

# Verifikasi Dan Modifikasi Model Total Electron Content Ionosfer INTIM-1

Bambang Suhandi, Effendi, Asnawi, Nolly AH., Nana S.  
Bidang Ionosfer dan Telekomunikasi, Pusfat Sainsa, LAPAN

## ABSTRACT

TEC model for Indonesian ionosphere is an empirical model designed through The Indonesia - Germany cooperation executed since 1997. INTIM-1 ( Indonesia Neustrelitz TEC Ionosfer Model-1 ) is a software to calculate ionospheric TEC special for Indonesian region. The validation for the INTIM-1 model has been conducted but the results are not accurate with deviation of about 50% so that the model should be modified. In the investigation INTIM-1 has been verified and modified to be INTIM-2. The results are relatively more accurate which can be seen from the increase of the correlation coefficient between observed and model TEC data. If the INTIM-1 is used the correlation coefficient is 0.45, while INTIM-2 gives about 0,82.

## ABSTRAK

Model TEC( Total Electron Content) ionosfer Indonesia adalah suatu model empirik yang berawal dari kerjasama dengan Jerman sejak tahun 1997. INTIM-1 ( Indonesia Neustrelitz TEC Ionosfer Model-1 ) merupakan perangkat lunak pendukung untuk mengolah data ionosfer dalam menghitung TEC ionosfer khusus wilayah Indonesia. Validasi Model INTIM-1 telah dilakukan namun masih memberikan hasil yang kurang akurat dengan simpangan sekitar 50% sehingga perlu dilakukan modifikasi model. Pada penelitian ini telah dilakukan verifikasi INTIM-1 dan dimodifikasi menjadi INTIM-2. Hasil yang diperoleh relatif lebih akurat yang ditunjukkan oleh meningkatnya koefisien korelasi antara data TEC model dengan data TEC pengamatan. Bila menggunakan INTIM-1 koefisien korelasinya 0,45 sedangkan dengan INTIM-2 koefisien korelasinya sekitar 0,82

## 1. PENDAHULUAN

Struktur fisis ionosfer pada daerah ekuator demikian kompleks sehingga memunculkan banyak model ionosfer yang bersifat global. Model ionosfer dikembangkan untuk mengenali perilaku TEC (Total Electron Content) ionosfer yang diperlukan dalam meningkatkan akurasi penentuan posisi menggunakan satelit GPS (Global Positioning System). Pada sinyal GPS yang dipancarkan dari satelit ke penerima melewati medium ionosfer terdapat kesalahan dan bias ionosfer pada data yang diterima, terutama bagi pengguna GPS frekuensi tunggal (Single frequency) yang mengakibatkan kesalahan 5 meter sampai dengan 150 meter (Wubbena, 1991). Model INTIM-1 (Indonesia Neustrelitz TEC Ionosfer Model 1) adalah model TEC yang dikembangkan LAPAN bekerjasama

dengan Jerman menggunakan data empirik. Kerjasama ini diperlukan karena LAPAN masih terlalu minim dalam kelengkapan data TEC ionosfer ekuator. Indonesia mempunyai tiga stasiun pengamat TEC yaitu Tanjungsari, Bandung, dan Parepare, sedangkan Jerman sendiri menggunakan 20 stasiun pengamat TEC secara *real time* dalam membangun sistem modelnya.

Validasi Model INTIM-1 telah dilakukan sebelumnya, memberikan hasil kurang akurat dengan simpangan sekitar 50% (Effendi et al., 1999). Hal ini mendorong penulis untuk melakukan penelitian lanjutan tentang model. Pada penelitian ini akan dilakukan verifikasi dan modifikasi model INTIM-1 untuk menentukan besarnya TEC seluruh wilayah Indonesia atau wilayah tertentu di Indonesia.

## 2. MODEL IONOSFER

Model ionosfer terdiri dari model empirik dan model fisis. Model empirik diturunkan dari data empirik ionosfer sedangkan model fisis diturunkan dari prinsip-prinsip fisika terutama mengenai mekanisme pembentukan elektron di ionosfer. Namun, model fisis yang telah dikembangkan belum ada yang baik untuk digunakan secara langsung dalam penentuan rata-rata bulanan TEC dalam kaitannya dengan koreksi bagi pengguna GPS, bahkan untuk variabilitas harian TEC secara tepat belum bisa dimodelkan sampai saat ini (Klobuchar, 1991). Kerumitan yang dihadapi adalah karena fluktuasi data teramati dalam orde nanodetik sehingga memerlukan perhitungan komputer yang berpresisi tinggi.

Macam-macam model empirik yang sudah dikenal seperti model Bent, model IRI, Model Klobuchar bersifat global sedangkan model INTIM-1 diterapkan khusus untuk regional Indonesia. Perangkat lunak INTIM-1 disusun dalam bahasa fortran dengan parameter model terdiri dari parameter ionosfer, parameter aktivitas matahari diwakili oleh fluks 10.7, lintang geomagnet titik subionosfer, lokasi, dan waktu. Untuk parameter ionosfer diwakili oleh 60 koefisien ionosfer ekuator yang diperoleh dari perhitungan interpolasi linier data TEC mencakup wilayah ekuator ionosfer hasil pengamatan secara simultan 20 penerima GPS selama beberapa tahun. Pada tahap pertama wilayah Indonesia terbagi dalam 16x17 kerangka grid, meliputi secara horisontal terentang dari 17.5° U-20° S dan secara vertikal membujur dari 90° BT- 170° BT. Jadi interval grid untuk lintang dan bujur adalah masing-masing 2,5° dan 5°.

## 3. DATA DAN PENGOLAHAN DATA

Data TEC pengamatan diperoleh dari penerima GPS frekuensi ganda (Dual

frequency) yang berlokasi di Bandung tahun 1999 sedangkan data TEC perhitungan diperoleh berdasarkan model INTIM-1 yang dikembangkan. Masukan data terdiri dari data tanggal, fluks 10.7 dan waktu, sedangkan untuk lokasi geografi dan lintang geomagnet subionosfer setiap grid serta 60 koefisien ionosfer sudah tersedia dalam listing program INTIM-1. Untuk data Fluks 10.7 diperoleh dari internet ([http://www.drao.nrc.ca/icarus/www/sol\\_home.shtm/](http://www.drao.nrc.ca/icarus/www/sol_home.shtm/)).

Running pemograman menggunakan compiler Fortran Visual Workbench, keluarannya tersimpan dalam bentuk file teks. Analisis terutama menghitung koefisien korelasi dan plot gambar menggunakan Microsoft Excell.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Keluaran INTIM-1 memberikan 16x17 kerangka grid mencakup wilayah seluruh Indonesia. Besar TEC untuk setiap daerah (2.5° x 5° kerangka grid) mewakili luas sekitar 1000 km<sup>2</sup> pada waktu tertentu. Sedangkan keluaran INTIM-2 selain menghasilkan TEC seluruh Indonesia juga menghitung TEC khusus sekitar Bandung (6°53'40" S, 107°35'13" T) setiap jam.

Prinsipnya verifikasi model diarahkan pada penyempurnaan model agar lebih mudah penggunaannya (friendly user) dan lebih baik lagi bila dapat mengoreksi kesalahan model supaya lebih akurat. Pada perangkat lunak INTIM-1 ditemukan kesalahan perhitungan Julian-days yang semestinya dimulai 453 SM tetapi dimulai dengan 1900 M. Selanjutnya kami coba perbaiki memberikan hasil yang cukup berarti ditunjukkan dengan meningkatnya besarnya koefisien korelasinya. Kemudian untuk membedakan dengan model sebelumnya dengan perubahan subroutin Julian-days INTIM-1 diserikan dengan nama INTIM-2. (Tabel 4-1)

Tabel 4-1: LISTING PROGRAM SUBROUTINE JULIAN-DAYS INTIM-1 DAN INTIM-2

INTIM 1	INTIM2
SUBROUTINE JUL(ND,NM,NJ,EJNL,IDAY)	SUBROUTINE JUL(ND,NM,NJ,EJNL,IDAY)
IF(NJ.GT.1900) NJ=NJ-1900	IF(NJ.GT.1900) NJ=NJ-1900
MM=NM	MM=NM
EJ=NJ	EJ=NJ
IF(MM-2)15,15,12	IF(MM-2)15,15,12
15 MM=MM+9	15 MM=MM+9
EJ=1461.*EJ/4	EJ=1461.*EJ/4
MJ=IFIX(EJ)	MJ=IFIX(EJ)
J=(153*MM+2)/5 + ND	J=(153*MM+2)/5 + ND
K=(1530.+2)/5	K=(1530.+2)/5
IDAY = FLOAT(J) - FLOAT(K) + FLOAT(MJ)	IDAY=FLOAT(J)-FLOAT(K)+ FLOAT(MJ)+859433
GO TO 13	GO TO 13
12 MM=MM+7	12 MM=MM+7
EJ=1461.*EJ/4	EJ=1461.*EJ/4
MJ=IFIX(EJ)	MJ=IFIX(EJ)
J=(153*MM+2)/5	J=(153*MM+2)/5
K=(1530.+2)/5	K=(1530.+2)/5
IDAY = FLOAT(J) - FLOAT(K) + ND +59 + +	IDAY = FLOAT (J) - FLOAT (K) + ND + 59 +
FLOAT(MJ)	+ FLOAT(MJ) + 2415020
EJNL = IDAY*1	EJNL = IDAY*1
13 RETURN	13 RETURN
END	END

Saat ini ruang lingkup penelitian difokuskan untuk perilaku TEC di Bandung saja yang mempunyai penerima GPS frekuensi ganda untuk kemudian dibandingkan dengan hasil model. Kelebihan penerima frekuensi ganda adalah kesalahan jarak orde pertama akibat ionosfer sudah dapat diabaikan sehingga apabila pendekatan model sudah baik maka model tersebut dapat mengoreksi kesalahan jarak bagi pengguna GPS frekuensi tunggal, lebih jauh lagi dapat sebagai pengkalibrasi TEC meter lainnya.

Hasil yang telah diperoleh selain memperbaiki subroutine penentuan, Julian-days juga memodifikasi format keluarannya yang sebelumnya disusun dalam bentuk matriks lintang terhadap bujur diubah menjadi bujur terhadap lintang untuk memudahkan dalam pembuatan kontur. Pada Gambar 4-1 sampai dengan Gambar 4-4 diperlihatkan plotting data TEC hasil running program

INTIM-1 dan INTIM-2 dibandingkan dengan data TEC pengamatan selama bulan Januari 1999. Plot median harian dan median jam juga ditampilkan untuk melihat diantara keduanya yang terbaik untuk menaksir median bulanan TEC.

Pada Gambar 4-2 tampak terdapat selisih rata-rata 40 TECU (TEC Unit=  $10^{16}$  elektron/m<sup>2</sup>) antara hasil perhitungan dan hasil pengamatan namun mempunyai pola yang hampir sama yang berkorelasi 0,82, ini mengindikasikan pemodelan INTIM-2 cukup akurat. Dibandingkan dengan hasil yang dikeluarkan INTIM-1 hanya berkorelasi 0,45 (Gambar 4-4). Selanjutnya selisih yang terjadi dapat dijadikan acuan untuk ditambahkan ke dalam persamaan fisisnya pada algoritma pemrograman INTIM-2.

Perbandingan antara hasil median harian dan median jam TEC berbeda cukup besar baik yang diperoleh INTIM-1 juga INTIM-2. Perhitungan dengan INTIM-2 memberikan korelasi 0,82 untuk

median jam TEC (Gambar 4-2) sementara itu hanya 0,18 pada median hariannya (Gambar 4-1). Begitu pula hasil dari INTIM-1 memperlihatkan median jam TEC memberikan hasil lebih baik dibandingkan dengan median TEC harian yaitu koefisien korelasinya 0,45 (Gambar 4-4) dan koefisien korelasi 0,25 (Gambar 4-3). Dengan demikian untuk prediksi model bulanan TEC sebaiknya dilakukan pada median jam daripada median harian dalam satu bulan. Variasi TEC karena perubahan azimut posisi matahari harian lebih dapat diperkirakan daripada variasi TEC karena perubahan lintang-lintang matahari sepanjang tahun.

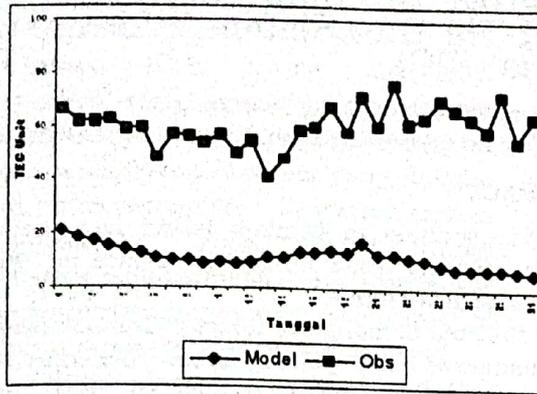
## 5. KESIMPULAN

Makalah ini membahas hasil verifikasi INTIM-1 dan modifikasi menjadi INTIM-2 sebagai perkembangan model sebelumnya. Hasil yang diperoleh dengan modifikasi INTIM-1 menjadi INTIM-2 relatif lebih akurat ditunjukkan oleh meningkatnya koefisien korelasi antara

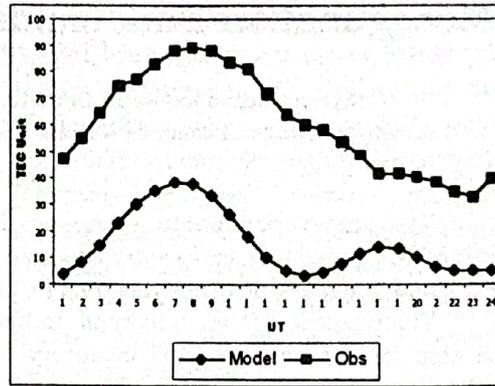
data TEC pengamatan dengan data TEC model. Bila menggunakan INTIM-1 koefisien korelasinya 0,45 sedangkan dengan INTIM-2 koefisien korelasinya sekitar 0,82. Median jam TEC lebih baik daripada median harian TEC dalam menaksir median bulanan TEC-nya.

## DAFTAR RUJUKAN

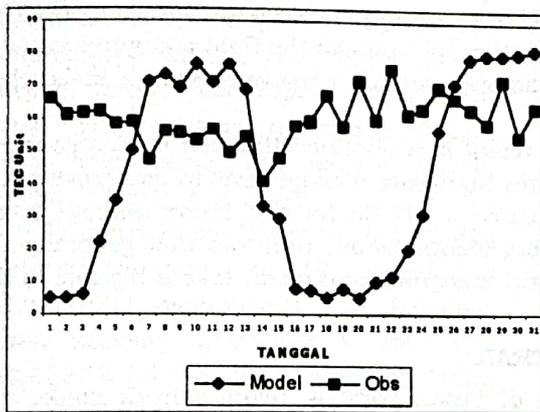
- Bilitza, D; Rawer, K; Grun, E., 1994, " *Ionospheric Models* ", Advances in Space Research, Vol 14-, No 12, hlm. 17-25
- Effendi ; Kurniawan, A.; Nurul Falah, H, 1999, *Model Total Electron Content Indonesia*, belum diterbitkan.
- Klobuchar, J. A. ,1991, *Ionospheric Effects on GPS*, GPS World, hlm. 499-507.
- Wang , Y.J. 1995, *Monitoring Ionospheric TEC Using GPS*, IPS Radio And Space Service.
- Wubben, G.,1991, *Zur Modellierung von GPS Beobachtungen fur die Hochgenaue Positiosbestimmung*, Wiss.Arb. Univ. Hannover, Nr. 168.



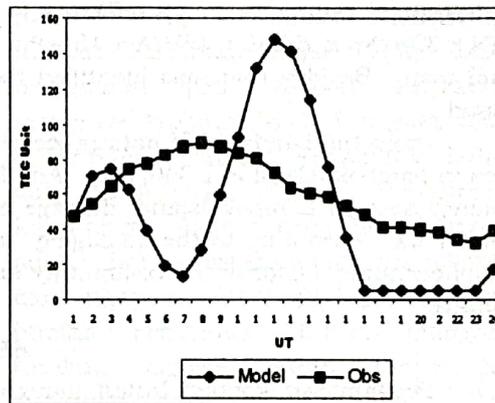
Gambar 4-1:Plot TEC Median Harian di Bandung Januari 1999 (INTIM-2)



Gambar 4-2:Plot TEC Median Jam di Bandung Januari 1999 (INTIM-2)



Gambar 4-3:Plot TEC Median Harian di Bandung Januari 1999 (INTIM-1)



Gambar 4-4:Plot TEC Median Jam di Bandung Januari 1999 (INTIM-2)