
PERBANDINGAN INDEKS AMPLITUDO SINTILASI (S_4), C/No DAN TEC DI ATAS PONTIANAK

Sri Ekawati, Asnawi Husin dan Prayitno Abadi

Bidang Ionosfer dan Telekomunikasi, Pusat Sains Antariksa, LAPAN

ekawa_srie@bdg.lapan.go.id

Abstract

Ionospheric Scintillation, which is a rapid fluctuation of satellite signal amplitude and phase, causes significant effect on GPS performance and other system trans-ionosphere in the frequency of L-band (1-2 GHz). To determine the effect ionospheric scintillation on satellite signal, the comparison between scintillation amplitude index (S_4) and carrier to noise density ratio (C/No) was established to know their correlation. The comparison between S_4 index and Total Electron Content (TEC) also has been analyzed. Data S_4 index, TEC and C/No was obtained from GPS Ionospheric and Scintillation Monitor (GISTM) GSV 4004B at Pontianak station 2007 – 2011. Scintillation has semi-annual variation that often appears in equinox and the occurrence on March is the highest. So, in this paper only data on March each year are presented. We filter the data by elevation angle more than equals 50 degrees to prevent the multipath effect. Results show the S_4 -index has a good negative correlation with C/No. The S_4 index and TEC also very related, when scintillation occurs, there was a depletion of TEC.

Keywords: Scintillation, Ionosphere, S_4 index, C/No, TEC

Abstrak

Sintilasi ionosfer yang merupakan fluktuasi yang cepat dari amplitudo dan fasa sinyal satelit dapat mengganggu performa GPS dan sistem *trans-ionosphere* lainnya yang bekerja pada pita frekuensi L-Band (~1-2 GHz). Untuk mengetahui efek sintilasi ionosfer tersebut maka dilakukan perbandingan antara indeks S_4 dan *Carrier to Noise Ratio Density* (C/No) untuk diketahui korelasinya. Perbandingan antara Indeks S_4 dan *Total Electron Content* (TEC) juga dilakukan. Data yang digunakan adalah data Indeks S_4 , TEC dan C/No dari *GPS Ionospheric Scintillation and TEC Monitoring* (GISTM) GSV4004B di stasiun pengamatan Pontianak 2007 – 2011. Karena kemunculan sintilasi ionosfer terbanyak di bulan Maret, maka pada penelitian ini, data yang diolah hanya pada bulan Maret, setiap tahunnya. Data yang diambil hanya data yang diperoleh dari satelit dengan sudut elevasi lebih dari 50 derajat, sehingga gangguan yang ditunjukkan benar-benar bersumber dari ionosfer bukan dari *multipath*. Hasil menunjukkan bahwa indeks S_4 berkorelasi negatif dengan C/No. Indeks S_4 yang tinggi (*strong scintillation*) akan menyebabkan nilai C/No rendah dan berfluktuasi. Sedangkan kaitan antara indeks S_4 dan TEC sangat terkait, ditandai dengan penipisan TEC pada saat sintilasi ionosfer terjadi.

Kata Kunci : Sintilasi, Ionosfer, Indeks S_4 , C/No, TEC

I. PENDAHULUAN

Salah satu faktor yang dapat mengganggu keberhasilan komunikasi satelit, penentuan posisi *Global Positioning System* (GPS) yang akurat, dan sistem *trans- ionosphere* lainnya adalah faktor medium propagasinya. Sintilasi ionosfer adalah salah satu fenomena gangguan di ionosfer yang dapat menyebabkan masalah pada aplikasi- aplikasi gelombang radio yang menjalar melalui ionosfer. Sintilasi ionosfer merupakan fluktuasi yang sangat cepat dari amplitudo dan fasa sinyal radio setelah melalui ionosfer.

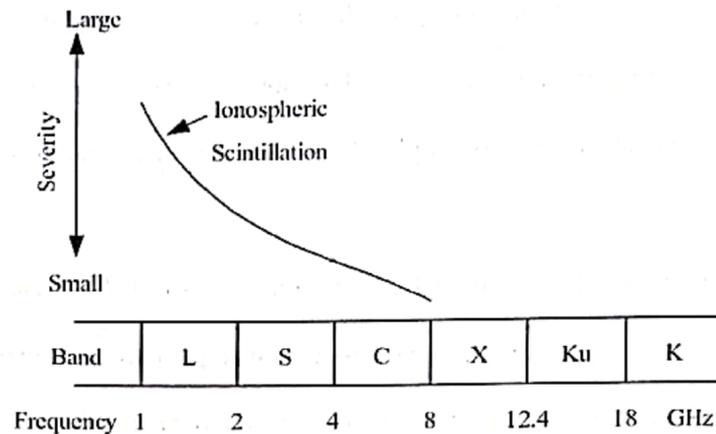
Gangguan tersebut dapat dilihat dari parameter *Carrier-To-Noise-Density-Ratio* (C/No) yang merupakan perbandingan antara sinyal pembawa dengan derau yang diterima. Pada gangguan sintilasi yang sangat kuat akan menyebabkan penerima GPS di bumi tidak dapat menerima sinyal dari satelit GPS (22.000 kilometer dari bumi) karena terganggu oleh ionosfer (300 – 450 kilometer dari bumi). Akibatnya, penerima GPS berhenti *men-tracking* sinyal satelit tersebut. Sehingga, akurasi penentuan posisi akan berkurang dan menyimpang jauh dari nilai sebenarnya.

Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui korelasi antara indeks amplitudo sintilasi (S_4) dengan *Carrier-To-Noise-Density-Ratio* (C/No) dan kaitannya dengan *Total Electron Content* (TEC). Sedangkan sasarannya adalah diketahuinya korelasi antara indeks S_4 dengan C/No dan kaitannya dengan TEC untuk studi dinamika ionosfer.

2. TINJAUAN PUSTAKA

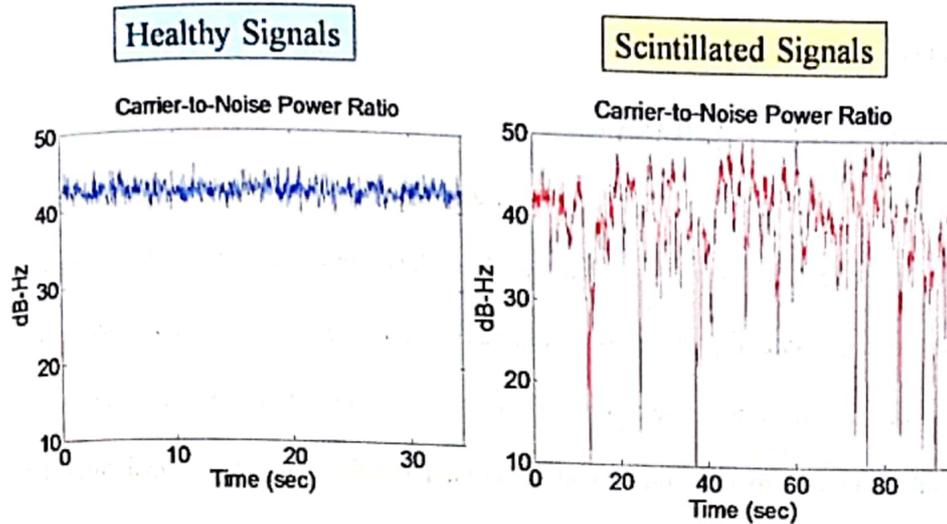
Ionosfer, yang merupakan medium disfersif, memiliki respons yang berbeda dalam hal kecepatan propagasi dan arah refraksi gelombang radio tergantung dari frekuensinya (Soegeng, 1997). Gangguan sintilasi ionosfer juga berbeda pengaruhnya terhadap sinyal yang melaluinya, tergantung dari frekuensinya. Gambar 1 menunjukkan

perbedaan pengaruh sintilasi ionosfer terhadap sistem komunikasi satelit tergantung dari frekuensinya. Pengaruh yang besar terlihat pada frekuensi *L-band* kemudian mengecil pada pita frekuensi yang lebih tinggi. Sebagai contoh, pengaruh sintilasi ionosfer pada frekuensi *L-band* lebih besar dibanding pada frekuensi *C-band*.



Gambar 1 : Pengaruh sintilasi ionosfer terhadap frekuensi (Theerapatpaiboon, 2004).

Pada keadaan tidak terganggu, grafik nilai *Total Electron Content* (TEC) akan terlihat *smooth* dan *flat*. Sedangkan pada saat terjadi gangguan di ionosfer seperti sintilasi ionosfer, *spread-F*, *plasma bubble*, nilai TEC akan berfluktuasi begitu juga dengan nilai *Carrier-To-Noise-Density-Ratio* (Du, 2000). Pada GPS, sinyal satelit akan berhenti di-*tracking* oleh penerima GPS bila nilai *C/No* berada pada level 25 – 30 dB-Hz (Kintner, 2009). Gambar 2 menunjukkan perbandingan sinyal yang tidak terganggu/ sinyal yang sehat (kiri berwarna biru) dan sinyal yang terganggu sintilasi ionosfer (kanan berwarna merah). Gangguan sinyal tersebut dapat dilihat dari parameter *C/No* dengan satuan dB-Hz. Sinyal yang tidak terganggu, nilai *C/No* stabil dan berada di level 40 – 50 dB-Hz. Sedangkan sinyal yang terganggu sintilasi ionosfer, nilai *C/No* sangat berfluktuasi dan nilainya menurun mencapai dibawah 20dB-Hz. Akibatnya, penerima GPS tidak dapat menerima sinyal satelit tersebut dengan baik (terjadi *loss of lock*).



Gambar 2 : Perbandingan C/No dari sinyal yang tidak terganggu (*healthy signals*) dan sinyal terganggu sintilasi ionosfer (*scintillated signals*) (Chiou, 2010)

3. DATA DAN METODE

Data yang digunakan adalah data indeks S₄, TEC dan C/No dari penerima GPS dual-frekuensi *GPS Ionospheric Scintillation and TEC Monitoring* (GISTM) GSV4004B di stasiun pengamatan Pontianak 2007 – 2011. Digunakan sampel setiap tanggal 21 Maret. Sampel ini diambil karena pada tanggal 21-23 Maret setiap tahunnya merupakan posisi equinox. Selain itu juga karena kemunculan sintilasi ionosfer terbanyak di bulan Maret, maka pada penelitian ini, data yang diolah hanya pada bulan Maret, setiap tahunnya.

Data indeks S₄ dan C/No dibandingkan sehingga diperoleh sebaran data C/No terhadap indeks S₄. Kemudian dicari garis *linear fitting* dan persamaannya (Xiong, 2007). Untuk mengetahui kaitan keduanya dihitung juga koefisien korelasinya dan dibuat tabel yang menunjukkan nilai koefisien korelasi, dan persamaannya. Untuk studi lebih lanjut tentang dinamika Ionosfer, indeks S₄ dibandingkan juga dengan nilai TEC. Data yang diambil hanya data yang diperoleh dari satelit dengan sudut elevasi lebih dari

50 derajat, sehingga gangguan yang ditunjukkan benar-benar bersumber dari ionosfer bukan dari *multipath*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

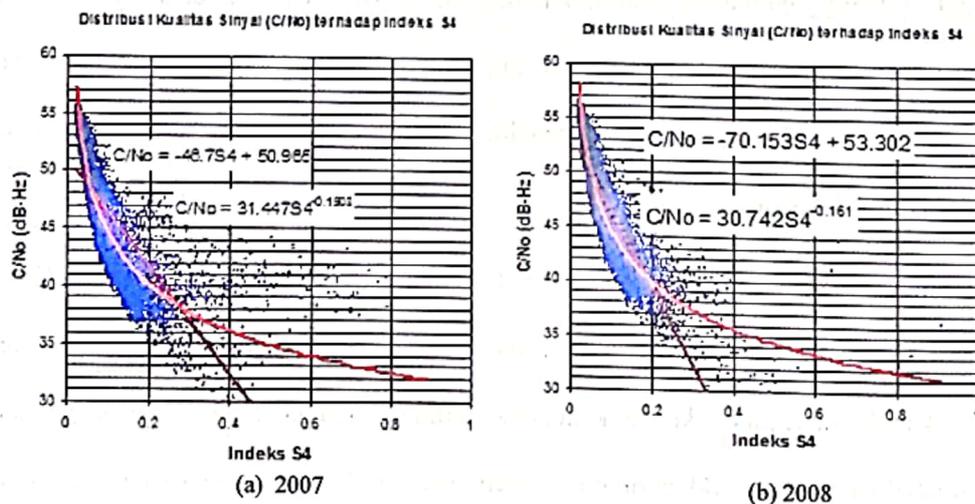
Hasil perbandingan nilai C/No dengan indeks S₄ ditunjukkan gambar 3. Nilai C/No dan indeks S₄ diambil selama satu hari dari semua satelit. Titik berwarna biru menunjukkan data dan garis lurus merah adalah garis *linear fitting* dan garis lengkung merah adalah trendline untuk persamaan pangkat (*power fitting*). Persamaan linear digunakan karena metode ini sangat sederhana untuk mencari korelasi antara C/No dengan Indeks S₄. Persamaan pangkat digunakan karena metode ini lebih baik untuk pencocokan data.

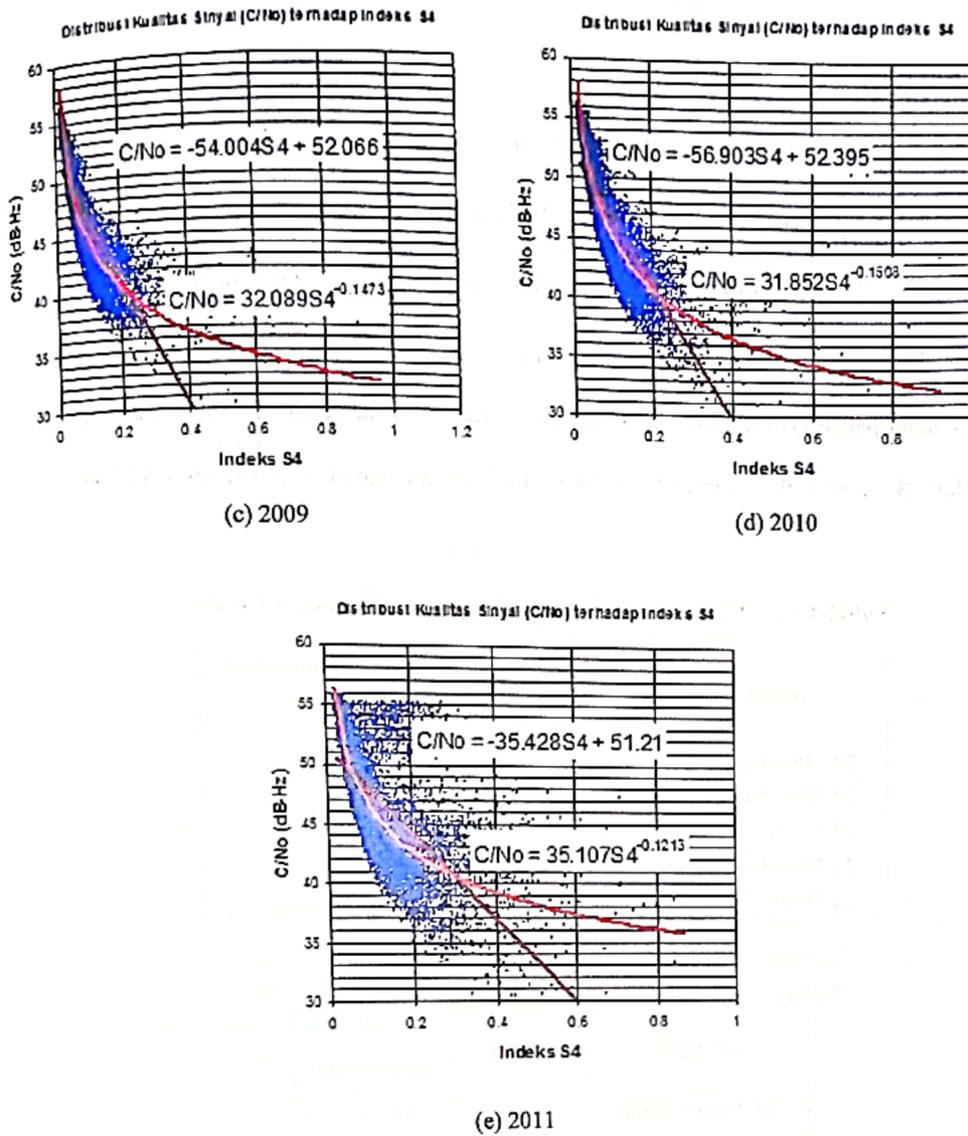
Persamaan linear C/No dan S₄ adalah :

$$C/No = a \times S_4 + b \quad (1)$$

Sedangkan persamaan pangkat C/No dan S₄ adalah :

$$C/No = a \times S_4^b \quad (2)$$





Gambar 3 : Distribusi Kualitas Sinyal (C/No) terhadap Indeks S4 diperoleh dari semua satelit pada tanggal 21 Maret, (a) 2007, (b) 2008, (c) 2009, (d) 2010 dan (e) 2011.

Tabel 1 menunjukkan nilai koefisien korelasi, *linear fitting slope* (*a*) dan *intercept* (*b*) dari setiap persamaan C/No dan indeks S4 yang tertera pada gambar 3. Pada tabel terlihat bahwa nilai C/No mempunyai korelasi negatif yang baik. Artinya bila indeks S4 meningkat maka nilai C/No sebaliknya akan menurun. Nilai korelasi tanggal 21 Maret, 2007 – 2011, bervariasi antara -0,66 sampai dengan -0,84. Nilai *slope* (*a*) pun

bervariasi dari -36 sampai dengan -70. Sedangkan nilai *intercept* (*b*) berkisar antara 51-53.

Tabel-2 menunjukkan hasil persamaan pangkat antara C/No dengan Indeks S_4 yang tertera pada gambar 3. Nilai pangkat (*b*) bernilai negatif (-) berkisar antara -0,1213 sampai dengan -161. Sedangkan nilai (*a*) berkisar antara 30,742 sampai dengan 35,107. Bila nilai *a* dan *b* ini dirata-ratakan maka diperoleh nilai *a* sebesar 32,8474 dan nilai *b* sebesar -0,1462. Dengan persamaan tersebut, nilai kualitas sinyal C/No dapat diprediksi. Sebagai contoh untuk indeks S_4 sebesar 0,7 akan menyebabkan nilai kualitas sinyal C/No sebesar 34,6062 dB-Hz.

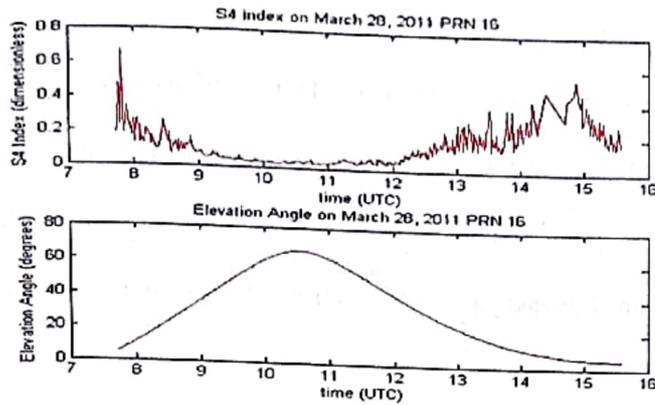
Tabel-1 : Koefisien korelasi dan *linear fitting slope* and *intercept* dari setiap persamaan C/No terhadap Indeks S_4

| <i>Tanggal</i> | <i>Correlation coefficient</i> | <i>Slope (a)</i> | <i>Intercept (b)</i> |
|----------------|--------------------------------|------------------|----------------------|
| 21 Maret 2007 | -0.74 | -47 | 51 |
| 21 Maret 2008 | -0.84 | -70 | 53 |
| 21 Maret 2009 | -0.77 | -54 | 52 |
| 21 Maret 2010 | -0.80 | -57 | 52 |
| 21 Maret 2011 | -0.66 | -36 | 51 |

Tabel-2 : Persamaan pangkat C/No terhadap Indeks S_4

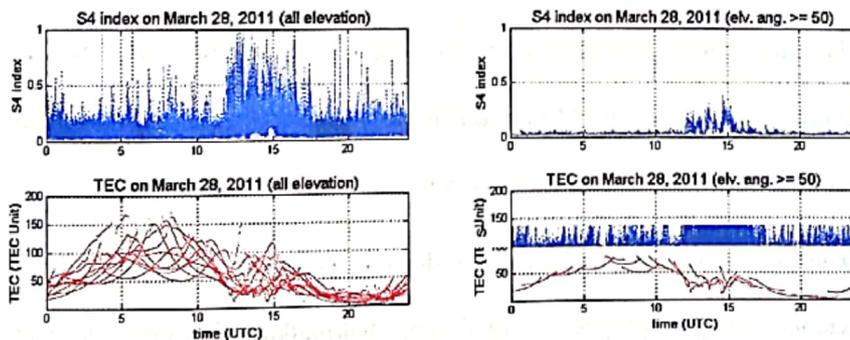
| <i>Tanggal</i> | <i>a</i> | <i>b (pangkat)</i> |
|----------------|----------|--------------------|
| 21 Maret 2007 | 34,447 | -0,1508 |
| 21 Maret 2008 | 30,742 | -0,161 |
| 21 Maret 2009 | 32,089 | -0,1473 |
| 21 Maret 2010 | 31,852 | -0,1508 |
| 21 Maret 2011 | 35,107 | -0,1213 |

Gambar 4 menunjukkan kaitan indeks S_4 (panel atas) dengan sudut elevasi sinyal GPS yang diterima (panel bawah). Dari gambar tersebut terlihat jelas bahwa indeks S_4 meningkat dan berfluktuasi pada sudut elevasi yang rendah. Sehingga sinyal yang terganggu bukan hanya disebabkan oleh sintilasi ionosfer juga karena faktor lainnya seperti *multipath*. Oleh karena itu, data difilter berdasarkan sudut elevasi di atas 50 derajat.



Gambar 4 : Indeks S4 yang tinggi dan berfluktuasi berkaitan dengan sudut elevasi yang rendah.

Gambar 5 menunjukkan perbandingan data indeks S4 dan data TEC sebelum difilter (kiri) dan sesudah difilter (kanan). Pada data yang belum difilter, indeks S4 dengan nilai lebih besar dari 0,5 bukan hanya terjadi setelah matahari terbenam (12:00 – 18:00 UTC/19:00 – 01:00 WIB) namun juga terjadi pada siang hari. Setelah difilter dengan data satelit yang sudut elevasinya lebih besar sama dengan 50 derajat, indeks S4 terlihat sangat jelas meningkat pada malam hari (setelah matahari terbenam) sekitar pukul 12:00 – 16:00 UTC/ 19:00 – 23:00 WIB. Data tersebut menunjukkan gangguan benar-benar dari ionosfer.



Gambar 5 : Indeks S4 dan TEC dari semua satelit tidak dibatasi elevasi (kiri) dan dari sudut elevasi lebih besar dari 50°.

Sintilasi ionosfer di atas Pontianak terjadi karena terjadinya gelombang kejut pada saat transisi dari siang ke malam dan terjadi turbulensi di ionosfer. Hal inilah yang menyebabkan propagasi gelombang radio yang melaluinya terganggu. Pada gambar 5, saat terjadi sintilasi ionosfer ditandai dengan meningkatnya nilai indeks S_4 , nilai TEC yang menunjukkan banyaknya total elektron di ionosfer, terlihat menurun dan berfluktuasi.

5 KESIMPULAN

Indeks amplitudo sintilasi S_4 mempunyai korelasi negatif yang baik dengan C/N_0 (perbandingan antara sinyal pembawa dengan derau yang diterima). Ini menunjukkan bahwa semakin meningkat nilai indeks S_4 maka semakin menurun nilai C/N_0 . Penurunan nilai C/N_0 akan menyebabkan gangguan yang serius karena dapat menyebabkan penerima GPS di bumi tidak dapat men-tracking sinyal satelit GPS. Akibatnya, sinyal yang diterima tidak layak dan akurasi penentuan posisi menjadi sangat menyimpang dari nilai sebenarnya.

Dengan diperolehnya suatu persamaan linear ataupun persamaan pangkat dapat diprediksi penurunan nilai C/N_0 dengan meningkatnya nilai indeks S_4 . Nilai *intercept* (**b**) memiliki nilai yang hampir sama yaitu dari *range* 51 - 53. Namun nilai *slope* (**a**) memiliki nilai yang sangat bervariasi dari -36 sampai dengan -70. Untuk persamaan pangkat nilai (**a**) berkisar antara 30,742 sampai dengan 35, 107 dan nilai pangkat (**b**) bernilai negatif (-) berkisar antara -0,1213 sampai dengan -161.

Filtering data indeks S_4 berdasarkan sudut elevasi yang tinggi perlu dilakukan untuk mengetahui gangguan propagasi sinyal yang diakibatkan oleh ionosfer. Sintilasi ionosfer di atas Pontianak terjadi sekitar pukul 19:00 WIB (~ satu jam setelah matahari terbenam) disebabkan oleh turbulensi di ionosfer. Hal tersebut terlihat pada saat terjadi

sintilasi ionosfer (indeks S_4 meningkat), nilai TEC cenderung menurun (terjadi penipisan lapisan ionosfer).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Pusat Sains Antariksa LAPAN, Balai Pengamatan Pontianak dan tim jaringan yang telah menyediakan data GISTM Pontianak.

DAFTAR RUJUKAN

Chiou, Tysu. 2010. Effect Ionospheric Scintillation to GPS. Dissertation for Doctor of Philosophy, Stanford University, USA.

Du, J., J. Caruana, P. Wilkinson, R. Thomas, M. Cervera. 2000. Determination of Equatorial Ionospheric Scintillation S_4 by Dual Frequency GPS.

Kintner, Paul M.JR., Todd Humphreys and Joanna Hinks. 2009. *GNSS and Ionospheric scintillation : How to Survive the Next Solar Maximum*. InsideGNSS : Juli/Agustus 2009. www.insidegnss.com

Soengeng, 1997, Ionosfer, Yogya.

Theerapatpaiboon, P., S. Sukkaewthanom, N. Leelaruji and N. Hemmakorn. 2004. "The Study of Scintillation on C-Band Low Elevation Angle at Sri-Racha Satellite Earth Station." ICCAS2004.

Xiong, Bo, Wan, Wei-Xing, Ning, Bai-Qi, Yuan, Hong and Li Guo-Zhu. 2007. A Comparison And Analysis of The S_4 Index, C/No and ROTI Over Sanya. Chinese Journal of Geophysics Vol.50, No.6, 2007, pp: 1414~1424.