

ESTIMASI TEC DAN BIAS INSTRUMENTAL UNTUK PENGUATAN NAVIGASI GPS

Oleh:
Buldan Muslim*

Abstrak

Estimasi total electron content (TEC) dari data GPS frequency ganda dipengaruhi oleh bias instrumental satelit dan receiver yang masing-masing disebut dengan differential code bias (DCB) satelit dan DCB receiver. Data GPS frekuensi ganda dari stasiun BAKO yang terletak di Cibinong telah digunakan untuk analisis TEC dan DCB menggunakan metode kuadrat terkecil. Makalah ini menjelaskan metode estimasi TEC dan DCB dan pemanfaatannya untuk penguatan sistem navigasi GPS frekuensi tunggal.

Kata kunci: GPS, sinyal, TEC, bias, instrumental

Abstract

Estimation of ionospheric total electron content (TEC) from dual frequency GPS data is affected by GPS satellite and receiver instrumental bias that are called the satellite differential code bias (DCB) and receiver DCB respectively. Dual frequency GPS data from BAKO station located in Cibinong have been used for analyzing of TEC and DCB using least square method. This paper describes the methods of TEC and DCB estimation and its application for augmentation of single frequency GPS navigation system.

Key words: GPS, signal, TEC, bias, instrumental.

1. PENDAHULUAN

Global Positioning System (GPS) adalah sistem navigasi berbasis satelit yang dikembangkan oleh Departemen Pertahanan Amerika. Dalam dekade terakhir telah berkembang sistem penguatan navigasi GPS yang antara lain berupa sistem informasi kesalahan ionosfer dalam sistem navigasi GPS frekuensi tunggal. Dengan GPS frekuensi ganda TEC ionosfer dapat diestimasi sehingga dapat digunakan untuk penguatan sistem navigasi. Sistem tersebut misalnya *Satellite Based Augmentation System (SBAS)* untuk memenuhi keperluan akurasi navigasi yaitu 16 meter horizontal dan 6 meter vertikal dengan kepercayaan 95 % untuk pendaratan kategori I dari penerbangan sipil (ICAO, 1999).

Dalam sistem navigasi berbasis GPS frekuensi tunggal ada beberapa sumber kesalahan tetapi yang terbesar adalah dari bias ionosfer. Bias ionosfer dapat ditentukan dari data TEC yang dapat diturunkan dari data GPS frekuensi ganda seperti data GPS BAKO yang terletak di Cibinong. Dari data TEC tersebut dapat dikembangkan model TEC di atas Bandara Soekarno Hatta yang selanjutnya informasi kesalahan ionosfer dapat diperkirakan. Tetapi estimasi TEC dari GPS frekuensi ganda masih mengandung bias instrumental yang terdiri dari *Differential Code Bias (DCB)* receiver (Choi, 2010) dan DCB satelit. Oleh karena itu bias instrumental perlu ditentukan agar nilai TEC GPS adalah nilai TEC yang sudah mendekati nilai TEC sebenarnya. Untuk data GPS yang sudah menjadi stasiun International GPS Service (IGS) bias instrumental telah dapat diakses dari internet dan langsung dapat digunakan untuk kalibrasi TEC. Oleh karena itu Buldan dan Septi (2009) telah mengembangkan metode komputasi TEC near real time dari data GPS IGS NTUS tanpa melakukan estimasi bias instrumental. Adapun stasiun GPS di Indonesia sebagian besar belum masuk dalam jaringan IGS sehingga estimasi bias instrumental harus diestimasi pada saat komputasi TEC arah vertikal. Pada makalah ini dijelaskan hasil percobaan estimasi bias instrumental dari nilai estimasi slant TEC yang diturunkan dari data GPS BAKO.

2. METODE ESTIMASI

Jika diasumsikan bahwa Slant TEC (STEC) sepanjang lintasan sinyal GPS dari satelit ke receiver GPS mempunyai pengaruh yang sama pada propagasi sinyal GPS sepanjang lintasan di ionosfer yang tipis dengan ketebalan H km dan berada pada ketinggian 350 km dari permukaan bumi maka nilai STEC yang

*Peneliti Bidang Teknologi Pengamatan Pusat Sains Antariksa, LAPAN

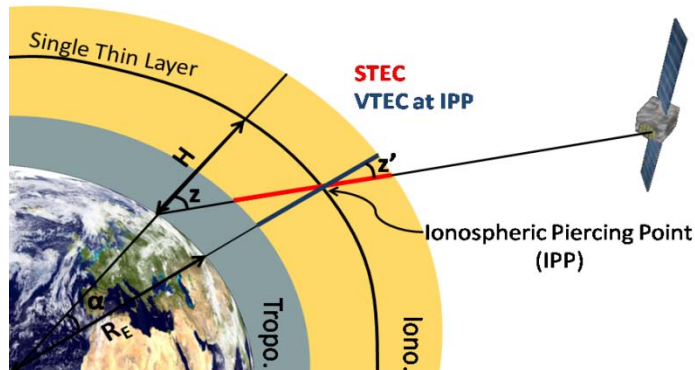
diturunkan dari data GPS (sebagaimana diterangkan dalam Buldan (2009)) dapat dikonversikan ke VTEC (TEC arah vertikal) menggunakan persamaan

$$STEC = M(z) \times VTEC + b_p + B_p \quad (1)$$

Di mana $M(z)$ adalah fungsi pemetaan yang diungkapkan sebagai

$$M(z) = \left[1 - \left(\frac{R_e}{R_e + H} \right)^2 \sin^2 z \right]^{1/2} \quad (2)$$

Dengan z sudut zenit satelit GPS, R_e jari jari bumi dan H adalah ketinggian lapisan ionoser (diasumsikan 350 km) b_p dan B_p masing masing adalah bias DCB satelit dan receiver. Konversi STEC ke VTEC menggunakan fungsi pemetaan dapat dijelaskan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 . Konversi STEC (biru / gelap) ke VTEC (merah/cerah) dalam ionosfer model satu lapis (www.gps.oma.be , diakses 3 Oktober 2011)

Menggunakan fungsi polinom orde 3 untuk variasi TEC terhadap lintang dan orde 2 untuk variasi TEC terhadap bujur geografi maka VTEC dapat diekspresikan sebagai fungsi lintang dan bujur menggunakan fungsi polinom dalam bentuk

$$VTEC = a_0 + a_1 Lin + a_2 Buj + a_3 Lin^2 + a_4 Buj^2 + a_5 Lin^3 \quad (3)$$

Dengan substitusi persamaan (3) ke persamaan (1) dan menuliskannya dalam bentuk matrik maka diperoleh persamaan

$$Y = AX \quad (4)$$

Dengan $Y = [STEC1 \ STEC2 \ STEC3 \dots \ STECn]'$, (5)

$$A = \begin{bmatrix} M1 & M1Lin1 & M1Buj1 & M1Lin1^2 & M1Buj^2 & M1Lin^3 & 1 \\ M2 & M2Lin2 & M2Buj2 & M2Lin2^2 & M2Buj^2 & M2Lin^3 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Mn & MnLinn & MnBujn & MnLinn^2 & MnBuj^2 & MnLinn^3 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Dan $X = [a_0 \ a_1 \ a_2 \ a_3 \ a_4 \ a_5 \ Brs]'$ (7)

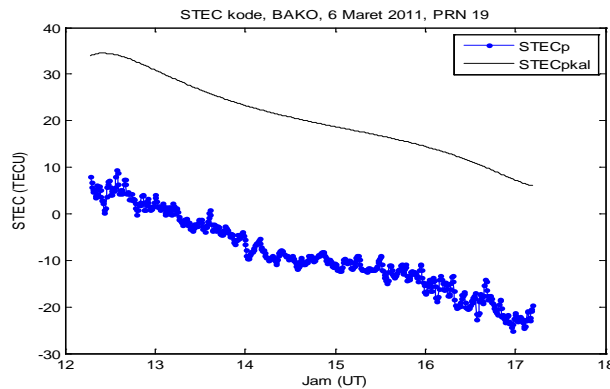
Dengan menggunakan kuadrat terkecil nilai X dapat diestimasi dengan dari persamaan

$$X = [A^T A]^{-1} A^T Y \quad (8)$$

Dari persamaan (8) dapat diperoleh sekaligus koefisien model VTEC sebagai fungsi lintang dan bujur dan nilai gabungan bias DCB satelit dan receiver.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Estimasi STEC dari data kode sebelum dikalibrasi diperlihatkan pada Gambar 1 (garis putus-putus dengan titik warna biru) dan estimasi STEC dari data kode setelah dikalibrasi dengan bias instrumental sebagaimana dirumuskan pada persamaan diperlihatkan pada Gambar 1 dengan garis padat warna hitam. Gambar 1 tersebut menjelaskan bahwa STEC dari data kode sebelum dikalibrasi masih mengandung bias instrumental satelit dan receiver sehingga mengandung nilai negatif. Estimasi VTEC dan bias instrumental menggunakan persamaan (8) menghasilkan nilai STEC yang terkalibrasi seperti ditunjukkan pada Gambar 1 dengan grafik garis lurus warna hitam tidak mengandung nilai negatif. Nilai bias instrumental untuk satelit no 19 adalah -14.7 TECU yang terdiri dari bias hardware satelit dan receiver.



Gambar 1. STECp adalah STEC kode yang belum dikalibrasi (grafik warna biru) dan STECpkal adalah STEC kode yang sudah dikalibrasi (grafik warna hitam).

Untuk mengetahui sejauh mana akurasi estimasi TEC dan bias instrumental masih diperlukan perbandingan dengan hasil estimasi TEC model global yaitu Global Ionospheric Map (GIM) atau dengan metode estimasi lainnya.

Dengan dapat ditentukannya bias instrumental maka nilai STEC tersebut dapat dikalibrasi sehingga dapat digunakan untuk koreksi kesalahan pengukuran jarak satelit GPS. Jika pengguna tidak dapat menggunakan nilai TEC ini karena tidak tersedianya akses data pengamatan maka nilai TEC yang sudah dikalibrasi dapat digunakan untuk pemodelan TEC regional di atas landasan pesawat terbang sehingga informasi kesalahan pengukuran GPS secara vertikal dengan GPS frekuensi tunggal dapat

diketahui dan akurasi penentuan posisi absolut dengan GPS frekuensi tunggal dapat diperkirakan akurasi dan dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam mempercayai hasil penentuan posisi GPS dalam navigasi.

Penggunaan GPS dalam navigasi udara dan laut akan dimudahkan dalam mempercayai akurasi posisi GPS frekuensi tunggal jika informasi kesalahan posisi karena TEC ionosfer dapat diakses oleh mereka.

4. KESIMPULAN

Metode estimasi TEC dan bias instrumental menggunakan kuadrat terkecil telah diterapkan untuk data TEC GPS dari data GPS BAKO. Hasil estimasi TEC yang dikalibrasi menjadi positif dan nilai TEC negatif tidak lagi ada sehingga metode tersebut secara sederhana dan mudah dapat diterapkan untuk penguatan sistem navigasi berbasis satelit GPS. Metode ini masih perlu divalidasi dengan data pengamatan GPS lainnya sebelum diterapkan secara real time untuk layanan informasi ionosfer dalam navigasi dan penentuan posisi dengan GPS frekuensi tunggal metode absolut.

DAFTAR PUSTAKA

- Buldan M., dan Septi, P., *Komputasi TEC ionosfer mendekati real time dari data GPS*, Prosiding Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapannya, FMIPA UNY, Yogyakarta, 16 Mei 2009.
Choi, B.K., Chung, J.K., dan Cho, J.H., *Receiver DCB Estimation and Analysis by Type of GPS Receiver*, J. Astron. Space Sci., 27(2), 123-128. 2010.
ICAO (GNSSP), GNSS, SARPs, Version 8, Annexure 10, 1999-05

RIWAYAT HIDUP PENULIS

DATA UMUM

Nama Lengkap : Dr. Buldan Muslim
Tempat & Tgl. Lahir : Yogyakarta, 26 Juli 1976
Jenis Kelamin : Laki-laki
Instansi Pekerjaan : Pusfatsaiansa, LAPAN
NIP. / NIM. : 19650726 199110 01 001
Agama : Islam
Status Perkawinan : Nikah

DATA PENDIDIKAN

SLTA : SMA N 8 (SMPP 10) Yogyakarta Tahun: 1985
STRATA 1 (S.1) : Fisika UGM Tahun: 1990
STRATA 2 (S.2) : Fisika ITB Tahun: 2000
STRATA 3 (S.3) : Geodesi dan Geomatika ITB Tahun: 2009

ALAMAT

Alamat Rumah : Jl. SMP N 5 No 141 Cipageran Cimahi
Telp. - : HP. : 0812 2065 9942
Alamat Kantor / Instansi : Jl. DR. Junjuran 133 Bandung 40173
Telp. : 022-60126012. HP. : 0817 224 637
E-mail : mbuldan@yahoo.co.id