

Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA  
Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, 16 Mei 2009

## VARIASI KETINGGIAN LAPISAN F IONOSFER PADA SAAT KEJADIAN SPREAD F

Mumen Tarigan dan Buldan Muslim

[momentarigan@yahoo.com](mailto:momentarigan@yahoo.com)

Peneliti bidang Ionosfer dan telekomunikasi, Pusfatsainsa Lapan

### Abstrak

Ionosfer, yang merupakan daerah atmosfer terionisasi, dapat dibagi menjadi 4 daerah yaitu daerah D, E, F1 dan F2. Daerah D terletak pada ketinggian sekitar 50 – 90 km, daerah E antara 90 – 140 km, daerah F1 antara 140 – 210 km dan daerah F2 diatas 210 km. Daerah E dan F, berperan penting untuk memantulkan gelombang radio frekuensi tinggi, HF. Spread F merupakan penyebaran pemantulan gelombang radio didaerah F akibat ketidak teraturan ionosfer didaerah tersebut. Spread F dapat dibagi menjadi 3 bagian, yaitu penyebaran pantulan dalam rentang ketinggian ( range spread ), dalam rentang frekuensi ( frekuensi spread ) dan spread F campuran ( gabungan antara range spread dan frekuensi spread ). Salah satu cara untuk mengetahui kejadian spread F adalah membaca ionogram, yaitu grafik yang menggambarkan hubungan antara ketinggian dan frekuensi pantul lapisan ionosfer terhadap gelombang frekuensi tinggi, HF, yang dipancarkan secara tegak lurus. Dari hasil pengolahan data ionosfer di Tanjung sari (  $6^{\circ}54'10''$  LS,  $107^{\circ}50'24''$  BT ), diperoleh bahwa pada saat kejadian spread F, terjadi perubahan harga ketinggian lapisan F ionosfer.

**Kata kunci :** Ionosfer, Daerah E dan F, frekuensi tinggi HF dan spread F

### 1. PENDAHULUAN

Pada garis besarnya penyebaran tersebut dapat terhadap frekuensi ataupun ketinggian atau keduanya. Bila penyebaran terhadap frekuensi lebih besar dari 0.3 MHz disebut frequency spread dan bila penyebarannya terhadap ketinggian lebih besar dari 30 km disebut range spread sedangkan bila keduanya muncul disebut spread campuran ( Wakai N, et al., 1986 ). Kejadian spread F pada awal malam ( jam 18.00 – 00.00 LT) umumnya berbeda dengan akhir malam (00.00 – 06.00). Pada awal malam kejadian spread F biasanya tipe range yang disebabkan oleh gelombang gravitasi, sedangkan pada akhir malam umumnya spread tipe frekuensi yang disebabkan oleh gangguan geomagnet (Rotger J., 1970)

Dari hasil pengamatan ionosfer dengan menggunakan ionosonde pada berbagai tempat menunjukkan adanya ketergantungan kejadian *spread F* terhadap lintang geomagnetik, yaitu bahwa probabilitas kejadian *spread F* terbesar berada pada dua daerah, pertama di daerah lintang tinggi dan kedua di daerah sekitar ekuator magnetik. Fenomena ketidaktetapan plasma ini khususnya yang terjadi di daerah sekitar ekuator magnet

disebut *equatorial spread F* (ESF). Dari hasil pengamatan diperoleh bahwa kejadian ESF mencapai maksimum pada saat ekuinok. Didapatkan bahwa pola ESF tipe *range* dipengaruhi oleh konduktivitas daerah E keseluruhan. Gangguan ionosfer ini umumnya terjadi pada malam hari. Pada siang hari lapisan E berkembang dengan baik sehingga dapat memperpendek pemisahan muatan yang diperlukan untuk pembentukan medan listrik di ionosfer. Pada malam hari terjadi rekombinasi lapisan E sehingga menurunkan konduktivitas daerah E. Akhirnya angin termosfer dapat menghasilkan medan listrik di daerah F4). Kejadian ESF pada awal malam (18.00 – 00.00) umumnya berbeda dengan fenomena ESF akhir malam (00.00 – 06.00 LT). Pada awal malam ESF biasanya memiliki tipe *range* yang dipicu oleh gelombang gravitasi, sedangkan pada akhir malam umumnya ESF tipe frekuensi yang disebabkan oleh gangguan geomagnet. Variabilitas kejadian

ketidakteraturan ionosfer skala kecil tersebut di sekitar ekuator lebih kuat dikontrol oleh gaya internal seperti medan listrik dan gelombang gravitasi dari pada oleh fenomena yang bersumber dari matahari seperti flare. Anomali ionisasi ekuator juga merupakan salah satu daerah yang konduktif bagi pembentukan ESF. Di dekat ekuator geografi ESF selama Maret dan April 1989 selalu terjadi pada saat ketinggian lapisan F ionosfer ( $h'F$ ) mencapai lebih dari 400 km dan dengan kecepatan kenaikan lapisan F pada selangwaktu 17.00 – 19.00 LT,  $dh'F/dt$  lebih besar dari 30 m/s ( Buldan Muslim., 2004 ). Pada penelitian tersebut, yang diteliti adalah perubahan ketinggian **lapisan F sebelum** kejadian spread F **di Biak** pada jam tertentu, selang waktu 17.00 – 19.00 LT. Sedangkan maksud dari paper ini adalah untuk melakukan penelitian variasi ketinggian **lapisan F saat** kejadian spread F didaerah anomali bagian selatan, yaitu **di Tanjung sari** yang terletak di sekitar -16 derajat lintang selatan geomagnet.

Sampai saat ini teori yang dapat menjelaskan mekanisme terjadinya ESF dari pengamatan sisi bawah ionosfer dengan ionosonde (*bottom side ionosonde*) adalah teori linear *Gravitational Rayleigh-Taylor Instability* (GRT). Sebagai contoh, karya Lyon dan kawan kawan yang pertama (1961), menunjukkan sebelum tengah malam, kejadian spread F secara signifikan, lebih besar pada malam hari saat magnet tenang dibandingkan dengan kejadian malam hari yang terganggu secara magnetik. Juga, sebelum jam tengah malam harga  $h'F$  lebih tinggi dalam kondisi tenang, walaupun sebaliknya sesudah jam tengah malam

## 2. METODOLOGI DAN DATA YANG DIGUNAKAN

Data kejadian spread F untuk Tanjung Sari dikumpulkan dan ditentukan ketinggian lapisan F ( $h'F$ ) dari lapisan ionosfer melalui pembacaan (scaling) ionogram pada saat ada dan tidak ada spread F, hasil pembacaan spread F Januari – Agustus 2007, September 2008 dan Februari 2009 pada saat kejadian spread F pada jam 20.1 – 22.1 LT pada satu bulan tertentu dikumpulkan dan digolongkan berdasarkan tipenya sesuai dengan waktu kejadian spread F. Kemudian secara khusus tipe range dan campuran dianalisis kemunculannya berdasarkan penyebab kejadian spread F tersebut sesuai waktu yang ditetapkan diatas. Untuk mengetahui pengaruh spread F terhadap ketinggian lapisan F, harga pengamatan  $h'F$  dibandingkan dengan harga rata rata bulanannya dalam rentang yang ditentukan.

Nilai rata rata data :

$$\bar{h} = \frac{\sum h_i}{n} \tag{1}$$

$\bar{h}$  adalah rata rata ketinggian lapisan F minimum sebelum dan saat kejadian spread F.

$h_i$  adalah harga ketinggian lapisan F pada bulan dan jam tertentu pada tanggal ke  $i$

$n$  adalah jumlah data dalam bulan dan jam tertentu

Untuk mengetahui pengaruh spread F terhadap komunikasi, dilakukan analisis secara kualitatif yaitu dengan menentukan hubungan antara foF2 pada saat terjadi spread F dibandingkan dengan harga median bulanannya melalui metode secant:

$$MUF = foF2 \sqrt{1 + (d / 2h'F)^2} \tag{2}$$

dengan : MUF adalah Maximum Usable Frequency

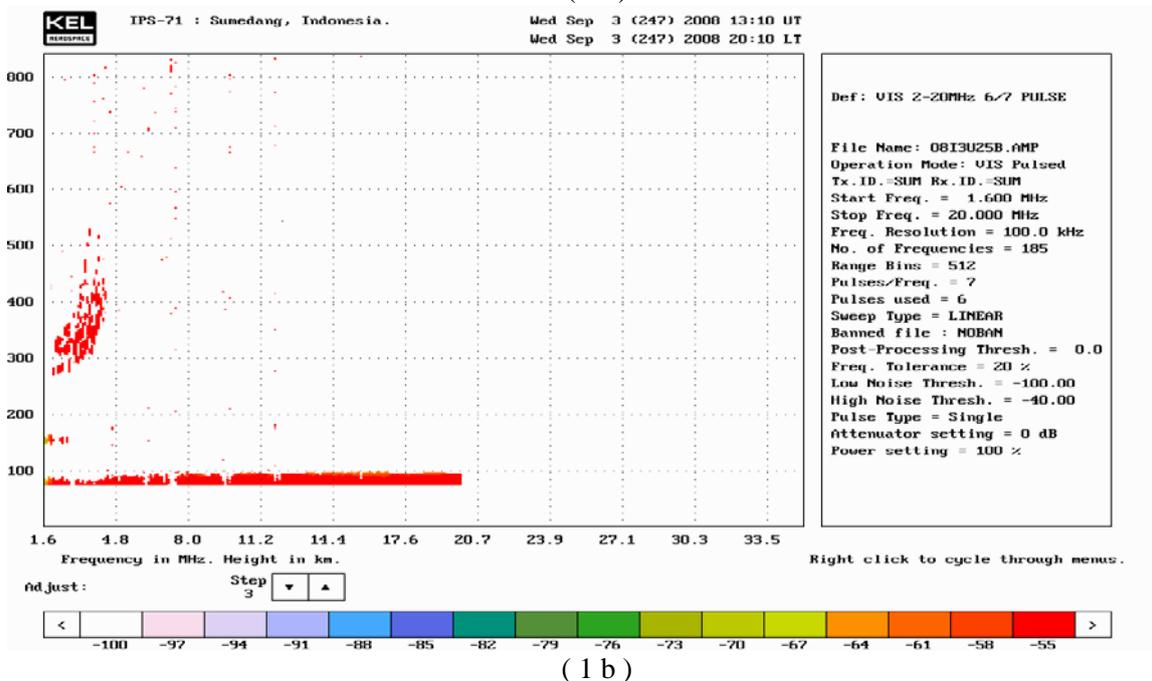
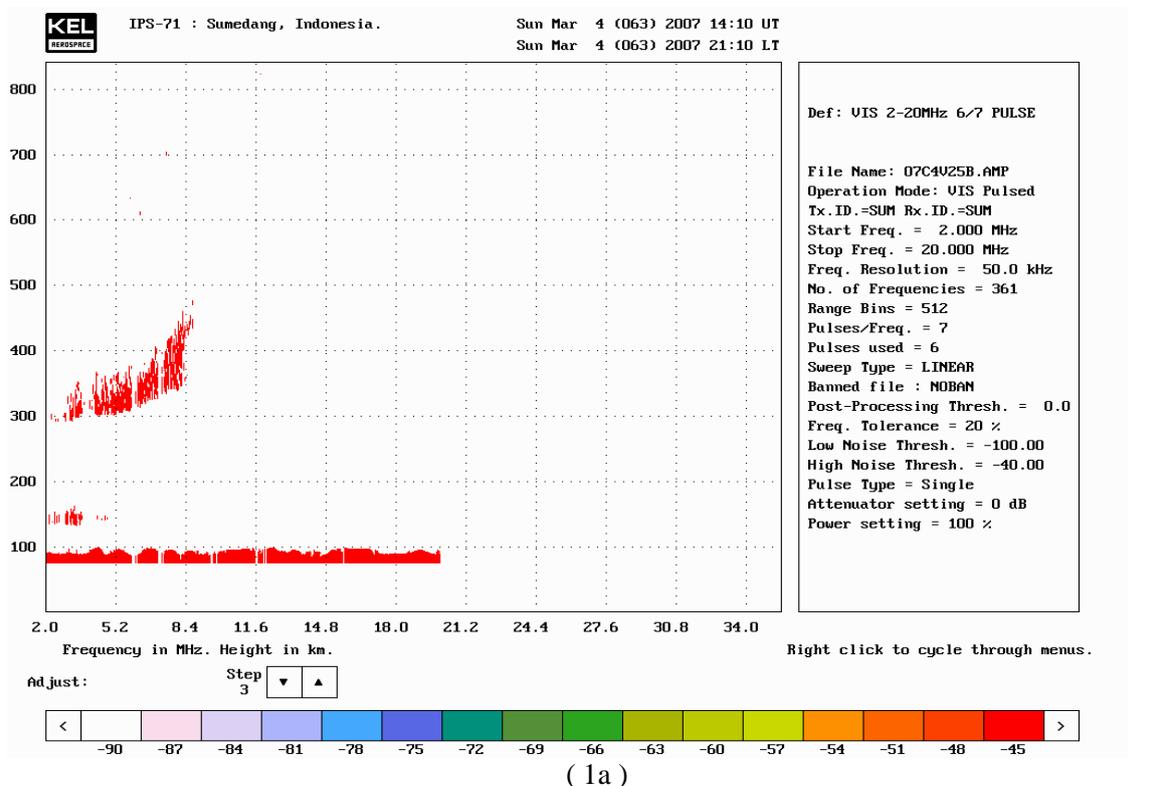
d adalah jarak komunikasi

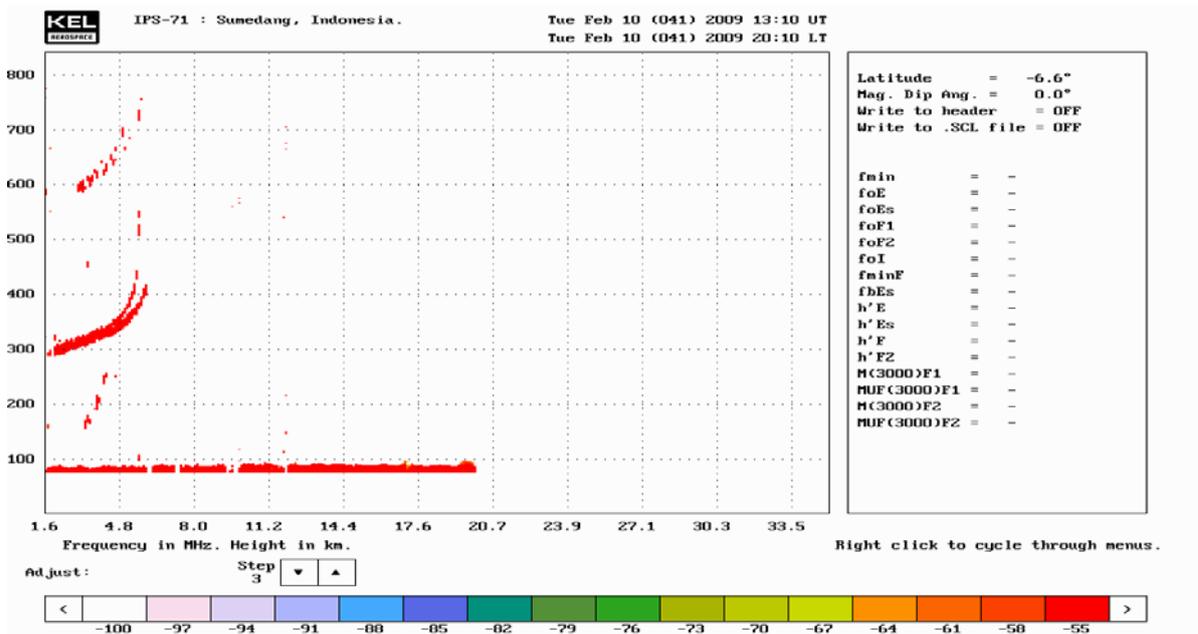
foF2 adalah frekuensi kritis lapisan F2

Adapun data yang digunakan adalah data  $h'F$  dan data spread F dari Ionogram hasil scalling ionogram SPD Tanjung Sari LAPAN, Januari – Agustus 2007, September 2008 dan Februari 2009. Penggunaan data ini didasarkan pada ketersediaan data ionogram yang telah discalling sesuai dengan kebutuhan penelitian yang dilakukan.

### 3. HASIL

3.1 Contoh ionogram hasil Spread F, 4 Maret 2007 dan 3 September 2009 ditunjukkan pada gambar 1a, 1b dan 1c.





( 1 c )

Gambar 1a : Kejadian spread F (a) tanggal 4 Maret 2007 jam 21.10 tipe range (b) 3 September 2008 jam 20.10, tipe campuran dan (c) tanggal 10 Februari 2009 jam 21.10, tanpa kejadian spread F di Tanjung Sari

Tabel 1 : Harga rata rata ketinggian semu lapisan ionosfer, Januari – Agustus 2007, September 2008 dan Februari 2009 pada saat kejadian spread F pada jam 20.1 – 22.1 LT

| Tanggal | Januari 07<br>Jam 20.1 | Maret 07<br>Jam 21.1 | April 07<br>Jam 21.1 | Mei 07<br>Jam 21.1 | Juni 07<br>Jam 21.1 | Juli 07<br>Jam 20.1 | Agst 07<br>Jam 22.1 | Sept. 08<br>Jam 20.1 | Feb. 09<br>Jam 20.1 |
|---------|------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| 1       | 284                    | 272                  | 248                  | 247                | 235                 | 233                 | 262                 | 295                  | 311                 |
| 2       | 241                    | 278                  | 284                  | 277                | 280                 | 219                 | 247                 |                      | 260                 |
| 3       | 220                    | 274                  | 269                  | 271                | 313                 | 262                 | 265                 | 269                  | 283                 |
| 4       | 275                    | 292                  | 257                  | 275                | 283                 | 256                 |                     | 259                  | 335                 |
| 5       | 305                    | 265                  | 245                  | 235                | 343                 | 216                 | 221                 | 331                  | 289                 |
| 6       | 284                    | 278                  | 224                  | 213                | 293                 |                     | 368                 | 293                  | 283                 |
| 7       | 305                    | 23                   | 230                  | 265                | 278                 | 236                 | 382                 | 262                  | 278                 |
| 8       | 305                    | 266                  | 227                  | 362                |                     | 230                 | 278                 | 346                  | 307                 |
| 9       | 302                    | 253                  | 233                  |                    |                     | 242                 | 281                 | 346                  | 283                 |
| 10      | 265                    | 268                  | 232                  |                    |                     | 216                 | 271                 | 271                  | 290                 |
| 11      | 289                    | 274                  | 258                  | 216                | 223                 | 247                 | 238                 | 269                  | 295                 |
| 12      | 290                    | 300                  | 275                  | 222                | 301                 | 280                 | 295                 | 256                  | 277                 |
| 13      | 290                    | 256                  | 269                  | 226                |                     |                     | 257                 | 244                  | 310                 |
| 14      | 292                    |                      | 256                  | 266                | 326                 | 260                 |                     | 290                  | 328                 |
| 15      | 314                    |                      | 242                  |                    | 271                 | 253                 | 344                 | 274                  | 292                 |
| 16      | 286                    | 302                  | 292                  | 257                |                     | 278                 | 230                 | 260                  | 259                 |
| 17      | 259                    | 259                  | 317                  | 274                | 254                 | 256                 | 262                 | 277                  | 325                 |
| 18      | 295                    | 241                  | 256                  | 356                | 259                 | 266                 | 247                 | 304                  | 319                 |
| 19      | 328                    | 262                  | 278                  | 296                | 280                 | 281                 | 298                 | 302                  | 298                 |

|                |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 20             | 272 | 245 |     |     | 388 | 263 | 254 | 286 | 286 |
| 21             | 268 | 325 |     |     | 265 | 254 | 196 | 281 | 301 |
| 22             | 269 | 320 |     | 341 | 256 | 253 | 210 | 253 | 293 |
| 23             | 284 | 293 |     | 263 | 289 | 244 | 238 | 245 | 295 |
| 24             |     | 247 |     | 410 | 266 |     | 224 | 275 | 274 |
| 25             | 275 | 254 | 236 | 196 | 280 | 259 | 313 | 266 | 298 |
| 26             | 260 | 265 | 271 | 265 | 262 |     | 199 | 272 | 289 |
| 27             |     | 296 | 251 |     | 214 | 293 | 266 | 275 | 268 |
| 28             | 280 | 238 | 232 | 208 | 211 | 236 | 254 | 253 | 257 |
| 29             | 314 | 263 | 239 | 227 | 246 | 286 | 229 | 271 |     |
| 30             | 266 | 301 |     | 260 | 262 | 233 | 272 | 271 |     |
| 31             |     | 250 |     |     |     | 250 | 254 |     |     |
| Rata<br>rata h | 283 | 264 | 255 | 267 | 275 | 252 | 264 | 279 | 292 |

Tabel 2 : Kejadian spread F di Tanjung Sari antara jam 20.1 – 22.1 LT di Tanjung Sari

| TGL/Bulan/Tahun | Jam   | hmax | hmin | hmax -<br>hmin |
|-----------------|-------|------|------|----------------|
| 16 Jan. 07      | 20.10 | 332  | 286  | 46             |
| 4 Mrt.07        | 21.10 | 349  | 292  | 57             |
| 13 Aprl. 07     | 21.10 | 317  | 269  | 48             |
| 17 Aprl. 07     | 21.10 | 371  | 317  | 54             |
| 1 Mei 07        | 21.10 | 299  | 247  | 52             |
| 4 Juni 07       | 21.10 | 319  | 283  | 36             |
| 3 Juli 07       | 20.10 | 328  | 262  | 66             |
| 18 Agst. 07     | 22.10 | 290  | 247  | 43             |
| 19 Agst. 07     | 22.10 | 353  | 298  | 55             |
| 20 Agst. 07     | 22.10 | 332  | 254  | 78             |
| 23 Agst 07      | 22.10 | 292  | 238  | 44             |
| 25 Agst.07      | 22.10 | 359  | 313  | 46             |
| 39 Agst.07      | 22.10 | 353  | 272  | 81             |
| 3 Sept. 08      | 20.10 | 364  | 269  | 95             |
| 5 Feb. 09       | 20.10 | 322  | 289  | 33             |

### 3.2 PEMBAHASAN

Sebagaimana telah dijelaskan pada pendahuluan bahwa penyebaran (spread) titik pantul signal yang dipancarkan secara tegak lurus oleh IPS 71 dapat dibagi 3 tipe yaitu penyebaran terhadap ketinggian (range spread), frekuensi (frequency spread) dan campuran (mix spread). Adapun rekaman hasil pengamatan IPS 71 tersebut adalah berupa ionogram gambar yang menunjukkan hubungan antara ketinggian dan frekuensi signal pantul, dalam interval 15 menit.

Sebagaimana yang disyaratkan pada pendahuluan bahwa ionogram menunjukkan keadaan spread bila perbedaan ketinggian lebih besar dari 30 km, dari gambar 1 a tampak bahwa kejadian spread F tanggal 4 Maret 2007 jam 21.10 menunjukkan tipe range dengan perbedaan ketinggian, yaitu perbedaan hmax dan hmin, yang ditunjukkan pada tabel 1 yaitu sebesar 57 km. Hal yang sama juga tampak pada gambar 1b, dimana kejadian spread F campuran tampak pada tanggal 3 September 2008 dengan perbedaan ketinggian 95 km. Sedangkan pada tanggal 10 Februari 2009 jam 21.10, tidak ada kejadian spread F di Tanjung Sari (gambar 1c).

Hasil scalling ionogram untuk ketinggian lapisan F ( $h'F$ ) dirata ratakan menurut persamaan 1, diperoleh bahwa nilai ketinggian maksimum pada saat kejadian spread F berada pada rentang ketinggian 290 km sampai dengan 371 km, yang didominasi pada ketinggian lebih besar dari 300 km, sedangkan nilai rata rata hanya berkisar ketinggian 252 km sampai dengan 292 km ( tabel 1 dan tabel 2 ). Sebagaimana perumusan yang ditunjukkan pada persamaan ( 2 ), secara kualitatif tampak bahwa perbedaan ketinggian,  $h'F$  ini akan mengakibatkan perubahan frekuensi komunikasi maksimum, MUF yang digunakan antar dua tempat. Selain itu juga dapat mengakibatkan fading, yaitu naik dan turunnya suara yang terdengar pada saat berkomunikasi HF akibat pemantulan gelombang HF pada lapisan F pada ketinggian yang berbeda pada saat yang hampir bersamaan. Pada awal malam kejadian spread F biasanya tipe range yang disebabkan oleh gelombang gravitasi, sedangkan pada akhir malam umumnya spread tipe frekuensi yang disebabkan oleh gangguan geomagnet.

#### **4. KESIMPULAN**

Dengan menggunakan data hasil scalling ionogram SPD Tanjung Sari LAPAN, Januari – Agustus 2007, September 2008 dan Februari 2009 foF2 Tanjung Sari, diperoleh bahwa pada saat kejadian spread F, nilai ketinggian maksimum berada pada rentang ketinggian 290 km sampai dengan 371 km, yang didominasi pada ketinggian lebih besar dari 300 km, sedangkan nilai rata rata hanya berkisar ketinggian 252 km sampai dengan 292 km. Mengingat MUF berhubungan dengan ketinggian lapisan F, pada akhirnya perubahan ketinggian lapisan F tersebut akan mengakibatkan perubahan nilai MUF.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1. Buldan Muslim (2000), “Variabilitas Harian Equatorial Spread F Di atas Biak” ., Tesis Magister ITB.
2. Shimazaki, T., A statistical study of worldwide occurrence probability of spread F, 1, Average state, *J. Radio Res. Lab.*, **6**, 1959, 669–687.
3. Rotger J., Influence of spread F on HF radio system, Agard Conference Proceedings on Radio System and the Ionosphere, No.173, 1970.
4. Wakai. N., 1986., Manual of Ionogram Scalling., Radio Research Laboratory Ministry of Posts and Telecommunications , Japan.