

# PENGARUH BADAI GEOMAGNET PADA LAPISAN F IONOSFER

Sarmoko Saroso

*Bidang Aplikasi Geomagnet dan Magnet Antariksa,*

*Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa – LAPAN*

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

## ABSTRAK

Berdasarkan hasil pengamatan yang diperoleh dari beberapa stasiun ionosonda yang berada disepanjang garis meridian 120° BT, yaitu di Parepare, Manila dan Chung-Li, dari tanggal 1 sampai dengan 15 Maret 1998 dimana terlihat adanya efek konjugasi pada ketinggian lapisan F ionosfer dilokasi antara Chung-Li dan Manila dengan Parepare. Disamping itu juga teramati lapisan tambahan (lapisan F1.5), yaitu stratifikasi lapisan F2 di Manila dan Parepare. Pada saat terjadi badai geomagnet, lapisan tambahan tersebut tidak teramati. Terbentuknya lapisan F1.5 tersebut menunjukkan adanya pengaruh anomali ekuator (efek fountain) yang disebabkan oleh gerak ExB drift. Selain itu juga dipengaruhi oleh lokasi stasiun yang letaknya relatif dekat dengan ekuator geografis.

**Kata kunci :** Efek konjugasi, badai geomagnet, efek fountain

## ABSTRACT

According to the observation results from several ionosonde stations along 120° E meridian, such as in Parepare, Manila and Chung-Li during the 1-15 March 1998, the conjugate effect was seen at the height of ionospheric F layer between Chung-Li and Manila with Parepare. Also, it was seen the occurrence of an additional layer (F1.5 layer) that indicated with stratification of F2 layer in Manila and Parepare. The additional layer was not seen during a geomagnetic storm. These results indicate that the fountain effect produced by ExB drift plays an important role in the formation of the additional layer. Besides that the layer formation are in some way influenced by the location of the station relative to the geographic equator.

**Keywords :** Conjugate effect, geomagnetic storm, fountain effect

## 1. PENDAHULUAN

Proses perkembangan struktur plasma di lapisan F ionosfer terutama di daerah ekuator masih belum banyak diketahui. Beberapa parameter yang diperkirakan mempengaruhi proses tersebut adalah variasi medan listrik arah timur, konduktivitas ionosfer dan gradien ketinggian lapisan F bagian bawah (Tsunoda, 1985). Sampai dengan saat ini belum ada teori maupun model yang dapat menjelaskan perkembangan struktur plasma di lapisan F ionosfer. Hal ini disebabkan antara lain karena belum dilakukannya pengukuran parameter ionosfer secara komprehensif di sepanjang garis meridian tertentu, di belahan bumi utara dan selatan. Dari berbagai alternatif lokasi yang ada, ditentukan lokasi di daerah Pasifik Barat sepanjang garis meridian 120° BT dengan pertimbangan bahwa di daerah tersebut terdapat banyak negara yang melakukan kegiatan di bidang penelitian ionosfer dibanding dengan daerah lain seperti di Amerika Selatan dan Afrika.

Secara ideal pengukuran parameter ionosfer yang diperlukan untuk mengetahui perkembangan struktur plasma di lapisan F ionosfer harus dilakukan secara simultan di sepanjang garis meridian tertentu di kedua belahan bumi, utara dan selatan. Dengan melakukan pengukuran secara simultan, selain akan dapat ditentukan distribusi kerapatan plasma di titik-titik konjugasi garis gaya medan magnet bumi, juga hasil pengukuran yang diperoleh akan bebas dari ambiguitas ruang dan waktu.

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

Berdasarkan data pengamatan parameter ionosfer, yaitu frekuensi kritis lapisan F ( $f_oF_2$ ) dan ketinggian lapisan F ( $h'F$ ) dari stasiun pengamatan yang berada di daerah Pasifik Barat sepanjang garis meridian  $120^\circ$  BT seperti Taiwan (Chung-Li), Filipina (Manila, Cebu), dan Indonesia (Parepare), maka akan dapat diketahui perkembangan struktur plasma di lapisan F ionosfer, seperti adanya efek konjugasi pada ketinggian lapisan F, serta terjadinya stratifikasi lapisan F<sub>2</sub> berupa lapisan tambahan (lapisan F<sub>1.5</sub>) yang ujungnya melengkung seperti hidung dan terletak dibawah lapisan F<sub>2</sub>. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Field (1997) dan Saroso (2006) ditunjukkan bahwa di daerah lintang rendah, tengah dan tinggi, variasi frekuensi kritis lapisan F ionosfer dipengaruhi oleh aktivitas matahari dan badai geomagnet.

## 2. PENGOLAHAN DATA DAN HASIL

Dalam penelitian ini digunakan hasil pengamatan di stasiun-stasiun ionosonde Parepare, Manila, Cebu dan Chung-li, dari tanggal 1 sampai dengan 15 Maret 1998. Koordinat geografis dan geomagnet dari masing-masing stasiun tersebut dapat dilihat pada tabel 2.1. Adapun parameter ionosfer yang diamati adalah frekuensi kritis lapisan F ( $f_oF_2$ ) dan ketinggian lapisan F ( $h'F$ ).

Tabel 2.1. Koordinat geografis dan geomagnet Chung-Li, Manila, Cebu, dan Parepare

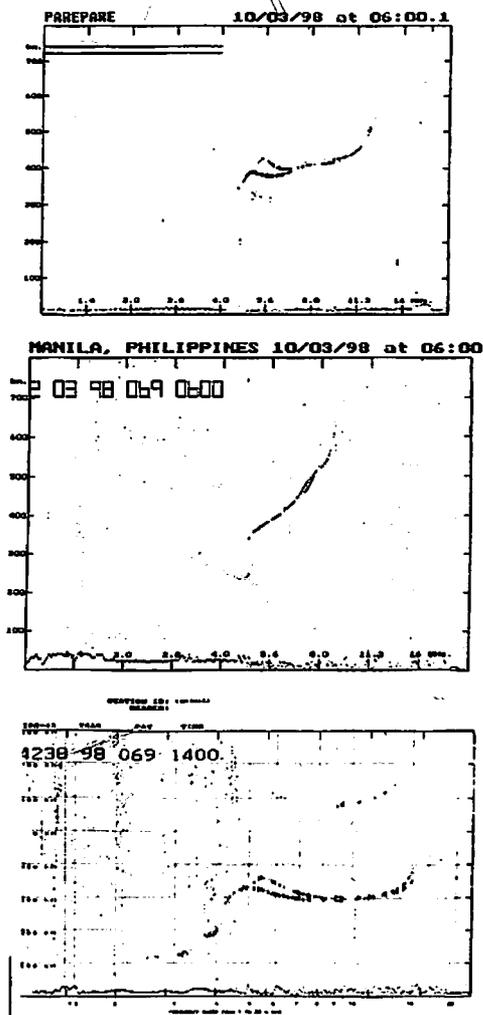
Station	Geographic		Geomagnetic		
	Lat. ( $^\circ$ N)	Long. ( $^\circ$ E)	Lat. ( $^\circ$ N)	Long. ( $^\circ$ E)	Dip Lat. ( $^\circ$ N)
Chung-Li	25.0	121.2	14.2	191.3	19.2
Manila	14.5	120.5	3.7	191.1	7.6
Cebu	10.2	123.9	-0.4	194.5	2.6
Parepare	-4.0	119.6	-14.8	190.8	-13.9

Gambar 2.1 menunjukkan contoh ionogram dari stasiun Parepare, Manila dan Chung-Li pada tanggal dan waktu yang bersamaan, yaitu tanggal 10 Maret 1998 pukul 14.00 waktu lokal. Sedangkan gambar 2.2 dan 2.3 menunjukkan variasi harian  $f_oF_2$  dan  $h'F$  di Parepare, Manila dan Chung-Li dari tanggal 9–15 Maret 1998. Dari gambar 2.2 terlihat bahwa variasi  $f_oF_2$  di ketiga tempat tersebut mempunyai trend yang sama, kecuali antara pukul 12.00–18.00 dan 18.00–00.00 terlihat adanya perbedaan. Demikian juga variasi  $h'F$  seperti terlihat pada gambar 2.3 menunjukkan adanya perbedaan di ketiga tempat tersebut. Di Parepare terlihat adanya fluktuasi yang cukup besar bila dibandingkan dengan di Manila dan Chung-Li. Dari gambar 2.4 terlihat bahwa  $h'F$  di Parepare pada pukul 16.00–06.00 waktu lokal mencapai 450 km sedang di Chung-Li mencapai 400km, tetapi pada umumnya di kedua tempat tersebut ketinggian lapisan F berkisar antara 200 hingga 300 km.

Efek konjugasi pada ketinggian lapisan F berupa beda fase yang hampir mencapai 180 derajat teramati di lokasi yang terletak ditengah-tengah antara Chung-Li dan Manila (C-M) seperti yang terlihat pada gambar 2.5 (kurva sebelah bawah) dengan di Parepare (kurva sebelah atas) pada tanggal 12–16 Maret 1998. Sedangkan gambar 2.6 menunjukkan perkembangan terjadinya stratifikasi lapisan F<sub>2</sub> hingga terbentuknya lapisan F<sub>1.5</sub> di Parepare pada tanggal 14 Maret 1998 pukul 10.30 –13.30 waktu lokal.

## PENGARUH BADAI GEOMAGNET PADA LAPISAN F IONOSFER

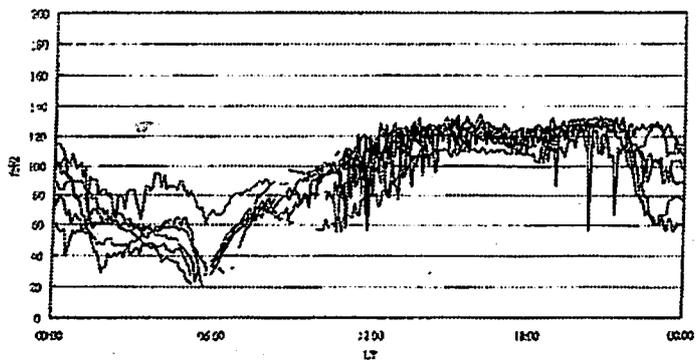
Dari hasil pengamatan ionosonde yang berupa ionogram di empat lokasi, yaitu di Chung-Li, Manila, Cebu, dan Parepare, teramati lapisan  $F_{1.5}$  pada tanggal 10 Maret 1998 di Manila antara pukul 08.05–09.10 waktu lokal dan di Parepare antara pukul 11.40–14.10 waktu lokal, seperti terlihat pada gambar 2.7 dimana kondisi geomagnet pada saat itu tidak dalam keadaan terganggu (tenang) yang ditunjukkan oleh indeks Dst (gambar 2.8). Lapisan  $F_{1.5}$  tersebut ternyata menghilang atau tidak teramati pada saat terjadi badai magnet. Hal ini terlihat pada ionogram di Manila dan Parepare pada tanggal 11 Maret 1998 (gambar 2.9) dimana kondisi geomagnet pada saat itu dalam keadaan terganggu seperti yang ditunjukkan oleh indeks Dst (gambar 2.8).



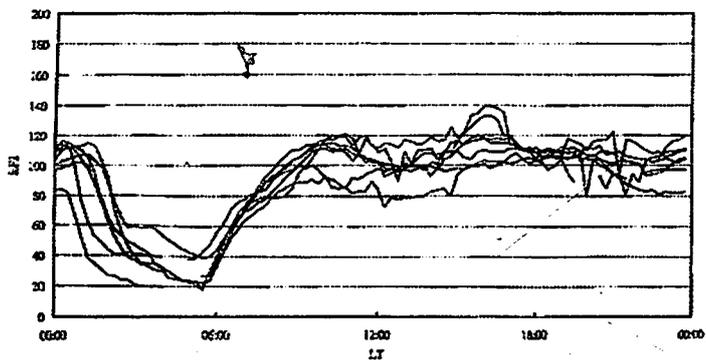
Gambar 2.1. Contoh ionogram dari stasiun Parepare, Manila, dan Chung-Li, tanggal 10 Maret, pukul 14.00 waktu lokal.

# Sarmoko Saroso

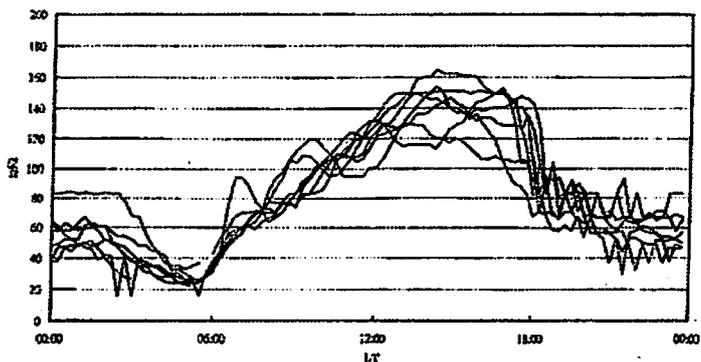
Parepare 5425F - 315



Manila 5829F - 315

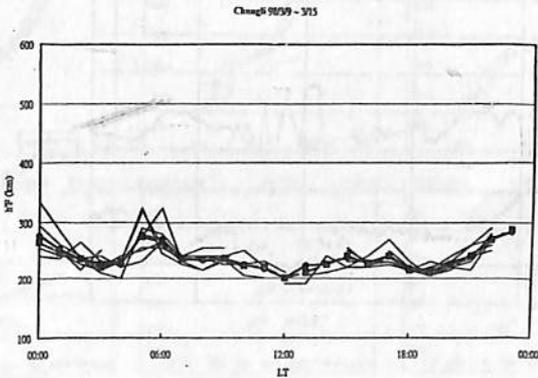
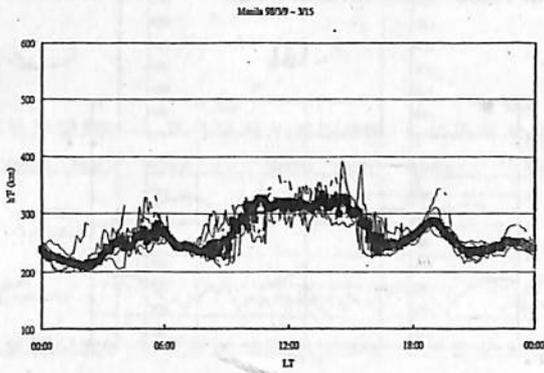
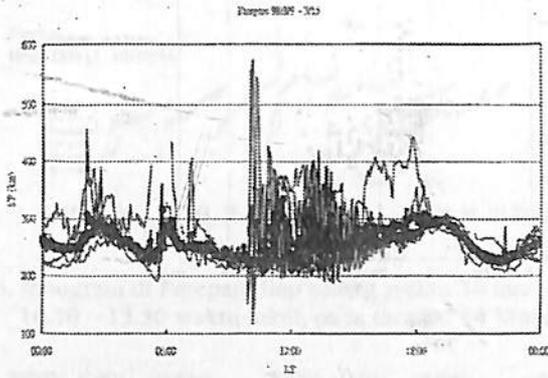


Chungli 5425F - 315

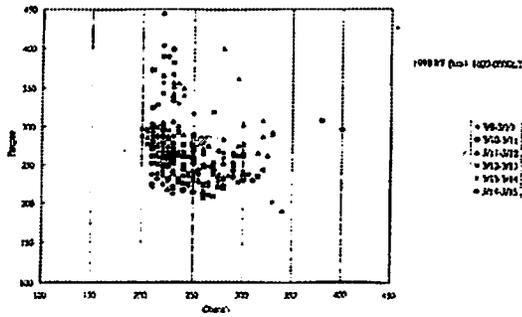


Gambar 2.2. Variasi harian foF2 di Parepare, Manila, dan Chung-Li, tanggal 9 - 15 Maret 1998.

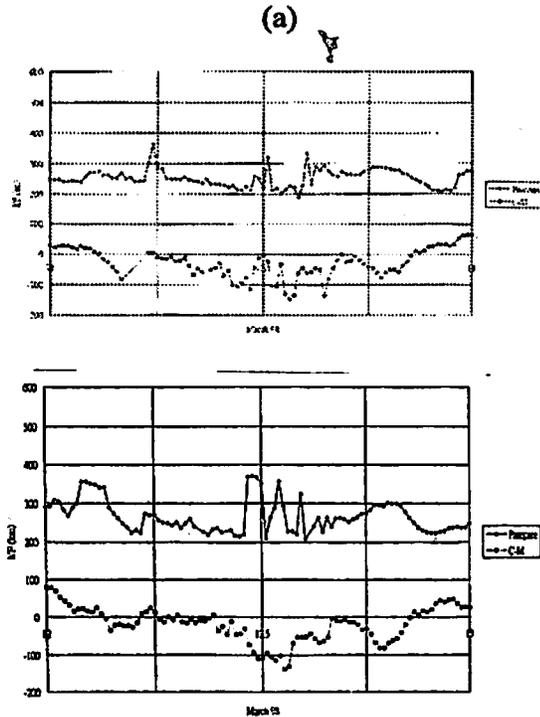
PENGARUH BADAI GEOMAGNET PADA  
LAPISAN F IONOSFER



Gambar 2.3. Variasi harian  $h'F$  di Parepare, Manila, dan Chung-Li, tanggal 9 – 15 Maret 1998



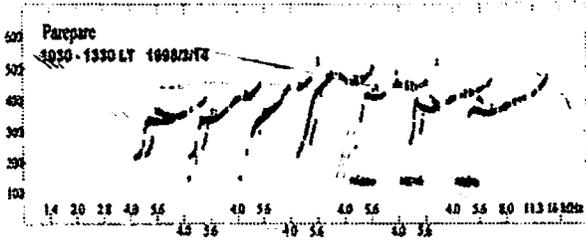
Gambar 2.4. Variasi h'F di Parepare dan Chung-Li, tanggal 9 – 15 Maret 1998, pukul 16.00 – 06.00 waktu lokal.



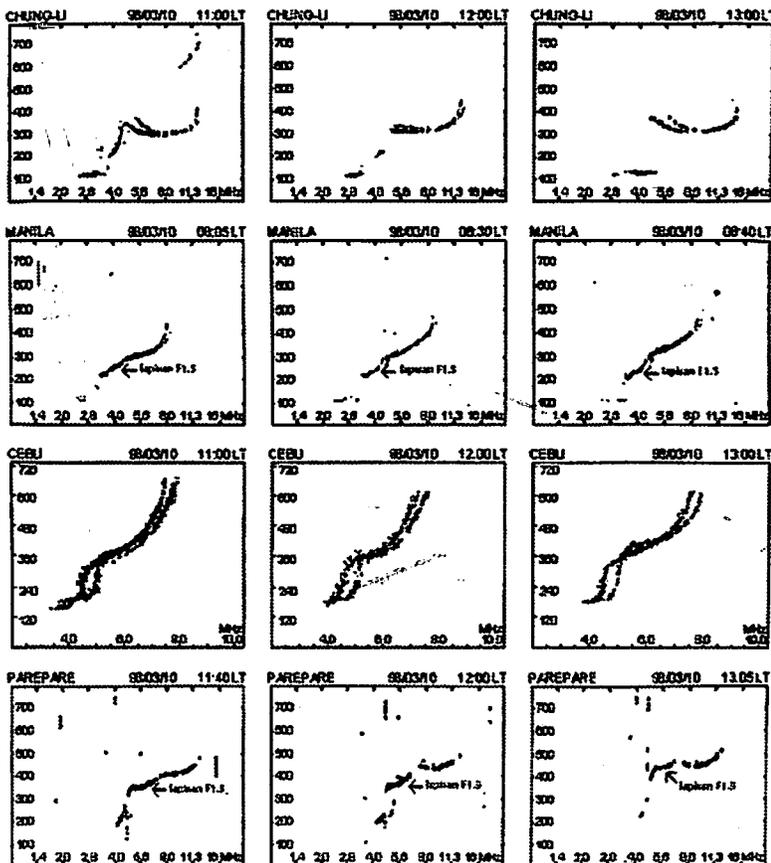
(b)

Gambar 2.5. Variasi harian h'F di Parepare dan di Chung-Li – Manila (a) tanggal 12 – 13 Maret, (b) tanggal 13 – 14 Maret 1998

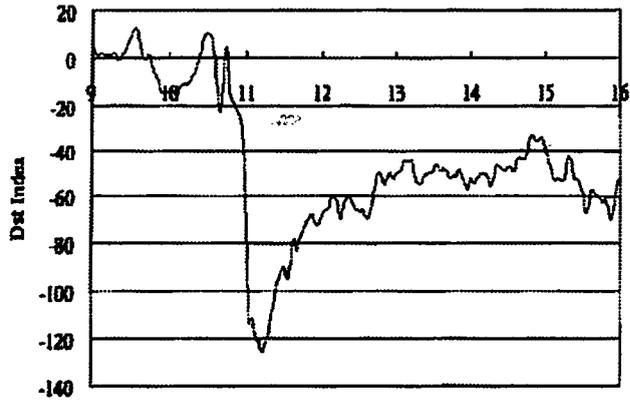
PENGARUH BADAI GEOMAGNET PADA  
LAPISAN F IONOSFER



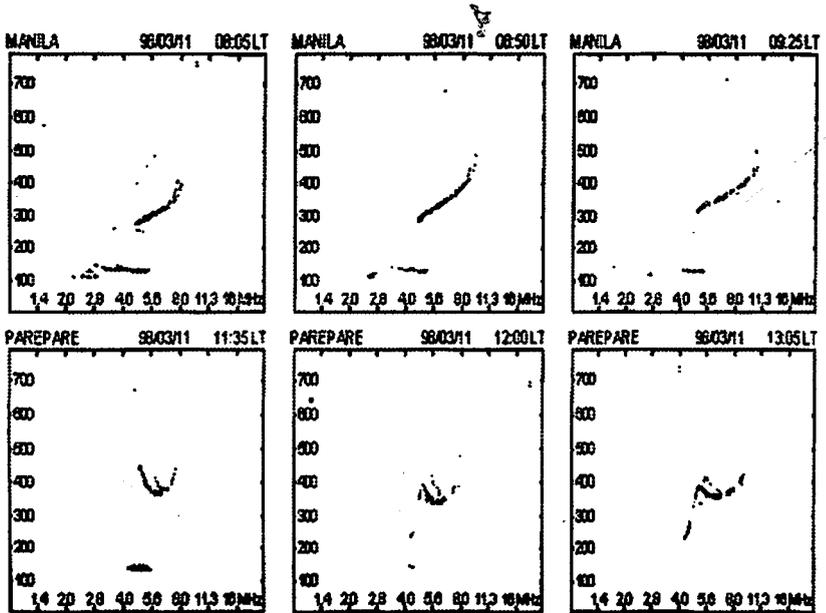
Gambar 2.6. Ionogram di Parepare tiap selang waktu 30 menit dari pukul 10.30 – 13.30 waktu lokal, pada tanggal 14 Maret 1998.



Gambar 2.7. Ionogram di Chung-Li, Manila, Cebu, dan Parepare pada tanggal 10 Maret 1998. Lapisan  $F_{1.5}$  (lapisan tambahan) teramati di Manila dan Parepare.



Gambar 2.8. Indeks Dst dari tanggal 9–16 Maret 1998.



Gambar 2.9. Ionogram di Manila dan Parepare, tanggal 11 Maret 1998, pada saat terjadi badai geomagnet.

## PENGARUH BADAI GEOMAGNET PADA LAPISAN F IONOSFER

### 3. PEMBAHASAN

Dari data pengamatan parameter ionosfer, yaitu frekuensi kritis lapisan F (foF2) dan ketinggian lapisan F (h'F) di Parepare, Manila, Cebu, dan Chung-Li dapat diketahui adanya efek konjugasi pada ketinggian lapisan F, serta terjadinya stratifikasi lapisan F<sub>2</sub> di Parepare dan Manila, yaitu berupa lapisan tambahan (lapisan F<sub>1.5</sub>) yang ujungnya melengkung seperti hidung dan terletak dibawah lapisan F<sub>2</sub>. Adanya lapisan tambahan ini juga pernah dilaporkan oleh Balan dkk (1997, 1998, 2000). Menurut Balan lapisan tambahan ini umumnya berupa trace pendek antara 0.5 - 1.5 MHz dengan perbedaan ketinggian antara 5-100 km dan hanya dapat terjadi di dalam daerah  $\pm 10^\circ$  dari ekuator magnetik. Dari hasil yang diperoleh dari penelitian ini ternyata meskipun Manila dan Cebu terletak di dalam daerah  $\pm 10^\circ$  dari ekuator magnetik, lapisan tambahan kadangkadangkang tidak teramati.

Sebaliknya di Parepare yang terletak di luar daerah  $\pm 10^\circ$  dari ekuator magnetik tetapi dekat ke ekuator geografis, lapisan tambahan tersebut dapat teramati. Jadi jelas bahwa hasil yang diperoleh dalam penelitian ini berbeda dengan hasil yang dilaporkan oleh Balan dkk. Mekanisme terbentuknya lapisan tambahan di Parepare dapat dijelaskan dengan melihat arah ExB yang hampir vertikal di ekuator magnetik yang menimbulkan ExB drift yang arahnya ke atas. Akan tetapi karena pengaruh variasi musim dan konduktivitas ionosfer yang disebabkan karena perubahan sudut zenith matahari, maka intensitas medan listrik di daerah ekuator geografis lebih besar daripada di daerah ekuator geomagnet pada saat matahari di equinox. Walaupun ExB drift yang arahnya ke atas di daerah ekuator geografis tidak vertikal, tetapi karena pengaruh peningkatan medan listrik, komponen ExB drift yang arahnya ke atas akan tetap lebih besar. Terjadinya lapisan tambahan di Parepare menunjukkan bahwa selain karena pengaruh anomali ekuator (efek fountain) juga disebabkan karena lokasi yang letaknya relatif dekat dengan ekuator geografis.

### 4. KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan parameter ionosfer, yaitu frekuensi kritis lapisan F dan ketinggian lapisan F (h'F) dari stasiun pengamatan yang berada di daerah Pasifik Barat sepanjang garis meridian 120° BT, yaitu di Taiwan (Chung-Li), Filipina (Manila, Cebu), dan Indonesia (Parepare) dapat disimpulkan bahwa terjadinya stratifikasi lapisan F<sub>2</sub> berupa lapisan tambahan (lapisan F<sub>1.5</sub>) yang ujungnya melengkung seperti hidung dan terletak dibawah lapisan F<sub>2</sub> dapat terjadi di luar daerah  $\pm 10^\circ$  dari ekuator magnetik. Terjadinya lapisan tambahan di Parepare menunjukkan bahwa selain karena pengaruh anomali ekuator (efek fountain) juga disebabkan karena lokasi yang letaknya relatif dekat dengan ekuator geografis. Lapisan tambahan tersebut teramati pada saat kondisi geomagnet dalam keadaan tenang dan menghilang atau tidak teramati pada saat terjadi badai geomagnet.

### 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 F<sub>3</sub> layer*, J. Geophys. Res., 102, 2047 - 2056.
- Balan, N., I. S. Batista, M. A. Abdu, J. MacDougall, and G. J. Bailey, 1998, *Physical mechanism and statistics of occurrence of an additional layer in the equatorial ionosphere*, J. Geophys. Res., 103, 29169-29181.

- Balan, N., I. S. Batista, M. A. Abdu, G. J. Bailey, S. Watanabe, J. MacDougall, and J. H. A. Sobral, 2000, *Variability of additional layer in the equatorial ionosphere over Fortaleza*, J. Geophys. Res., 105, 10603-10613.
- Field, P., and H. Rishbeth, 1997, *The response of the ionospheric F2 layer to geomagnetic activity: and analysis of worldwide data*, J. Atmos. Terr. Phys. 59, 163-180, 1997.
- Saroso, S., 2006, *The October-November 2003 superstorms and their ionospheric effects observed at the equatorial ionization anomaly Region*, Proc. International Conference on Mathematics and Natural Sciences, 29-30 November, 2006, Bandung, Indonesia.
- Tsunoda, R. T., 1985, *Control of the seasonal and longitudinal occurrence of equatorial scintillations by the longitudinal gradient in integrated E region Pedersen conductivity*, J. Geophys. Res., 90, 447.