f_o . Kemudian dilanjutkan dengan peninjauan terhadap badai geomagnetik yang dilakukan dengan menganalisis plot data Indeks Dst. Peninjauan terhadap aktivitas matahari yang dilakukan dengan menganalisis grafik *X-Ray Solar Flare*. Untuk memastikan bahwa anomali f_o yang terjadi tidak diakibatkan oleh badai geomagnetik atau pun aktivitas matahari, tetapi berasal dari aktivitas radon yang dihasilkan oleh pergerakan lempeng bumi.

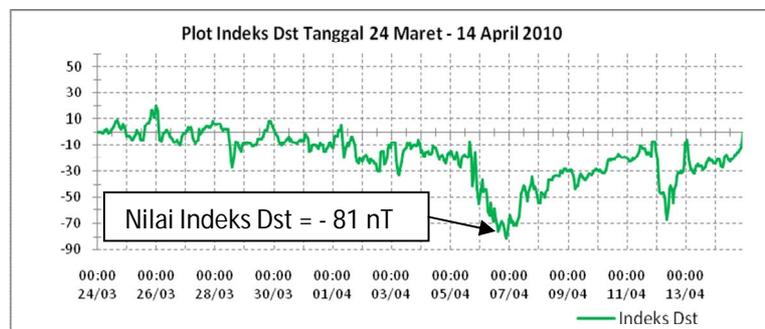
III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Jarak episenter gempa ke Ionosonda Kototabang dan Luas zona persiapan gempa

Jarak episenter gempa Aceh ke ionosonda Kototabang adalah 433 km dan luas zona persiapan gempa adalah 1247 km. Jarak pusat gempa ke ionosonda Kototabang masih berada dalam radius zona persiapan gempa, maka secara teori lapisan ionosfir yang berada pada lokasi ionosonda Kototabang juga mengalami perubahan komposisi ion di atmosfer (Pullinets dkk., 2003). Dengan ini anomali yang diamati dari ionosonda Kototabang dapat digunakan untuk menentukan karakteristik anomali frekuensi kritis masing-masing lapisan ionosfir terhadap kasus gempa Aceh.

3.2 Data aktivitas geomagnetik

Data aktivitas geomagnetik yang dinyatakan dalam indeks Dst selama 22 hari pengamatan diplot untuk mempermudah analisis apakah pada rentang waktu anomali gempa tersebut terjadi badai geomagnetik atau tidak. Badai geomagnetik ditunjukkan dengan nilai indeks Dst yang lebih kecil dari -50 nT (Pulinets dan Boyarchuk, 2004). Plot Indeks Dst pada waktu Gempa Aceh yang diamati dari tanggal 24 Maret – 14 April 2010 dapat dilihat pada Gambar 2. Nilai indeks Dst tanggal 24 Maret – 05 April 2010 tidak melebihi angka -50 nT dan dapat disimpulkan bahwa pada saat itu tidak terjadi aktivitas badai geomagnetik. Namun pada tanggal 06 - 07 April 2010 (saat terjadi gempa) didapatkan nilai indeks Dst lebih kecil dari -50 nT yaitu sebesar -81 nT dan artinya pada saat 1 hari sebelum gempa dan saat terjadi gempa terjadi badai geomagnetik.

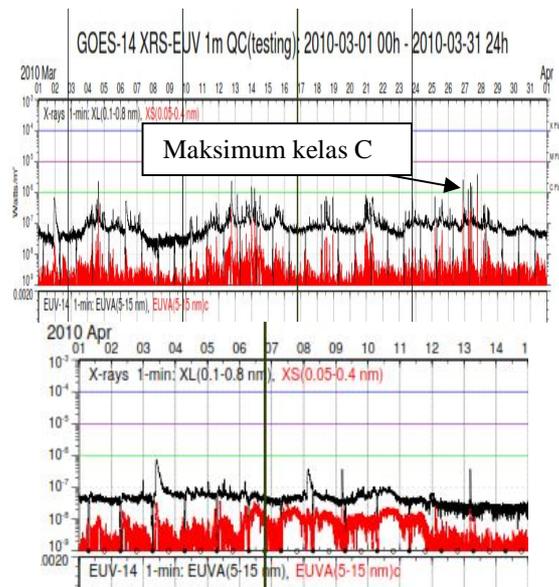


Gambar 2 Plot Indeks Dst tanggal 24 Maret – 14 April 2010

Karena anomali yang akan digunakan hanya pada kondisi dimana lapisan ionosfir tidak terganggu oleh adanya badai geomagnetik maka anomali yang terjadi pada tanggal 06-07 April 2010 tidak dapat dijadikan sebagai prekursor gempa bumi.

3.3 Data aktivitas badai matahari

Aktivitas matahari pada waktu Gempa Aceh yang diamati dari tanggal 24 Maret – 14 April 2010 dapat dilihat pada Gambar 3. Gambar tersebut menunjukkan aktivitas matahari tertinggi mencapai kelas C pada tanggal 27 Maret 2010. Dari gambar dapat dilihat bahwa pada rentang waktu yang diamati, aktivitas matahari dalam kondisi normal dan tidak mengalami gangguan badai matahari. Badai matahari baru akan berdampak besar bila masuk dalam kelas M atau kelas X (Djamaludin, 2012). Bila tidak memenuhi persyaratan ini, maka badai matahari tidak akan berakibat apa-apa pada bumi.

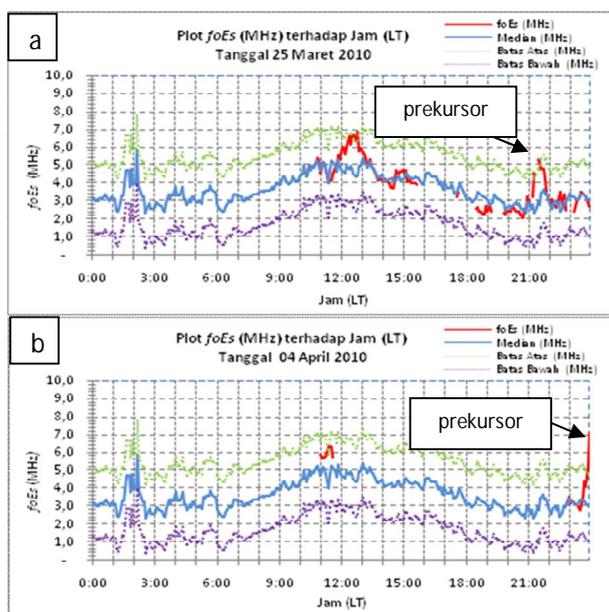


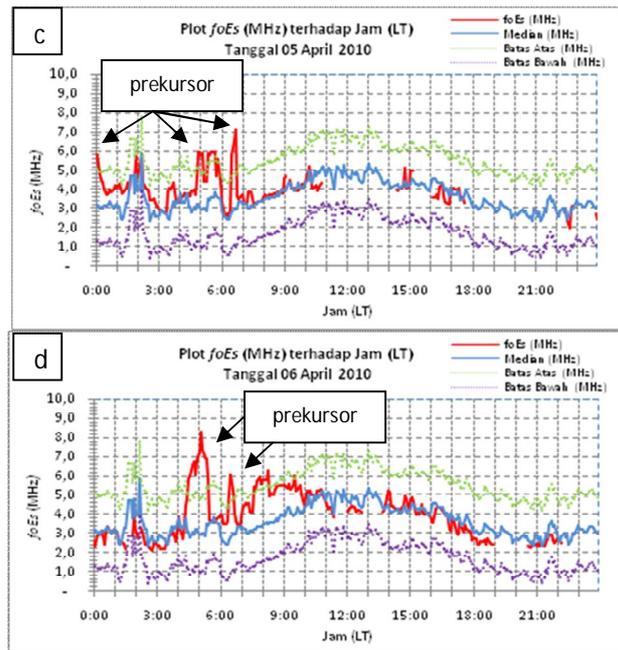
Gambar 3 Grafik aktivitas badai matahari tanggal 01 Maret – 14 April 2010.

3.4 Deviasi frekuensi kritis lapisan ionosfit

3.4.1 Frekuensi kritis lapisan Es

Dari pengolahan data diketahui bahwa untuk lapisan Es ditemukan 4 hari kemunculan prekursor yaitu pada tanggal 25 Maret, 04 April, 05 April dan 06 April 2010. Plot nilai f_oEs harian yang merupakan prekursor gempa dapat dilihat pada Gambar 5a-d.





Gambar 5 Plot nilai f_oE_s harian tanggal 24 Maret, 04 April, 05 April dan 06 April 2010

Pada tanggal 25 Maret 2010 pukul 12.20 – 12.45 dan 21.15 – 21.30 f_oE_s mengalami kenaikan hingga mencapai 6,7 MHz dari nilai median f_oE_s biasanya yaitu 4,5 MHz. Anomali pada pukul 12.20 – 12.45 dianggap normal karena lapisan Es pada saat itu masih terjadi peningkatan intensitas cahaya matahari. Aktivitas matahari dan badai geomagnetik pada pukul 21.25 – 21.30 WIB berada dalam keadaan tenang. Pada saat tersebut seharusnya terjadi penurunan aktivitas matahari namun pada grafik ditemukan deviasi positif. Dapat dinyatakan bahwa anomali f_oE_s yang terjadi tanggal 25 April (13 hari sebelum gempa) pukul 21.25 – 21.30 WIB dianggap sebagai prekursor gempa.

Pada tanggal 04 April 2010 pukul 11.20 f_oE_s mengalami kenaikan hingga mencapai 6,3 MHz dari nilai median f_oE_s biasanya yaitu 4,0 MHz. Anomali tersebut dianggap normal karena lapisan Es pada saat itu masih terjadi peningkatan intensitas cahaya matahari. Pada pukul 23.50 – 23.55 f_oE_s mengalami kenaikan hingga mencapai 7,1 MHz dari nilai median biasanya yaitu 3,0 MHz. Seharusnya pada saat ini tidak terdapat peningkatan f_oE_s karena tidak terjadi peningkatan aktivitas matahari dan badai geomagnetik pada tanggal ini berada dalam keadaan tenang. Dapat dinyatakan bahwa anomali f_oE_s yang terjadi tanggal 04 April (3 hari sebelum gempa) pukul 23.50 – 23.55 dianggap sebagai prekursor gempa yang terjadi akibat peningkatan gas Radon yang mengionisasi ion di atmosfer.

Pada tanggal 05 April 2010 pukul 06.40 f_oE_s mengalami kenaikan maksimum hingga mencapai 7,1 MHz dari nilai median f_oE_s biasanya yaitu 2,9 MHz. Dapat dinyatakan bahwa anomali f_oE_s yang terjadi tanggal 05 April 2010 (2 hari sebelum gempa) dianggap sebagai prekursor gempa yang terjadi akibat peningkatan gas Radon yang mengionisasi ion di atmosfer.

Pada tanggal 06 April 2010 pukul 05.05 f_oE_s mengalami kenaikan hingga mencapai 8,3 MHz dari nilai median f_oE_s biasanya yaitu 3,0 MHz. Aktivitas matahari pada tanggal ini berada dalam keadaan tenang namun indeks Dst (Gambar 2) pada saat ini mencapai nilai -61 pada pukul 07.00 WIB. Sehingga anomali yang terjadi pada pukul 07.35 – 08.15 WIB tidak sepenuhnya disebabkan oleh aktivitas gempa bumi namun ada dugaan juga disebabkan oleh badai geomagnetik. Sedangkan pada pukul 04.30 – 05.25 dan 06.25 – 06.35 WIB dapat dikatakan sebagai prekursor gempa karena pada saat itu belum terjadi badai geomagnetik dan seharusnya tidak terjadi deviasi positif karena pada saat itu tidak terdapat peningkatan aktivitas matahari.

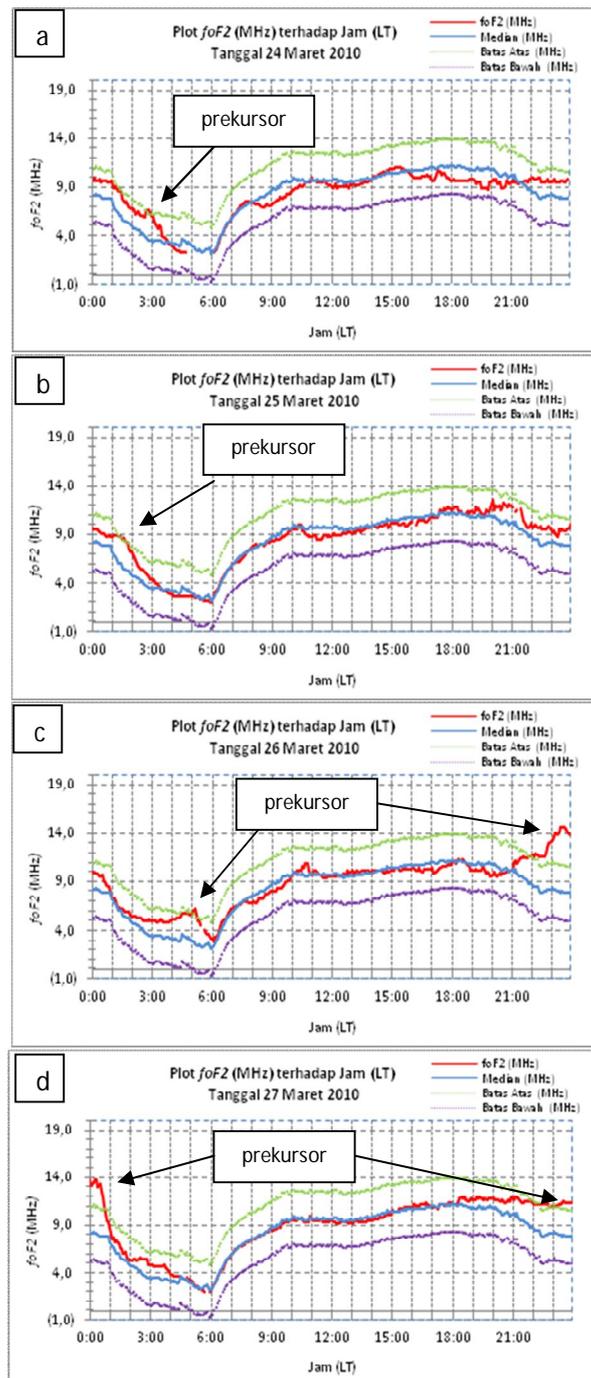
Pada tanggal 07 April 2010 terjadi peningkatan deviasi positif pada pukul 03.00 – 03.25 WIB dengan nilai deviasi positif maksimum sebesar 3,5 dari standar deviasi rata-rata yaitu 1,9.

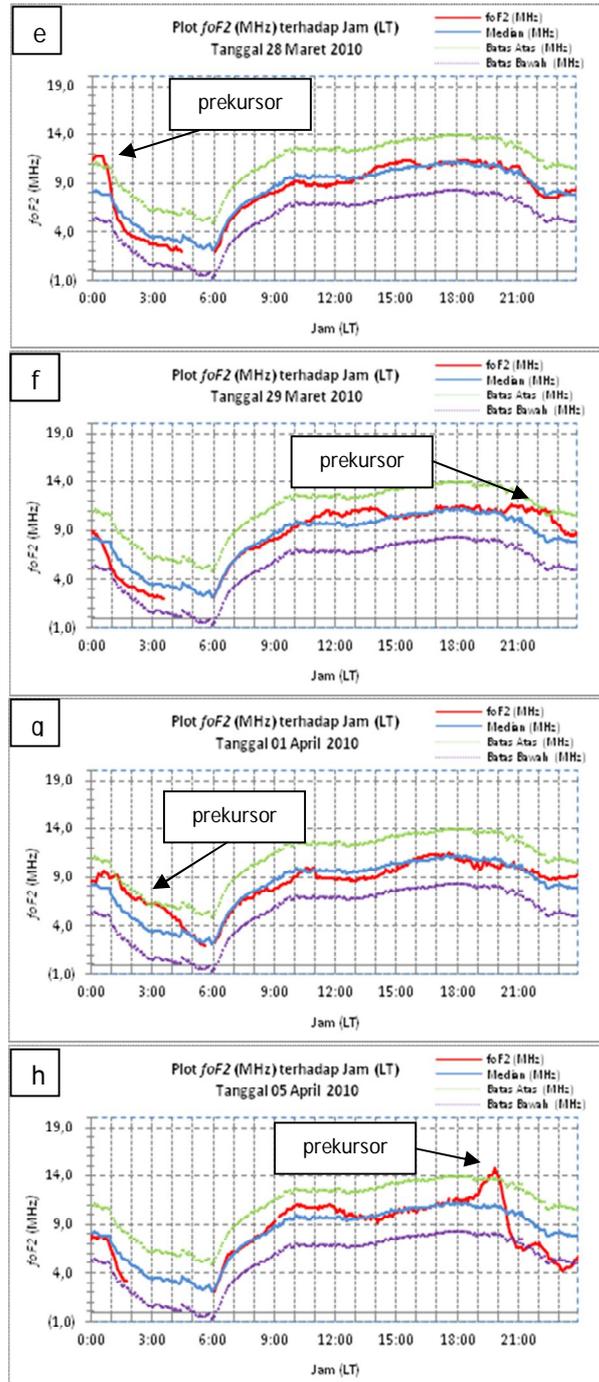
Anomali yang terjadi pada saat ini tidak dapat dipastikan sebagai anomali yang terjadi akibat aktivitas gempa bumi karena pada saat ini masih terjadi badai geomagnetik.

Hasil pengolahan data pada 7 hari setelah terjadi gempa tidak menunjukkan adanya anomali yang merupakan prekursor gempa. Hal tersebut dapat membuktikan bahwa setelah kejadian gempa, komposisi ion di atmosfer kembali stabil dan tidak terjadi perubahan nilai frekuensi kritis.

3.4.2 Frekuensi kritis lapisan F₂

Dari pengolahan data diketahui bahwa untuk lapisan F₂ ditemukan 8 hari kemunculan prekursor yaitu pada tanggal 24 Maret, 25 Maret, 26 Maret, 27 Maret, 28 Maret, 29 Maret, 01 April dan 05 April 2010. Plot nilai foF2 harian yang merupakan prekursor gempa dapat dilihat pada Gambar 6a-h.





Gambar 7 Plot nilai foF2 harian tanggal 24, 25, 26, 27, 28, 29 Maret, 01 dan 05 April 2010.

Pada tanggal 24 Maret 2010 nilai foF₂ yang melebihi nilai batas atas pada pukul 02.45 – 02.50 yaitu sebesar 6,7 MHz dari nilai median biasanya yaitu 3,6 MHz. Ketika tengah malam, seharusnya foF₂ tidak mengalami kenaikan karena tidak ada peningkatan cahaya matahari yang membentuk ion pada lapisan F₂ akan tetapi, foF₂ justru mengalami deviasi positif, sehingga deviasi positif yang terjadi ini diduga merupakan prekursor gempa.

Pada tanggal 25 Maret 2010 pukul 01.30 – 01.35 WIB, terjadi kenaikan foF₂ hingga mencapai 86 MHz dari nilai median foF₂ biasanya yaitu 5,5 MHz. Ketika tengah malam, seharusnya foF₂ tidak mengalami kenaikan karena tidak ada peningkatan cahaya matahari yang membentuk ion pada lapisan tersebut akan tetapi, foF₂ justru mengalami deviasi positif,

sehingga deviasi positif yang terjadi ini diduga merupakan prekursor gempa akibat perubahan komposisi ion di atmosfer.

Pada tanggal 26 Maret 2010 pukul 05.05 – 05.10 WIB, terjadi kenaikan foF_2 hingga mencapai 6,2 MHz dari nilai median foF_2 biasanya yaitu 2,5 MHz sedangkan pada pukul 22.00 – 23.55 terjadi kenaikan hingga 11,7 MHz dari nilai median foF_2 biasanya yaitu 8,7 MHz. Nilai foF_2 pada saat itu seharusnya mengalami penurunan karena masih belum ada penyinaran matahari yang membentuk ion pada lapisan tersebut. Akan tetapi, foF_2 justru mengalami deviasi positif, sehingga deviasi positif yang terjadi ini diduga merupakan prekursor gempa.

Pada tanggal 27 Maret 2010 terjadi kenaikan foF_2 hingga mencapai 11,8 MHz dari nilai median foF_2 biasanya yaitu 8,1 MHz. Deviasi positif juga terjadi pada pukul 22.20 – 23.55 dengan nilai deviasi maksimum sebesar 3,6 dan terjadi kenaikan foF_2 hingga mencapai 11,4 MHz dari nilai median foF_2 biasanya sebesar 7,8 MHz. Nilai foF_2 pada waktu tersebut harusnya mengalami penurunan karena tidak ada penyinaran matahari yang membentuk ion pada lapisan tersebut. Akan tetapi, foF_2 justru mengalami deviasi positif, sehingga deviasi positif yang terjadi ini diduga merupakan prekursor gempa.

Pada tanggal 28 Maret 2010 pukul 00.00 – 00.45 terjadi kenaikan foF_2 hingga mencapai 11,8 MHz dari nilai median foF_2 biasanya yaitu 7,9 MHz. Ketika tengah malam, seharusnya foF_2 tidak mengalami kenaikan karena tidak ada peningkatan cahaya matahari yang membentuk ion pada lapisan tersebut. Akan tetapi, foF_2 justru mengalami deviasi positif, sehingga deviasi positif yang terjadi ini diduga merupakan prekursor gempa.

Pada tanggal 29 Maret 2010 pukul 22.20 – 22.35 terjadi kenaikan foF_2 hingga mencapai 11,1 MHz dari nilai median foF_2 biasanya yaitu 8,0 MHz. Nilai foF_2 pada malam hari seharusnya tidak mengalami kenaikan karena tidak ada peningkatan cahaya matahari yang membentuk ion pada lapisan tersebut. Akan tetapi foF_2 justru mengalami deviasi positif, sehingga deviasi positif yang terjadi ini diduga merupakan prekursor gempa.

Pada tanggal 01 April 2010 01.15 – 01.20 terjadi kenaikan foF_2 hingga mencapai 9,3 MHz dari nilai median foF_2 biasanya yaitu 6,0 MHz. Ketika tengah malam, seharusnya foF_2 tidak mengalami kenaikan karena tidak ada peningkatan cahaya matahari yang membentuk ion pada lapisan tersebut. Akan tetapi, foF_2 justru mengalami deviasi positif, sehingga deviasi positif yang terjadi ini diduga merupakan prekursor gempa.

Pada tanggal 05 April 2010 pukul 19.35 – 20.00 terjadi kenaikan foF_2 hingga mencapai 14,8 MHz dari nilai median foF_2 biasanya yaitu 11 MHz. Nilai foF_2 pada saat ini harusnya mengalami penurunan karena tidak ada peningkatan cahaya matahari yang membentuk ion pada lapisan tersebut. Akan tetapi, foF_2 justru mengalami deviasi positif, sehingga deviasi positif yang terjadi ini diduga merupakan prekursor gempa. Deviasi negatif juga terjadi pada pukul 20.45 – 23.40 dimana foF_2 mengalami penurunan hingga 4,3 MHz dengan nilai median foF_2 biasanya sebesar 8,1 MHz. Anomali tersebut dianggap normal karena lapisan F_2 pada saat itu belum dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari sehingga untuk pengamatan selanjutnya anomali pada saat ini tidak digunakan.

Hasil pengolahan data pada 7 hari setelah terjadi gempa tidak menunjukkan adanya anomali yang merupakan prekursor gempa. Hal tersebut dapat membuktikan bahwa setelah kejadian gempa, komposisi ion di atmosfer kembali stabil dan tidak terjadi perubahan nilai frekuensi kritis.

3.5 Perbandingan prekursor gempa pada masing-masing lapisan ionosfir

3.5.1 Frekuensi kritis lapisan Es

Lapisan Es yang tertangkap oleh ionosonda disebabkan karena adanya pergeseran angin dan hujan meteor (Jiyo, 2014) yang dapat muncul pada malam hari dan siang hari. Anomali yang muncul pada lapisan ini tidak banyak ditemukan karena lapisan ini tidak hadir selama 24 jam penuh. Anomali yang digunakan sebagai prekursor pada lapisan $foEs$ ini selalu mengalami deviasi positif.

3.5.2 Frekuensi kritis lapisan F₂

Pada lapisan ini ditemukan anomali yang dapat dijadikan sebagai waktu awal munculnya prekursor gempa bumi. Prekursor yang didapatkan pada lapisan ini sama halnya dengan prekursor yang didapatkan pada lapisan Es, yaitu mengalami deviasi positif. Lapisan F₂ merupakan lapisan yang paling dekat dengan matahari sehingga akan mengalami proses ionisasi yang sangat sempurna yang apabila terjadi peluruhan gas Radon, tentunya lapisan ini akan lebih banyak mengalami perubahan komposisi ion di atmosfer. Anomali yang merupakan prekursor gempa banyak ditemukan pada lapisan ini karena dapat muncul 24 jam penuh.

Perbandingan prekursor frekuensi kritis pada masing-masing lapisan di atas dapat mengindikasikan bahwa anomali yang terjadi pada suatu lapisan tidak sama dengan anomali yang terjadi pada lapisan lain. Hal ini membuktikan ketika pada lapisan Es tidak terdapat anomali maka pada lapisan F₂ mengalami gangguan/anomali.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan terhadap lapisan Es dan F₂ pada saat gempa Aceh tanggal 07 April 2010, diperoleh kesimpulan bahwa anomali yang dapat dijadikan sebagai prekursor muncul sebanyak 12 kali berupa deviasi positif pada *foEs* (4 kali kemunculan prekursor) dan *foF₂* (8 kali kemunculan prekursor). Prekursor pada lapisan *foEs* terjadi pada tanggal 25 Maret, 04 April, 05 April dan 06 April 2010. Prekursor pada lapisan *foF₂* terjadi pada tanggal 24 Maret, 25 Maret, 26 Maret, 27 Maret, 28 Maret, 29 Maret, 01 April dan 05 April 2010. Prekursor yang terjadi pada lapisan *foEs* dapat dijadikan sebagai tambahan data pada penentuan prekursor di lapisan *foF₂*.

DAFTAR PUSTAKA

- Hastuti, E.W.D dan Susilo, B.K., 2007, Tektonik Lempeng dan Bencana Geologi di Sumatera dan Jawa, Kongres Ilmu Pengetahuan Wilayah Indonesia Bagian Barat, Jurusan Teknik Pertambangan UNSRI, Palembang.
- Hunsucker, R.D. dan Hargreaves, J.K., 2003, The High-Latitude Ionosphere and its Effects on Radio Propagation, Cambridge University Press, hal. 26-39.
- Jiyo, 2008, Metode Pembacaan Data Ionosfir Hasil Pengamatan Menggunakan Ionosonda FMCW, Berita Dirgantara, No.9, Vol.2, LAPAN, Bandung.
- Jiyo, 2014, Kemampuan Pantul Lapisan Ionosfir Diatas Manado Berdasarkan Rentang Frekuensi Minimum-maksimum, Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara, No.1, Vol.9, LAPAN, Bandung.
- Pullinets, S.A., Legen'ka, A.D., Gaivoronskaya, T.V. dan Depeur, V.K., 2003, Main Phenomenological Features of Ionospheric Precursors of Strong Earthquakes, Journal of Atmospheric and Solar-terrestrial Physics, Vol.65, hal. 1337-1347.
- Pulinets, S.A dan Legen'ka, A.D., 2003, Spatial-temporal Characteristic of Large Scale Disturbances of Electron Density Observed in the Ionospheric F-region Before Strong Earthquakes. Cosmic Research, No.3, Vol.41, hal. 240-249.
- Pullinets, S.A. dan Boyarchuk, K., 2004, Ionospheric Precursors of Earthquakes, Springer-Verlag, Berlin.
- Singh, B. dan Singh, O.P., 2007, Simultaneous Ionospheric E and F-layer Perturbations Caused by Some Major Earthquakes in India, Annals of Geophysics, No.1, Vol.5, hal. 111-122.
- Taufiqurrahman, E., 2011, Analisis Korelasi Frekuensi Lapisan F Ionosfir (*foF₂*) dengan Gempa di Sumatera Barat (Studi Kasus Gempa Tanggal 6 Maret 2007 dan 30 September 2009), Skripsi, Jurusan Fisika UNAND, Padang.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, 2010, Gempa Bumi, http://www.bmkg.go.id/bmkg_pusat/Geofisika/gempabumi.bmkg, diakses Januari 2015