

Pergeseran Lapisan E Sporadis Di Atas Sumedang

Sri Suhartini*)

ABSTRACT

E sporadic drift influence the reflection mechanism of the HF signal in ionosphere, caused fading on radio communication. Drift velocity of the sporadic E layer over Sumedang (6.5°S, 107.47°E) studied by using the Doppler shift data from digital ionosonda IPS-71 on January 1995. The result was: vertical drift velocity calculated for several frequencies has a value between 0 to 50 km/h and horizontal drift velocity 2.5 to 200 km/h.

RINGKASAN

Pergeseran lapisan E sporadis mempengaruhi mekanisme pemantulan gelombang radio di ionosfer, sehingga dalam komunikasi radio menimbulkan gangguan yang disebut *fading*. Penelitian pergeseran lapisan E sporadis telah dilakukan menggunakan data *Doppler shift* hasil pengamatan dengan ionosonda digital IPS-71 di Stasiun Pengamat Matahari dan Ionosfer LAPAN di Sumedang (6.5°S, 107.47°E) pada bulan Januari 1995. Hasil yang didapat : kecepatan vertikal pergeseran lapisan E sporadis yang diteliti pada beberapa frekuensi mempunyai harga antara 0 dan 50 km/jam sedangkan kecepatan horizontal antara 2.5 dan 200 km/jam.

1. PENDAHULUAN

Dalam pengamatan ionosfer dengan ionosonda, gelombang radio dipancarkan secara berturut-turut dari frekuensi 2 sampai 22 Mhz secara vertikal. Gelombang radio yang mempunyai frekuensi yang sama dengan frekuensi plasma ionosfer akan dipantulkan kembali ke bumi dan direkam pada penerima ionosonda serta ditampilkan dalam bentuk plot frekuensi sebagai fungsi ketinggian lapisan pemantulnya, yang biasa disebut ionogram.

Salah satu lapisan di ionosfer yang sering teramati pada ketinggian sekitar 100 km adalah lapisan E sporadis. Disebut E sporadis karena lapisan ini tidak terbentuk secara rutin setiap hari seperti lapisan E dan F ionosfer,

sehingga karakteristik lapisan ini agak sulit dipelajari. Lapisan ini seringkali muncul dalam waktu yang cukup lama dengan frekuensi maksimum cukup tinggi. Hal ini menyebabkan lapisan F seolah-olah tertutup oleh lapisan E sporadis. Frekuensi yang seharusnya dipantulkan oleh lapisan F pada ketinggian sekitar 200 km, telah dipantulkan oleh lapisan E sporadis pada ketinggian 100 km. Dalam komunikasi radio, hal ini mengakibatkan jarak jangkauan komunikasi menjadi lebih pendek dan komunikasi terganggu karena gelombang radio tidak sampai pada tujuannya. Selain itu, pergerakan atau pergeseran lapisan ini juga mempengaruhi mekanisme pemantulan gelombang radio sehingga gelombang yang sampai pada penerima tidak stabil frekuensinya (*fading*).

*) Peneliti di Puslitbang Pengetahuan Ionosfer LAPAN Bandung

Kecepatan pergeseran lapisan E sporadis akan dihitung dalam penelitian ini dengan menggunakan data Doppler shift hasil pengamatan ionosonde IPS-71 di stasiun pengamat matahari dan ionosfer LAPAN di Tanjungsari, Sumedang (6.5° LS, 107.47°BT)

2. TINJAUAN PUSTAKA

Teori pembentukan lapisan E sporadis yang sering dikemukakan adalah bahwa pada ketinggian sekitar 100 km bila terjadi pelapisan angin netral ke arah timur di bagian bawah dan angin ke arah barat di bagian atasnya (*wind-shear*), interaksi antara partikel bermuatan dan giromagnetik (karena medan magnet bumi) menimbulkan komponen pergerakan partikel bermuatan : dari bagian bawah bergerak ke atas dan dari bagian atas bergerak ke bawah. Plasma ionosfer akan terkumpul pada suatu ketinggian yang kecepatan vertikal ionnya nol. Ion monoatomik yang berasal dari meteor akan terbawa oleh pergerakan ini dan membentuk suatu lapisan yang sangat tipis dengan kerapatan tinggi dan waktu keberadaannya cukup lama.

Dopplionogram atau *Dopplergram* (ionogram yang dilengkapi dengan informasi *Doppler shift*) dapat digunakan untuk menjelaskan adanya pergerakan plasma ionosfer. Dalam kejadian E sporadis, pergerakan partikel bermuatan ke arah bawah dari atas dan ke arah atas dari bawah ditunjukkan dengan adanya peningkatan kerapatan elektron yang teramati (frekuensi yang terekam pada ionogram makin tinggi), yang berarti sesuai dengan mekanisme pengumpulan partikel bermuatan (plasma) karena adanya *wind-shear*. Ketika angin berbalik arah, pergerakan yang terjadi adalah penyebaran partikel bermuatan, lapisan E sporadis yang teramati akan semakin berkurang dan akhirnya hilang¹.

Pengamatan gelombang radio yang dipantulkan lapisan E sporadis oleh Jones menunjukkan adanya *fading* dengan skala waktu beberapa menit dan perubahan yang lebih cepat teramati dengan skala waktu sampai beberapa detik.

Ionosonde digital di Halley (75°31'S, 26°59'W) digunakan untuk penelitian adanya *fading* dengan skala waktu beberapa detik pada sinyal dengan frekuensi 4.5 Mhz yang dipantulkan oleh lapisan E sporadis. Hasil analisis menunjukkan bahwa interferensi antara sinyal yang dipantulkan dari posisi yang berbeda-beda akan menimbulkan *fading* pada frekuensi tinggi (HF) dengan skala waktu sampai beberapa detik. *Doppler shift* yang dialami oleh sinyal yang dipantulkan dari posisi yang berbeda tersebut menentukan besarnya *fading*².

Penelitian dengan menggunakan *Dopplergram* hasil pengamatan di Stasiun Pengamat Matahari dan Ionosfer LAPAN di Tanjungsari-Sumedang telah dilakukan dengan menganalisa *Doppler shift* pada frekuensi 2.5, 5 dan 8 Mhz yang dianggap mewakili lapisan E dan lapisan F ionosfer. Hasil analisis mengidentifikasi adanya osilasi lapisan ionosfer dengan periode 24 jam (*diurnal*), 12 jam (*semidiurnal*), 4 jam, sekitar 2.5 jam dan sekitar 1.5 jam yang diduga adalah LSTID (*Large Scale Travelling Ionospheric Disturbances*) dan MSTID (*Medium Scale Travelling Ionospheric Disturbances*) serta periode 8 jam yang belum diketahui penyebabnya³.

3. DATA DAN PENGOLAHANNYA

Dalam penelitian ini digunakan data pada tanggal 3, 4, 10, 12, 13 dan 15 Januari 1995, dengan selang waktu pengambilan data 30 menit. Dari data tersebut lapisan E sporadis teramati dengan frekuensi maksimum antara

teramati dengan frekuensi maksimum antara 8.8 sampai 12.4 Mhz dan keberadaannya lebih dari 6 jam. Untuk selanjutnya data inilah yang akan diolah dan dianalisis. Dari sebuah *Dopplergram* dapat dipilih frekuensi yang ingin diketahui *besar Doppler shift*nya (Gambar 3-1).

Plot *Doppler shift* pada saat terjadinya E sporadis seringkali berupa lengkungan yang disebut dengan *smile-o gram* (kotak bagian tengah pada Gambar 3-1). Bentuk ini terjadi karena lapisan ionosfer bergerak ke arah horisontal dan vertikal, dan gelombang radio dari pemancar ionosonda dipantulkan dari posisi yang berbeda-beda.

Langkah-langkah pengolahan data yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- Dilakukan pembacaan data *Doppler shift* dan ketinggian lapisan E sporadis, untuk frekuensi 2.6, 3.4, 4.2, 5, 5.8, 6.6, 7.4, 8.2 dan 9 Mhz. Dari setiap plot *Doppler shift* dibaca ketinggian dan besarnya *Doppler shift* pada titik terendah dan titik-titik tertinggi, dimana *Doppler shift*nya maksimum (positip dan negatip).
- Menghitung kecepatan vertikal dan horisontal untuk masing-masing frekuensi :
Titik terendah pada *smile-o gram* (titik A pada bagian paling kanan gambar 3-1) menunjukkan bahwa titik tersebut berasal dari titik pantul yang terdekat dengan pengamat, yaitu titik yang berada tepat di atas tempat pengamatan (pantulan vertikal), sedangkan titik tertinggi (titik B) berasal dari suatu titik lain di ionosfer. Pergerakan mendekati pengamat memberikan *Doppler shift* positip dan sebaliknya. Besarnya *Doppler shift* adalah :

$$\Delta f = \frac{2f}{c} \frac{dh}{dt} \cos \theta \dots\dots\dots(3-1)$$

$$\cos \theta = \frac{h_1}{h_2}$$

- f* : frekuensi yang dipilih
c : kecepatan cahaya
*h*₁ : ketinggian titik terendah (km)
*h*₂ : ketinggian titik tertinggi (km)
 $\frac{dh}{dt}$: kecepatan pergeseran lapisan pemantul

Dengan mengetahui Δf , *f*, *c*, *h*₁ dan *h*₂ maka kecepatan pergeseran lapisan pemantul dapat dihitung. Kecepatan pergeseran ke arah vertikal dapat dihitung dari data ketinggian dan *Doppler shift* pada titik A, dimana harga $\cos \theta = 1$. Kecepatan pergeseran ke arah horisontal dapat dihitung setelah kecepatan pergeseran total dan kecepatan ke arah vertikal diketahui. Arah pergeseran horisontal (komponen utara-selatan atau timur-barat) tidak dapat ditentukan disini karena posisi titik pantul tidak diketahui.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN.

Telah dilakukan pembacaan data *Doppler shift* dan ketinggiannya dan dihitung kecepatan horisontal dan vertikal untuk masing-masing frekuensi dari setiap ionogram. Kecepatan vertikal dan horisontal minimum dan maksimum untuk masing-masing frekuensi (diambil untuk frekuensi yang kemunculannya lebih dari 5 kali pada tanggal yang sama) ditunjukkan pada Tabel 4-1.

Tabel 4-1 : KECEPATAN VERTIKAL DAN HORIZONTAL MAKSIMUM DAN MINIMUM PADA BEBERAPA FREKUENSI, LAMA KEMUNCULAN DAN FREKUENSI MAKSIMUM LAPISAN E SPORADIS PADA BULAN JANUARI 1995.

Tgl	frekuensi Mhz	kec. vert. minimum (m/det)	kec. vert. maksimum m/det	kec. hor. minimum m/det	kec. hor. maksimum m/det	lama lap. Es (Jam)	PoEs maksimum (MHz)
3	4.2	0	2.79	1.19	16.39	8	12.40
	5	0	2.34	0.68	7.27		
	5.8	0	2.02	0.98	8.75		
4	2.60	0	9.01	9.01	23.66	12	9.05
	3.4	0	3.45	3.60	36.73		
	4.2	0	11.16	2.89	33.50		
	5.0	0	4.69	2.54	12.52		
	5.8	0	8.08	0.86	18.48		
	6.6	0	7.10	3.70	9.32		
10	4.2	0	5.58	5.83	25.67	9	11.65
	5.0	0	4.69	4.65	22.91		
	5.8	0	4.04	4.44	22.22		
	6.6	0	3.55	3.68	31.76		
	7.4	0	4.75	8.07	31.67		
	8.2	0	2.85	5.60	17.56		
12	4.2	0	5.58	5.14	21.52	13	9.10
	5.0	0	7.03	5.02	19.06		
	5.8	0	8.08	6.61	22.55		
13	2.6	0	9.01	8.35	64.85	7	8.8
	3.4	0	13.78	2.21	60.49		
	4.2	0	33.48	11.72	53.07		
15	4.2	0	2.79	8.97	37.67	11	9.20
	5	0	9.38	5	22.75		
	5.8	0	14.14	6.61	15.78		

Dari Tabel 4-1 nampak bahwa kecepatan pergeseran ke arah vertikal << kecepatan ke arah horisontal, berarti lapisan E sporadis lebih banyak bergerak ke arah horisontal. Hal ini sesuai dengan mekanisme pembentukan lapisan E sporadis yang dikemukakan oleh J.W.Wright¹ yang menyatakan bahwa sebagai akibat dari adanya *wind shear* partikel bermuatan terkumpul dan membentuk lapisan tipis dengan kerapatan tinggi pada ketinggian dimana kecepatan vertikal ionnya adalah nol. Dari tabel 4-1 dapat diketahui kecepatan vertikal mempunyai orde 0 - 50 km/jam sedangkan kecepatan horisontal berorde 2.5 - 200 km/jam. Dalam rekaman hasil pengamatan dengan

negatif dibedakan dengan warna merah dan biru. Dari hasil pengamatan sering didapati bahwa untuk daerah frekuensi rendah didominasi oleh warna tertentu (merah atau biru), sedangkan daerah frekuensi di atasnya oleh warna lainnya. Hal ini menunjukkan adanya pergerakan partikel bermuatan yang berlawanan arah. Fenomena ini memperkuat dugaan terjadinya *windshear* pada ketinggian sekitar 100 km dimana lapisan E sporadis terbentuk.

Hasil penelitian I.Astin dan L.Thomas² yang menggunakan sinyal dengan frekuensi 4.5 Mhz menunjukkan bahwa *Doppler shift* yang dialami gelombang radio yang dipantulkan dari posisi yang berbeda menentukan besarnya

ionosonda IPS71, besarnya *Doppler shift* untuk frekuensi yang berbeda pada saat yang bersamaan juga berbeda. Hal ini berarti bahwa dalam komunikasi radio gangguan berupa *fading* yang terjadi juga tergantung pada frekuensi yang digunakan.

Untuk mempelajari karakteristik kecepatan pergeseran lapisan E sporadis telah dibuat plot kecepatan vertikal sebagai fungsi waktu untuk masing-masing frekuensi serta plot FoEs dan h'Es sebagai fungsi waktu (Gambar 4-1). Plot kecepatan vertikal sebagai fungsi waktu menunjukkan adanya osilasi di lapisan E sporadis dengan perioda 1 sampai 2 jam, diduga disebabkan oleh adanya LSTID dan MSTID. Sedangkan plot FoEs dan h'Es sebagai fungsi waktu menunjukkan bahwa pada saat pembentukan lapisan E sporadis, pada umumnya ketinggian lapisan semakin menurun. Setelah tercapai kerapatan maksimum (FoEs maksimum) ketinggian lapisan umumnya menjadi stabil meskipun terjadi proses penghancuran lapisan Es, yang ditandai dengan semakin menurunnya harga FoEs. Hal ini menunjukkan bahwa h'Es yang umumnya dipakai sebagai parameter yang mewakili ketinggian lapisan E sporadis, perubahan ketinggiannya tidak menggambarkan kecepatan pergeseran lapisan Es secara keseluruhan. Masing-masing frekuensi mempunyai karakteristik kecepatan pergeseran sendiri.

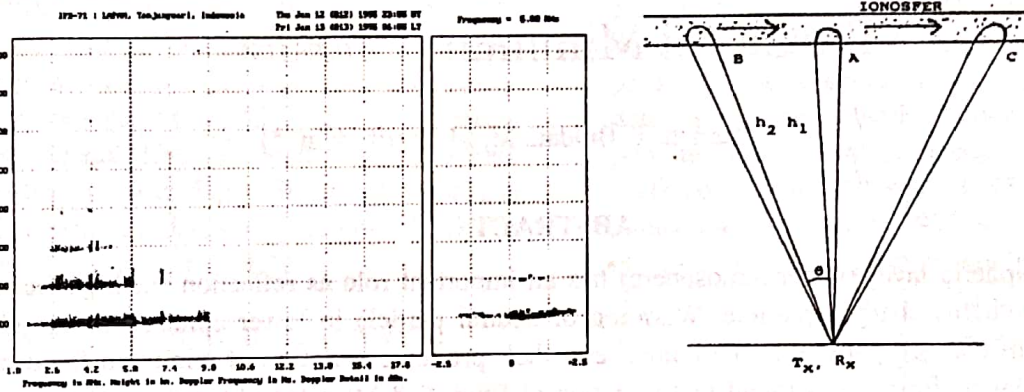
5. KESIMPULAN

Hasil pengolahan data dan pembahasan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa mekanisme pembentukan lapisan E sporadis yang dikemukakan oleh J.W. Wright yang berupa pengumpulan partikel bermuatan dari bawah ke atas dan dari atas ke bawah pada

ketinggian sekitar 100 Km juga terjadi di ionosfer di atas Sumedang. Kecepatan vertikal pergeseran lapisan E sporadis yang diteliti pada beberapa frekuensi mempunyai orde 0 - 50 km/jam sedangkan kecepatan horisontal berorde 2.5 - 200 km/jam. Gangguan komunikasi radio yang berupa *fading* tergantung pada frekuensi yang digunakan, karena besar *Doppler shift* untuk frekuensi yang berbeda pada saat pengamatan yang sama juga berbeda. Perubahan ketinggian minimum lapisan E sporadis (h'Es) yang teramati pada ionogram ternyata tidak menggambarkan kecepatan pergeseran lapisan Es secara keseluruhan. Frekuensi yang berbeda mempunyai karakteristik kecepatan vertikal yang berbeda juga.

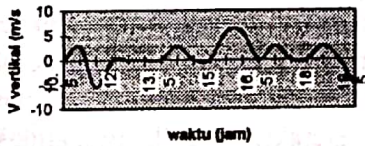
DAFTAR PUSTAKA

1. Wright J.W., 1982, *The Application of Dopplionograms to an Understanding of Sporadic E*, *Journal of Geophysical Research*, vol 87 No. A3, pages 1723-1726.
2. Astin I. and L. Thomas, 1991, *The Rapid Fading of Radio Waves Reflected From Sporadic E Ionization*, *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, vol 53 No 1/2, pp 99-104.
3. Sri Suhartini dan Gatot Wikantho, 1996, *Identifikasi Osilasi Lapisan Ionosfer (Dengan Analisa Doppler shift)*, *Majalah LAPAN no. 78*.

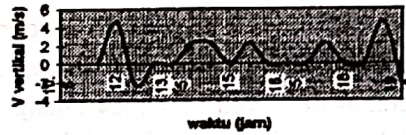


Gambar 3-1 : DOPPLIONOGRAM, DOPPLER SHIFT DAN TITIK PANTUL DI IONOSFER

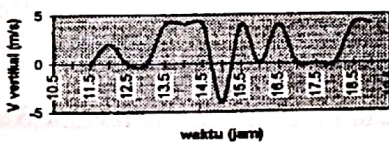
Kecapatan vertikal vs waktu, frekuensi 4.2 MHz



Kecapatan vertikal vs waktu, frekuensi 5 MHz



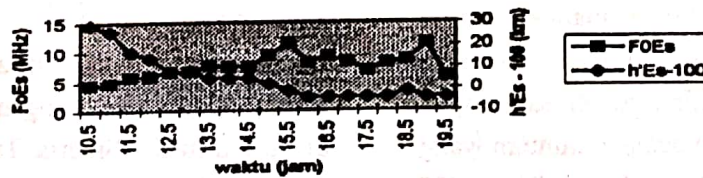
Kecapatan vertikal vs waktu, frekuensi 5.8 MHz



Kecapatan vertikal vs waktu, frekuensi 6.6 MHz



FoEs dan h'Es vs waktu



Gambar 4-1 : KECEPATAN VERTIKAL VS WAKTU UNTUK BEBERAPA FREKUENSI DAN FOES DAN H'ES VS WAKTU TANGGAL 10 JANUARI 1995