

Telaah TEC Ionosfer di Lintang Rendah

Effendy, Sarmoko Saroso, dan S.L. Manurung¹⁾

ABSTRACT

With knowing the Ionospheric Total Electron Content (TEC) in certain location, it can be used to determine the correction factors for GPS users to enhance the accuracy of satellite measurements.

In principle ionospheric TEC mechanism is very dependent on local time, geographical location, solar activity and geomagnetic activity.

The results of TEC measurements using Tecmeter type 7633A shows that the TEC variation corresponds with foF2 behaviour.

Data analysis obtained in Sumedang during September 1996 shows a higher TEC values compare with in the other location (Cocos island) and this is indicate that we need to make a comparison with longer term data observation.

RINGKASAN

Dengan mengetahui besarnya TEC (Total Electron Content) ionosfer di suatu lokasi dapat digunakan sebagai informasi faktor koreksi ionosfer bagi pengguna penerima GPS dalam hal tingkat akurasi pengukuran posisi berbasis satelit.

Mekanisme pembentukan TEC ionosfer pada dasarnya sangat tergantung pada kondisi setempat seperti waktu lokal, posisi geografi, aktivitas matahari, dan aktivitas magnet bumi.

Hasil pengukuran TEC dengan menggunakan Tecmeter type 7633A membuktikan variasi dari TEC mengikuti pola yang sesuai dengan perilaku foF2. Analisis data TEC untuk bulan September 1996 di Sumedang, menunjukkan harga yang relatif tinggi dibandingkan dengan pengukuran di lokasi lain (*Cocos island*), sehingga masih diperlukan data pembandingan lainnya di berbagai tempat dengan data pengamatan jangka panjang dan kontinu.

1. PENDAHULUAN

Satelit GPS pada saat ini telah banyak dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan sipil maupun militer dalam hal informasi posisi berupa koordinat ruang dengan titik pusat bumi, maupun akurasi waktu untuk semua tempat di Bumi. Ketelitian penentuan posisi dan waktu sangat dipengaruhi faktor infra struktur GPS seperti ruas angkasa, ruas bumi maupun pengaruh media perambatan sinyal menuju Bumi seperti lapisan ionosfer dan troposfer.

Pada prinsipnya bila gelombang radio UHF dipancarkan dari satelit melalui ionosfer akan terjadi interaksi antara sinyal yang datang dengan elektron bebas di ionosfer yang menyebabkan waktu tempuh sinyal terlambat

dan menghasilkan waktu tunda (*delay time*) akibat perubahan indeks bias medium dispersive ionosfer. Waktu tunda tersebut secara formulasi ekuivalen dengan Total Electron Content (TEC) di Ionosfer. TEC ionosfer merupakan parameter penting untuk studi fisis dalam hal aplikasi sistem navigasi, space geodesi, maupun penelitian radio astronomi.

Pengamatan TEC secara spesifik dapat dimanfaatkan untuk penelitian dinamika ionosfer dan untuk mengetahui ketebalan imajiner (*slab thickness*) profil kerapatan, sehingga dapat digunakan untuk menentukan indeks temperatur dan perubahan komposisi di termosfer (Yue Jin Wang, 1995).

Penelitian TEC ionosfer diperlukan sebagai masukan informasi koreksi ionosfer

^{*)} Peneliti Bidang Dinamika Ionosfer, Puslitbang Pengetahuan Ionosfer, LAPAN

bagi pengguna GPS dalam hal akurasi pengukuran posisi dan waktu. TEC ionosfer pada prosesnya bergantung pada banyak faktor seperti radiasi sinar ultraviolet, matahari, posisi geografis, waktu lokal, musim, aktivitas magnet bumi, dan aktivitas matahari (Jian Herong, 1990), tingkat akurasinya bergantung pada kondisi dinamis dengan mempertimbangkan faktor tersebut.

Pengamatan TEC di lintang rendah masih jarang dilakukan bila dibandingkan dengan di lintang tengah. Kondisi ionosfer di lintang rendah menarik untuk dikaji dikaitkan dengan adanya anomali lokal maupun anomali ekuator. Indonesia yang terletak di lintang rendah dengan lama pancar matahari sepanjang tahun relatif lebih lama bila dibandingkan dengan tempat pengamatan di lintang tengah, menyebabkan TEC ionosfer tersebut merupakan fenomena unik untuk diteliti. Perbedaan ini yang memacu untuk menghasilkan penelitian tersendiri berupa informasi koreksi ionosfer ekuator bagi pengguna, penerima satelit di wilayah ekuator seperti satelit GPS (Global Positioning System) maupun satelit lainnya.

Metode pengukuran yang dilakukan adalah sama seperti pengukuran untuk keperluan geodesi, dimana output dari penerima berupa data informasi diolah sehingga menghasilkan harga dari waktu tunda yang sebanding dengan besarnya TEC. Pengumpulan data dihasilkan dari peralatan berupa receiver yang menerima secara simultan sinyal pancar dari sistem pemancar dengan frekuensi band L dari satelit GPS ke Bumi, dan penerima GPS di Bumi yang mendeteksi sinyal informasi posisi satelit berupa waktu tunda, pesan navigasi, dan waktu.

2. PENERIMA GPS UNTUK PENGUKURAN TEC.

Penggunaan satelit GPS tidak hanya terbatas untuk sistem navigasi dan geodesi, tetapi digunakan pula sebagai sarana penelitian *transionospheric propagation* yang secara simultan merekam informasi yang sama diberbagai tempat di belahan Bumi dan membentuk jaringan terintegrasi dari penerima satelit GPS. Satelit GPS merupakan satelit

navigasi yang dikembangkan oleh departemen pertahanan Amerika, yang secara umum mentransmisikan sinyal informasi kepada pengguna yaitu berupa informasi koordinat posisi (lintang, bujur, dan ketinggian), waktu serta pesan navigasi.

Aplikasi GPS untuk penelitian ionosfer antara lain (a) sebagai instrumen pengukuran TEC dan Sintilasi yaitu perubahan amplitudo dan fasa sinyal satelit pada saat melewati ionosfer, dan (b) untuk pengukuran ionosfer secara *top sounding*. Satelit GPS terdiri dari lebih 24 buah satelit yang mengorbit Bumi pada ketinggian 26.559,8 km dari pusat Bumi di mana terdapat enam lintasan orbit berperiode 12 jam, yang masing masing terdiri dari 4 satelit. Masing masing lintasan orbit membentuk 55 derajat dengan bidang ekuator. Sinyal yang dipancarkan dari satelit GPS bekerja pada band L yang terdiri dari 2 frekuensi, yaitu L1(1.57542 GHz) dan L2 (1.2276 GHz).

Untuk penelitian ionosfer diperlukan jenis penerima GPS yang khusus seperti Tecmeter ataupun penerima GPS geodesi yang mempunyai ketelitian tinggi dan berfrekuensi ganda (dual frequency). Cara pengukuran dapat dilakukan dengan pengukuran data kode (metode pseudo range) atau data fase (metode fase). Kedua metode tersebut masing-masing mempunyai keunggulan dan kelemahannya, sedangkan kombinasi dari kedua metode secara matematis akan dapat menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi.

3. PENGUMPULAN DATA DAN METODE PENGOLAHANNYA

Penelitian ini menggunakan data pengamatan TEC dari SPMI (Stasiun Pengamatan Matahari dan Ionosfer) Sumedang dengan menggunakan Tecmeter type 7633 A, sedangkan data ionosfer diperoleh dengan menggunakan ionosonda vertikal IPS -71, untuk bulan September 1996. Data TEC diamati setiap 8 menit yang meliputi informasi waktu, azimuth dan elevasi satelit GPS serta delay time (T_{ion}) dan besarnya slant TEC (TEC posisi miring) dengan satuan 10^{16} electron / m^2 (1 TEC unit). Data ionosfer diperoleh setiap 15 menit

diperlukan untuk mengetahui besarnya hmF2 dan selanjutnya akan digunakan untuk menghitung konversi slant TEC menjadi vertikal TEC, sedangkan data foF2 untuk mengetahui pola dari variasi foF2 dan TEC ionosfer.

Data yang terekam Tecmeter merupakan informasi penerima data secara simultan dari berbagai arah satelit GPS dengan posisi azimuth dan elevasi yang berbeda, sehingga waktu tunda atau TEC yang terekam adalah data Slant TEC (Stec). Untuk perhitungan vertikal TEC (Vtec), yaitu TEC dalam arah vertikal, besarnya waktu tunda dari data tersebut dikonversikan menjadi vertikal TEC dengan substitusi *mapping function* (fungsi konversi) dengan formulasi sebagai berikut (Batista, 1994) :

$$mf(e) = \frac{1}{1 - ((\cos E)/1 + (hm/Re))^2} \quad (3-1)$$

$$TECs = mf(e) * TECv \quad (3-2)$$

dengan :

- mf(e) = mapping function
- Re jari jari Bumi = 6378.4 Km
- E = elevasi satelit (derajat)
- hm = ketinggian maksimum F2 (Km)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini akan mengkaji hubungan antara foF2 ionosfer dengan total electron content ionosfer, dari pengamatan waktu dan hari yang sama untuk bulan September 1996, diharapkan dengan dua metode pengukuran ini akan dapat memberikan informasi fisis yang relevan.

Hasil pengukuran parameter ionosfer hmF2, foF2 dan scaling data ionogram setiap 15 menit perhari ditabulasi dan diolah selama satu bulan (September 1996) dan diperoleh harga median setiap jam pada bulan tersebut seperti terlihat pada Gambar 4-1.

Data hmF2 diperlukan untuk konversi slant TEC (Stec) menjadi Vertikal TEC (Vtec) dengan substitusi harga rata-rata ketinggian

ionosfer sebesar 350 Km. Harga median foF2 untuk bulan September 1996, menggambarkan variasi puncak berada pada posisi matahari antara jam 5.00 sampai jam 7.00 UT (atau jam 12.00 sampai 14.00 WIB).

Hasil konversi slant TEC menjadi vertikal TEC dari data harian dengan variasi foF2 ditunjukkan pada Gambar 4-2. Trend dari kedua grafik tersebut menunjukkan pola yang sama dan sefasa, serta terlihat pula bahwa variasi TEC menunjukkan pola yang sama dengan variasi harian foF2. Di samping itu hasil konversi memperlihatkan reduksi harga TEC sekitar 20 % dari harga slant TEC.

Demikian pula untuk variasi bulan September 1996 harga median foF2 dan vertikal TEC seperti yang terlihat pada Gambar 4-3, menunjukkan reduksi harga TEC sekitar 26,6 % dari harga slant TEC.

Untuk mengetahui ketelitian hasil pengukuran vertikal TEC lokal (TEC di SPMI Sumedang) dilakukan perbandingan dengan pengamatan pada bujur yang hampir sama tetapi pada lintang yang berbeda, yaitu di Cocos Island (International GPS Service, 1996) yang digambarkan dengan TEC Obs serta model TEC Intim 1 yang sedang dikembangkan (Effendy dan Jakowski, 1996), seperti terlihat pada Gambar 4-4. Dari gambar tersebut terlihat bahwa variasi TEC menunjukkan pola yang sama, tetapi harga TEC yang diperoleh dari kedua lokasi pengukuran menunjukkan harga amplitudo yang berbeda bila dibandingkan dengan model yang telah dibuat. Simpangan ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jenis akurasi penerima GPS yang berbeda, pengaruh troposfer, efek multipath, dan noise dari peralatan yang belum diperhitungkan.

Aplikasi dari pengamatan TEC dapat pula untuk mengetahui ionosfer yang diperlukan untuk meningkatkan akurasi data yang diukur yaitu TEC dan besarnya foF2. Formulasi dari hubungan kedua data tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\tau \text{ (slab thickness)} = \frac{TEC_v}{1.24 \cdot 10^{-2} (foF2)^2} \quad (4-1)$$

Dari hasil perhitungan dan plotting yang ditunjukkan pada Gambar 4-5, terlihat bahwa ketinggian dari *slab thickness* melebihi jarak maksimum dari profil kerapatan ionosfer (ketinggian ionosfer antara 100 sampai 1000 Km). Menurut teori hal ini adalah kurang tepat. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa nilai TEC maupun foF2 perlu ditinjau dan dikaji kembali serta dibandingkan dengan data dari berbagai tempat dengan waktu yang relatif lebih panjang.

5. KESIMPULAN

Hasil pengamatan TEC di lintang rendah dengan Tecmeter type 7633 A dapat disimpulkan bahwa variasi TEC menunjukkan pola yang sama dengan variasi foF2 sebagai fungsi waktu lokal. Variasi maksimum terjadi antara jam 12 sampai 14 WIB, selain itu ditunjukkan pula bahwa TEC ionosfer berkaitan erat dengan frekuensi kritis lapisan F2 (foF2) ionosfer. Hasil yang diperoleh dari pengukuran harga TEC di Sumedang yang relatif tinggi disebabkan oleh beberapa faktor, seperti data yang kurang kontinu (periode 8 menit), metode analisis pada peralatan Tecmeter, kalibrasi ionosonda dan kalibrasi automatic scaling serta adanya anomali lokal yang belum diperhitungkan.

6. DAFTAR PUSTAKA :

1. Batista, I.S., 1994, *Total Electron Content at Low latitudes and its Comparison with The IRI90.*
2. Effendy dan Jakowksi, 1996, *The Model TEC over South East Asia*, DLR Neustrelitz
3. *International GPS Service*, 1996, Data 20 Stasiun GPS Ekuator
4. Jian Herong, 1990, *Seasonal Variations of the foF2 and TEC*, Publications of Yunnan Observatory, Academica Sinica
5. Yue Jin Wang, 1995, *Monitoring Ionospheric TEC Using GPS, IPS RADIO and SPACE SERVICE.*

