

PENGUKURAN POSISI DENGAN *PRECISE POINT POSITIONING* (PPP) GPS FREKUENSI TUNGGAL PADA BERBAGAI KONDISI IONOSFER DI DAERAH LINTANG RENDAH

Buldan Muslim, Asnawi Husin, dan Yoga Andrian
Pusat Sains Antariksa LAPAN
buldan.muslim@lapan.go.id

Abstrak

Tingkat gangguan ionosfer dapat diklasifikasikan menggunakan indeks W yang diturunkan dari data TEC global ionospheric map (GIM). Dalam skala indeks W, kondisi ionosfer dikelompokkan menjadi 4 kategori: tenang, aktif, menengah dan besar. Indeks gangguan ionosfer tersebut dirancang untuk pengguna GPS berdasarkan penyimpangan nilai TEC dari nilai TEC kondisi tenang. Tetapi belum diuji menggunakan data akurasi posisi GPS pada berbagai nilai indeks W sehingga belum dapat dijadikan pedoman operasional dalam penentuan posisi GPS. Makalah ini membahas hasil penelitian pengukuran posisi dengan metode *precise point positioning* GPS frekuensi tunggal di daerah lintang rendah pada beberapa kondisi ionosfer dalam skala W. Data GPS yang digunakan adalah dari pengamatan GPS di daerah lintang rendah yaitu stasiun NTUS Singapura. Sebagai pembandingan telah digunakan juga data GPS dari daerah lintang tengah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi aktivitas matahari masih tinggi untuk daerah lintang tengah indeks ionosfer W cukup membantu pengguna GPS frekuensi tunggal, tetapi untuk pengguna GPS di lintang rendah dan pada kondisi aktivitas matahari rendah, indeks tersebut belum dapat digunakan dengan baik. Oleh karena itu indeks gangguan ionosfer tersebut perlu dimodifikasi agar dapat digunakan secara konsisten baik pada saat aktivitas matahari tinggi maupun rendah. Selain itu pengelompokan nilai gangguan ionosfer ke dalam indeks W perlu disesuaikan berdasarkan tingkat simpangan posisi GPS dalam berbagai kondisi gangguan ionosfer.

Kata kunci: Gangguan ionosfer, indeks W, GPS, penentuan posisi.

Abstract

The level of ionospheric disturbances can be classified using the W index into 4 categories: quiet, active, moderate and strong. The ionospheric disturbances index is designed for GPS users based on the deviation value of the value of TEC from quiet value of TEC. But it has not been verified using GPS positioning accuracy data on various index values W so it can not be used as operational guidelines in GPS positioning. This paper discusses the results of research by the method of precise point positioning using single frequency at low latitudes and mid latitude region. GPS data used are from GPS observations at low latitude region (NTUS) and mid-latitude region (CRO1). The results showed that during high solar activity especially for mid-latitude regions, the ionospheric index W is enough to help single frequency GPS users, but for GPS users at low latitude region and in conditions of low solar activity, the W index can not be used properly. Therefore, the ionospheric disturbances index W have to be modified to be used consistently for and low solar activity. Besides, grouping value of ionospheric disturbances in the index W need to be adjusted based on the degree of deviation of GPS position in different conditions of ionospheric disturbances.

Keywords: Ionospheric disturbance, W index, GPS, positioning.

1. PENDAHULUAN

Ionosfer bervariasi dalam skala mulai detik, menit, jam, bulan sampai tahun. Secara umum variabilitas ionosfer tersebut terutama dipengaruhi oleh aktivitas matahari dan geomagnet. Untuk lintang rendah seperti Indonesia, ionosfer juga dipengaruhi cukup kuat oleh fenomena meteorologi seperti kejadian *equatorial spread F* (ESF) yang teramati dengan *ionosonde*, *field align irregularity* (FAI) yang diamati dengan radar VHF, dan *ionospheric bubble* yang teramati dengan *total electron content* dari

pengamatan *Global Positioning System* (TEC GPS) dari *charge coupled device* (CCD) imager. Ionosfer juga dapat berubah jika di bawahnya terjadi gempa bumi dan tsunami yang besar. Variabilitas ionosfer tersebut dapat mempengaruhi kinerja teknologi komunikasi dan navigasi yang menggunakan gelombang radio yang penjarannya harus menjalar melalui atau dipantulkan ionosfer.

Perilaku ionosfer dikenal dengan baik dengan kerapatan maksimum elektron ionosfer yang sebanding dengan frekuensi kritis lapisan F2 (foF2) atau TEC. TEC GPS merepresentasikan jumlah total kerapatan elektron sepanjang lintasan gelombang dari permukaan bumi sampai sekitar 3 kali radius bumi yang diukur dengan satelit GPS. Saat ini istilah TEC tidak hanya diturunkan dari GPS tetapi juga dari sistem penentuan posisi global berbasis satelit navigasi lainnya seperti GLONASS milik Rusia. Maka muncul istilah *TEC Global Navigation Satellite System* (GNSS). Sehingga istilah GNSS mencakup GPS, GLONASS dan sistem satelit navigasi lainnya. Pengamatan TEC diperlukan penting untuk navigasi, telekomunikasi melalui ionosfer, dan aplikasi navigasi. Hasil pengukuran TEC dipengaruhi oleh variasi kerapatan elektron ionosfer. Badai ionosfer merupakan gangguan paling penting dari sudut pandang dampaknya karena lamanya bisa sampai beberapa hari, pengaruhnya pada spektrum gelombang radio dan skalanya yang global. *Irregularitas* ionosfer menyebabkan efek intens seperti sintilasi dengan waktu hidup sekitar 2-3 jam dan terkait aplikasi yang penting untuk lintang tinggi dan rendah[1].

Indeks sintilasi ionosfer memberikan informasi yang dibutuhkan untuk peringatan tentang kemungkinan *degradasi* sinyal dan *lost of lock* sinyal GNSS dengan konsekuensi penurunan drastis ketelitian akurasi penentuan posisi GNSS. Sintilasi ionosfer ini dapat menyebabkan penurunan akurasi posisi GNSS. Tetapi waktu kejadian sintilasi ini terjadi relatif singkat dan untuk lintang rendah seperti Indonesia lebih banyak dipengaruhi oleh fenomena troposfer. Lapisan ionosfer biasanya naik setelah matahari terbenam menjadikan ionosfer semakin tidak stabil. Kenaikan lapisan tersebut semakin tinggi pada saat terjadi badai geomagnet yang besar, sehingga sintilasi ionosfer dapat terjadi dalam jangka waktu yang lama sampai beberapa jam. *Traveling ionospheric disturbances* (TID) sering dideteksi dengan TEC GPS dalam skala besar dan medium dengan amplitudo yang kecil (sekitar 10 persen) sehingga dampak TID tersebut pada komunikasi dan navigasi yang tidak membutuhkan akurasi yang tinggi bisa diabaikan. Tetapi untuk penentuan posisi presisi tinggi berbasis gelombang pembawa sinyal GNSS, TID mempengaruhi ketelitiannya secara signifikan dan tidak dapat diabaikan. TID juga berpengaruh pada aplikasi radar berbasis satelit - SAR[1].

Cuaca antariksa dikarakterisasikan dengan indeks matahari sebagai ukuran aktivitas matahari, indeks geomagnet sebagai ukuran perilaku magnetosfer dan indeks ionosfer sebagai ukuran perubahan kondisi ionosfer. Jaringan pengamatan GNSS memungkinkan digunakan untuk memonitor struktur ionosfer dua dimensi dengan resolusi spasial dan temporal yang relatif tinggi. Pengetahuan kondisi ionosfer terakhir dalam skala global termasuk krusial untuk penentuan posisi dimana pengamatan GPS dapat memberikan informasi ionosfer yang handal dan akurat. Operator telekomunikasi dan navigasi berbasis satelit membutuhkan informasi kondisi ionosfer apakah dalam keadaan tenang atau terganggu atau ada gangguan ionosfer jangka pendek terkait dengan gangguan matahari dan magnetosfer.

Penelitian indeks gangguan ionosfer telah menarik perhatian beberapa peneliti. Variansi TEC telah diusulkan sebagai indeks untuk mengukur tingkat gangguan ionosfer[2]. Indeks aktivitas ionosfer (AI indeks) telah dikenalkan yang menghubungkannya dengan indeks aktivitas geomagnet[3]. Perbedaan antara kondisi badai dan kejadian pada kondisi tenang telah didiskusikan[4]. Indeks gangguan ionosfer untuk penentuan posisi dengan teknik *Real Time Kinematic* (RTK), I95, juga telah dikembangkan[6] (Wanninger, 2004). Australia telah mengembangkan indeks gangguan ionosfer menggunakan *principal component analysis* (PCA)[7]. Indeks cuaca ionosfer W telah dikembangkan untuk membedakan kondisi ionosfer dan plasmafer mulai kondisi tenang sampai badai kuat meliputi badai negatif dan positif. Korelasi silang antara dua pengamatan ionosfer dengan ionosonde juga diteliti dalam kaitannya dengan kondisi ionosfer tenang sampai terganggu[8][9].

Indeks ionosfer W dapat dimanfaatkan untuk karakterisasi gangguan ionosfer yang tidak dapat dilihat langsung dari foF2 atau TEC. Indeks W memberikan informasi cepat daerah ionosfer terganggu dan juga kehandalan sinyal GNSS. Peta indeks W juga dapat dimanfaatkan user untuk penentuan satelit GNSS yang tidak perlu digunakan atau dapat digunakan untuk penentuan posisi GNSS[1].

Berdasarkan data TEC GIM, prosedur penentuan indeks ionosfer W telah dikembangkan dan p informasi indeks tersebut pada layanan cuaca antariksa Pusat Sainsa secara otomatis terupdate setiap hari. Informasi indeks W telah digunakan sebagai pedoman layanan prediksi tingkat kesalahan posisi berbasis satelit GNSS. Prediksi tingkat kesapahan posisi GNS dibagi menjadi 3 kategori: *slightly*, medium dan strom changes. Adapun indeks ionosfer W mengelompokkan tingkat gangguan ionosfer menjadi 4 tingkat. Walaupun indeks ionosfer W untuk pengguna GNSS telah digunakan sebagai dasar layanan informasi cuaca antariksa bagi pengguna GNSS, sampai sekarang belum ada verifikasi yang membuktikan pengelempokkan indeks gangguan ionosfer dengan pengelompokkan tingkat kesalahan posisi GNSS. Makalah ini merupakan hasil verifikasi hubungan indeks ionosfer W dengan tingkat kesalahan posisi GNSS.

2. METODOLOGI

Untuk indeks W telah digunakan data TEC dari model *Global Ionospheric Maps* (GIM) yang dikeluarkan oleh *Center for Orbit Determination in Europe* (CODE)[10]. Adapun data GPS yang digunakan untuk penentuan posisi adalah dari stasiun IGS di NTUS (Singapura) dan CRO1 (Amerika). Data GPS NTUS dan CRO1 dapat diperoleh dari *The Crustal Dynamics Data Information System* (CDDIS)[11]. Data Singapura digunakan untuk mewakili ionosfer lintang rendah dan data GPS Amerika dapat mewakili ionosfer lintang tengah.

Metodologi verifikasi indeks W untuk pengguna GNSS diuraikan dalam subbab-subbab di bawah ini.

2.1 Penentuan indeks W.

Perhitungan parameter indek gangguan ionosfer yaitu indeks W dengan rumus[1] (Stanislawka, 2015).

$$DTEC = \log(TEC/TECmed27) \quad (1)$$

Nilai gangguan ionosfer berdasarkan DTEC dari persamaan (1) dikelompokkan menjadi 4 kategori agar mudah digunakan oleh pengguna GNSS sebagaimana ditunjukkan Tabel 2-1.

Tabel 2-1. kondisi ionosfer dan nilai DTEC dan indeks W

No	Kondisi ionosfer	DTEC	W
1	<i>Quiet</i>	$DTEC < + 0,046 / DTEC > -0,046$	+/- 1
2	<i>Minor acitivity</i>	$+ 0,046 < DTEC < + 0,155 / -0,046 > DTEC > -0,15$	+/- 2
3	<i>Moderate activity (ionospheric storm)</i>	$+ 0,155 < DTEC < + 0,301 / -0,155 > DTEC > -0,301$	+/- 3
4	<i>Major activity (severe ionospheric storm)</i>	$DTEC > + 0,301 / DTEC < -0,301$	+/- 4

2.2 Penentuan posisi GNSS menggunakan metode *Precise Point Positioning* (PPP) Dengan koreksi ionosfer dan bias tropofer

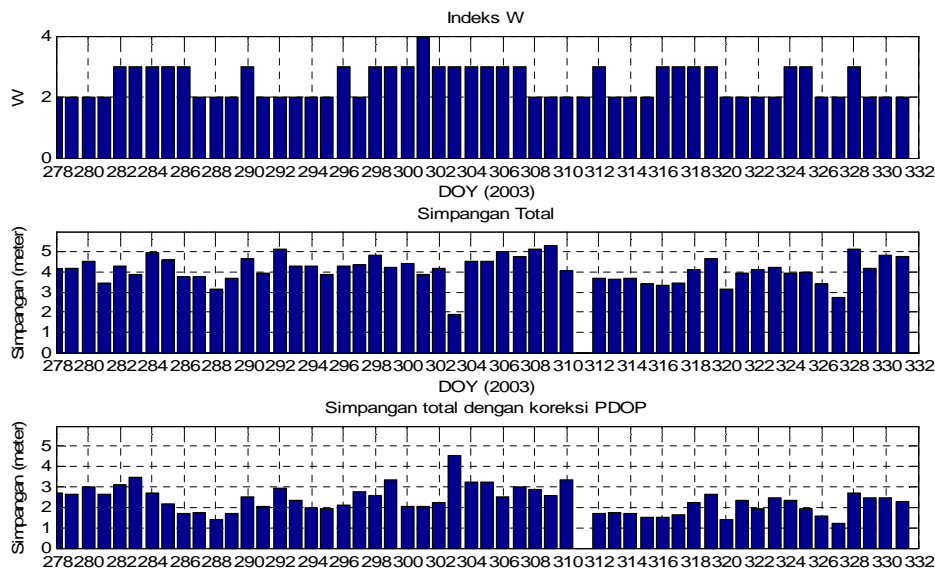
Pada penentuan posisi PPP ini telah digunakan *software* matlab. Data yang diperlukan untuk penentuan posisi ini adalah data pengamatan GPS dari stasiun NTUS, data orbit GPS dan data model Klobuchar yang terdapat pada data navigasi *real time* dengan nama *file* brdcdoyh.yyn.

Membandingkan pengelompokkan indek W dengan besar kesalahan posisi GPS metode PPP model Klobuchar setiap hari. dan menghitung nilai korelasinya dan analisis kesesuaian indeks W dengan *error* posisi GPS.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

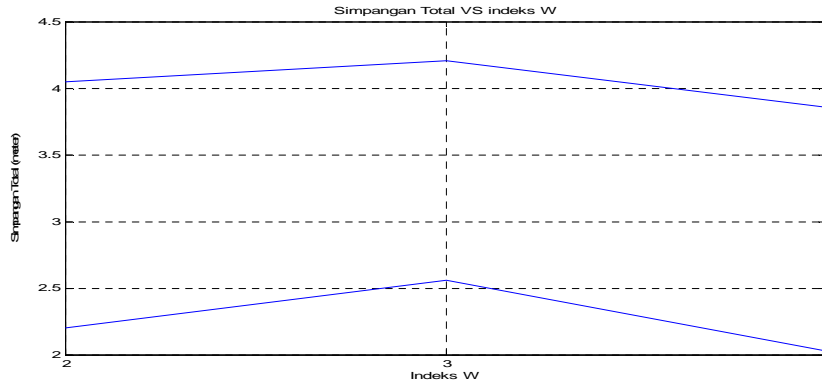
Indeks W dan simpangan posisi total estimasi posisi GPS metode absolut dengan koreksi model ionosfer Klobuchar diperlihatkan pada Gambar 3-1 untuk posisi GPS yang dihitung dari data GPS NTUS Singapura. Simpangan total adalah simpangan gabungan (resultan) dari simpangan posisi dalam koordinat ECEF (x,y,z) hasil perhitungan data GPS frekuensi L1 dari koordinat presisi stasiun GPS yang digunakan (NTUS dan CRO1). Dapat dilihat dari gambar tersebut, pada saat indeks W paling besar (hari ke 301) nilai simpangan posisi GPS tidak menunjukkan nilai terbesar baik simpangan total yang dipengaruhi geometri satelit yang disebut *Position Dillution Of Precision* (PDOP) atau yang sudah dikoreksi dengan geometri satelit yaitu tanpa PDOP (panel paling bawah). Untuk indeks W bernilai 3 diperoleh simpangan yang bervariasi cukup besar, demikian juga indeks W bernilai 2.

Adapun nilai korelasi antara indeks W dan simpangan posisi sebelum dikoreksi dengan PDOP hanya sebesar 0,09. Setelah dikoreksi dengan PDOP nilai korelasi naik menjadi 0,22. Hal ini menunjukkan bahwa indeks W rata-rata harian untuk lintang rendah belum sesuai dengan kebutuhan pengguna karena hanya berkorelasi kurang dari 0,6. Ketidaksesuaian bagi pengguna GPS bisa disebabkan oleh pengelompokan nilai tingkat gangguan berdasarkan indeks W. Seperti pada indeks W bernilai 3 tetapi simpangan posisi bervariasi dari 2,0 sampai 5,2 (tanpa koreksi PDOP) dan dari 1,5 sampai 4,5 meter (dengan koreksi PDOP). Disini pengelompokan indeks W dengan nilai 3 untuk nilai log (TEC/TECmed27) seperti pada Tabel 3-1 dalam rentang $+ 0,155 < DTEC < + 0,301$ terlalu lebar. Untuk indeks W dengan nilai 2 tingkat simpangan posisi bervariasi antara 2,8 sampai 5,2 (tanpa koreksi PDOP) dan 1,4 sampai 3,2 (dengan koreksi PDOP).



Gambar 3-1. Indeks W dari TEC GIM untuk lokasi di atas koordonat stasiun NTUS Singapura (paling atas), simpangan total sebelum koreksi PDOP (tengah) dan simpangan total setelah koreksi PDOP (palng bawah)

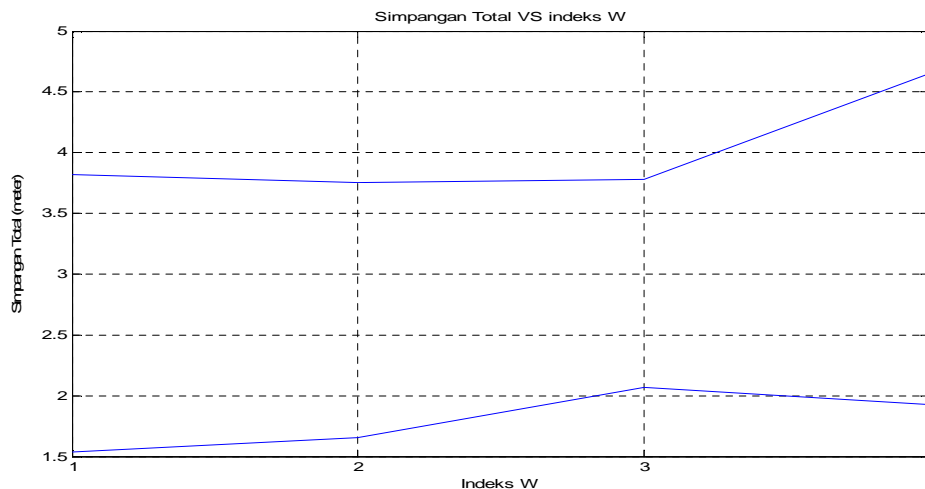
Adapun nilai rata-rata simpangan total posisi GPS stasiun NTUS pada indeks W yang sama ditunjukkan pada Gambar 3-2.



Gambar 3-2. Rata-rata simpangan total yang dikelompokkan berdasarkan nilai indeks W tanpa koreksi PDOP (grafik atas) dan dengan koreksi PDOP (grafik bawah) untuk stasiun NTUS

Dari Gambar 3-2 dapat diketahui bahwa korelasi indeks W dan simpangan total posisi GPS tidak sebesar sebagaimana yang diharapkan. Seharusnya pada indeks W terbesar yaitu 4, simpangan total posisi GPS juga terbesar. Tetapi hal itu tidak terbukti karena justru pada indeks W bernilai 4 simpangan total posisi nilainya terendah pada dua kasus yaitu untuk simpangan total tanpa koreksi PDOP (grafik atas) dan dengan koreksi PDOP (grafik bawah).

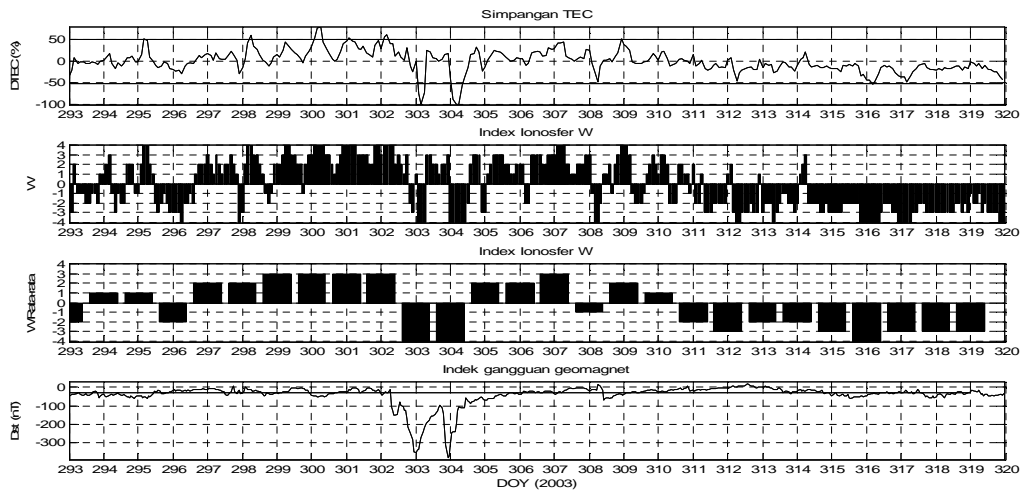
Untuk stasiun CRO1 hubungan simpangan total dengan indeks W ditunjukkan pada Gambar 3-3. Grafik bagian atas untuk simpangan total sebelum koreksi faktor geometri PDOP adapun grafik bagian bawah Gambar 3-3 mewakili hubungan simpangan total setelah faktor PDOP dihilangkan. Dari Gambar 3-3 tersebut diketahui jika dibandingkan dengan simpangan total posisi GPS NTUS simpangan total CRO1 memiliki pola yang lebih konsisten dengan indeks W. Kecuali untuk nilai W 4 (dengan koreksi PDOP) dan 1 (tanpa koreksi PDOP). Maka untuk kasus di daerah lintang tengah indeks W dan simpangan posisi total GPS lebih baik dibanding dengan hubungan kedua parameter tersebut untuk lintang rendah.



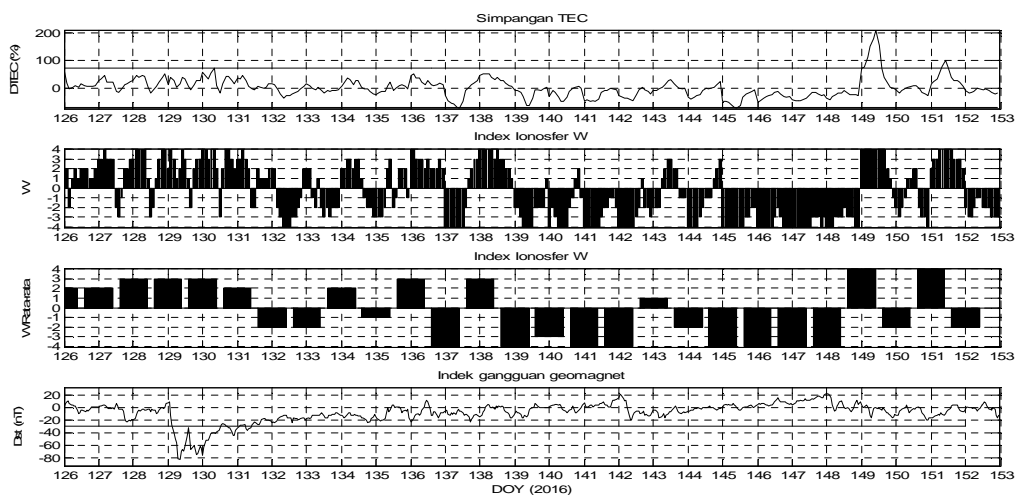
Gambar 3-3. Rata-rata simpangan total yang dikelompokkan berdasarkan nilai indeks W tanpa koreksi PDOP (grafik atas) dan dengan koreksi PDOP (grafik bawah) untuk stasiun CRO1.

Selain dengan simpangan posisi GPS, indeks W perlu diverifikasi konsistensinya dalam mempresentasikan gangguan ionosfer sepanjang siklus meliputi kondisi siklus minimum atau rendah sampai maksimum atau tinggi. Indeks W pada kondisi aktivitas matahari rendah ditunjukkan pada Gambar 3-4. Dari Gambar 3-4 (b) diketahui bahwa indeks W pada tahun 2016 dengan *Day of Year* (DOY) 126-153 variabilitas indeks W cukup besar. Ada beberapa hari dengan indeks W bernilai 4 atau -4 padahal tidak ada badai ionosfer. Sebaliknya pada saat aktivitas matahari masih tinggi seperti

diperlihatkan pada Gambar 3-4 (a) pada tahun 2003 dari doy 293 - 320 nilai indeks W tidak banyak yang bernilai 4 atau -4 padahal ada gangguan ionosfer yang sangat besar di mana terjadi penurunan TEC sampai lebih dari 50 %. Hal tersebut menunjukkan bahwa indeks W belum konsisten menggambarkan tingkat gangguan yang sesuai pada semua kondisi siklus aktivitas matahari yang disebabkan adanya variasi jangka panjang ionosfer. Pada saat aktivitas matahari mendekati minimum nilai TEC bernilai kurang dari 30 TECU walaupun siang hari. Jika ada perubahan sebesar 10 TECU maka telah terjadi perubahan yang besarnya sekitar 1/3 dari kondisi normalnya. Tetapi perubahan TEC sebesar 10 TECU jika terjadi pada saat aktivitas matahari tinggi dengan TEC sebesar 100 TECU maka hanya terjadi perubahan sebesar 1/10 dari TEC kondisi normal. Maka dari itu indeks W yang didasarkan pada nilai TEC normal dalam 27 hari perlu dimodifikasi sedemikian rupa sehingga tetap konsisten menggambarkan tingkat gangguan baik selama siklus aktivitas matahari tinggi maupun rendah. Salah satu caranya adanya dengan normalisasi TEC sebelum dilakukan perhitungan indeks gangguan.



(a)



(b)

Gambar 3-4. Indeks W (panel ke 2 dan 3) pada saat aktivitas matahari masih tinggi tahun 2003 (a) dan pada saat aktivitas matahari sudah menurun tahun 2016 (b)

4. KESIMPULAN

Dari hasil verifikasi indeks ionosfer W dengan membandingkan indeks W dengan simpangan posisi GPS metode absolut dengan koreksi ionosfer model Klobuchar diperoleh kesimpulan bahwa indeks ionosfer W belum sepenuhnya merepresentasikan tingkat perubahan kesalahan posisi secara baik khususnya untuk daerah lintang rendah. Selain itu indeks W tidak konsisten jika diterapkan pada kondisi aktivitas matahari rendah dengan nilai TEC yang rendah (kurang dari 30 TECU) karena dapat menghasilkan estimasi indeks W yang tinggi karena faktor pembagi yang kecil yang berbeda dengan kondisi aktivitas matahari tinggi dengan nilai TEC sekitar 100 TECU.

Maka dari itu kriteria tingkat gangguan ionosfer dengan indeks W masih perlu dimodifikasi dalam pengelompokan tingkat gangguan ionosfer dalam skala W yang dihubungkan dengan tingkat perubahan posisi GPS dari kondisi normal. Selain itu perlu dilakukan normalisasi nilai TEC sebelum digunakan untuk penentuan indeks gangguan ionosfer untuk pengguna GNSS sehingga berlaku secara konsisten selama satu siklus aktivitas matahari.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan terimakasih kepada NASA yang telah menyediakan data GNSS secara *online* melalui *The Crustal Dynamics Data Information System (CDDIS)* sehingga kami dapat menggunakannya untuk penelitian ini. Penulis juga berterimakasih kepada *Astronomical Institute, University of Bern* yang telah mempublikasikan data TEC dalam bentuk *Global Ionospheric Maps (GIM)* yang digunakan untuk penurunan indeks W pada penelitian ini.

PERNYATAAN PENULIS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa seluruh isi menjadi tanggungjawab penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Stanislawski, I., and T. Gulyaeva, 2015, *Ionospheric W Index Based on GNSS TEC in the Operational Use for Navigation Systems, Chapter 7, Satellite Positioning - Methods, Models and Applications*, book, Intech.
- 2) Jakowski, N., Stankov, S. M. , 2006, Schlueter, S., and Klaehn, D.: *On developing a new ionospheric perturbation index for space weather operations*, *Adv. Space Res.*, 38, 2596–2600.
- 3) Mielich, J., and Bremer, J., 2010. *A modified index for the description of the ionospheric short and long-term activity*, *Ann. Geophys.*, 28(12), 2227-2233, doi: 10.5194/angeo-28-2227-2010.
- 4) Mikhailov, A. V., Depueva, A. H., and Depuev, V. H. , 2007, *Daytime F2-layer negative storm effect: what is the difference between storm-induced and Q-disturbance events?* *Ann. Geophys.*, 25, 1531–1541.
- 5) Mukhtarov, P., Andonov, B., and Pancheva, D., 2013, *Global empirical model of TEC response to geomagnetic activity*, *J. Geophys. Res., Space Phys.*, 118, 6666-6685, doi: 10.1002/jgra.50576.
- 6) Wanninger, L., *Ionospheric Disturbances Index for RTK and Network, RTK Positioning, Proc. ION GNSS, Long Beach, CA, 2004.* Wolf, P. R., 1983, *Element of Photogrammetry*, Second Edition, McGraw Hill Book Company, New York.

- 7) Bouya Z., M. Terkildsen, M. Francis, D. Neudegg, R. Marshall, 2012, *Australian Regional Ionospheric Disturbance Index Based on the Principal Component Analysis and GPS Data*, AOSWA, AOGS.
- 8) Gulyaeva, T.L. and Stanislawska, I., 2008, *Derivation of a planetary ionospheric storm index* *Annales Geophysicae*, 26(9), 2645-2648.
- 9) Gulyaeva, T.L. and Stanislawska, I., 2010, *Magnetosphere associated storms and autonomous storms in the ionosphere-plasmasphere environment* *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*, 72, 90-96, doi:10.1016/j.jastp.2009.10.012. Dach, R., S. Schaer, D. Arnold, E. Orliac, L. Prange, A. Susnik,
- 10) A. Villiger, A. Jaeggi, 2016, *CODE final product series for the IGS. Published by Astronomical Institute, University of Bern*. URL: <http://www.aiub.unibe.ch/download/CODE>; DOI: 10.7892/boris.75876.
- 11) *Crustal Dynamics Data Information System (CDDIS)*, 2016, International GNSS Service, Daily 30-second observation data. Available on-line
- 12) [http://cddis.gsfc.nasa.gov/Data_and_Derived_Products/GNSS/daily_gnss_o.html] from NASA EOSDIS CDDIS DAAC, Greenbelt, MD, U.S.A. Accessed January 10, 2016. Subset obtained: time period: 2003-10-01 to 2003-11-31. doi:10.5067/GNSS/gnss_daily_o_001.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS

DATA UMUM

Nama Lengkap : Dr. Buldan Muslim
Tempat &Tgl. Lahir : Yogyakarta, 26 Juli 1965
Jenis Kelamin : laki-laki
Instansi Pekerjaan : LAPAN
NIP. / NIM. : 19650726 199110 1 001
Pangkat / Gol.Ruang : Pembina Utama Muda IVc
Jabatan Dalam Pekerjaan : Peneliti Utama
Agama : Islam
Status Perkawinan : Kawin

DATA PENDIDIKAN

SLTA : SMA N 8 Yogyakarta Tahun: 1985
STRATA 1 (S.1) : Fisika UGM Tahun: 1991
STRATA 2 (S.2) : Fisika ITB Tahun: 2000
STRATA 3 (S.3) : Geodesi dan Geomatika ITB Tahun: 2009

ALAMAT

Alamat Kantor / Instansi : Jl Dr. Junjuran 133 Bandung 40173
HP. : 082120082320
Telp. :
Email : mbuldan@gmail.com / buldan.muslim@lapan.go.id

RIWAYAT SINGKAT PENULIS

DR. Buldan Mulsim, M.Si, lahir di kota Yogyakarta pada hari Senin tanggal 26 Juli 1965 bekerja sebagai pegawai negeri sipil di lingkungan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), masuk mulai tahun 1991, menjadi salah satu Peneliti di satuan kerja Pusat Sains Antariksa di Bandung dengan kepakaran Fisika Ionosfer dan Magnetosfer.