

FREKUENSI KRITIS LAPISAN F2 DI ATAS KUPANG: PERBANDINGAN DATA DENGAN MODEL THE INTERNATIONAL REFERENCE IONOSPHERE (IRI) (KUPANG F2 LAYER CRITICAL FREQUENCY: DATA COMPARISON WITH THE INTERNATIONAL REFERENCE IONOSPHERE (IRI) MODEL)

Sri Suhartini*)¹, Irvan Fajar Syidik*), Annis Mardiani), Dadang Nurmali**)**

***) Peneliti Bidang Iontelkom Pussainsa LAPAN**

*****) Litkayasa Bidang Iontelkom Pussainsa LAPAN**

¹e-mail: srilpnbdg@yahoo.com

ABSTRACT

T index of south-central region of Indonesia is required to complete the local T index in Indonesia. Observations of the ionosphere in Kupang using CADI ionosonda started in early 2013. Derivation of the T index in Kupang required additional data; therefore the data will be assimilated with the foF2 Kupang ionosphere model results. Analysis conducted on a monthly median foF2 from February to October 2013 both the observations and the IRI 2012 model results. The results show that the use of standard time UT +8 to Kupang not fit. For 9 months of data analyzed, IRI's foF2 rose early in Kupang than foF2 data at 5:00 am. By changing the default time becomes UT +9 daily variation patterns obtained from foF2 data and IRI models are more appropriate. Monthly median foF2 observations and IRI calculation showed the difference of -50% ~ 25%. Analysis of the daily foF2 in the 17 quiet magnetically days showed deviations of foF2 from daily observation result and IRI is much larger (-75% ~ 50%), compared to the median monthly. This means that the IRI models error is larger when used for daily data. In general, both the median foF2 and daily foF2 observations smaller than the IRI calculation results.

Keywords: foF2, Data assimilation, IRI model, Monthly median, Daily data

ABSTRAK

Untuk melengkapi indeks T lokal di wilayah Indonesia, diperlukan indeks T dari wilayah Indonesia tengah bagian selatan. Pengamatan ionosfer di Kupang menggunakan ionosonda CADI baru dimulai awal tahun 2013. Untuk menurunkan indeks T di Kupang diperlukan data tambahan, oleh karena itu data foF2 Kupang akan diasimilasikan dengan hasil model ionosfer. Analisis dilakukan pada median bulanan foF2 bulan Februari sampai Oktober 2013 baik hasil pengamatan maupun hasil model IRI tahun 2012. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan standar waktu UT+8 untuk Kupang tidak cocok. Pada 9 bulan data yang dianalisis foF2 IRI naik lebih awal pada pukul 5:00 pagi waktu Kupang dibandingkan foF2 data. Dengan merubah standar waktu menjadi UT+9 diperoleh pola variasi harian foF2 data dan model IRI yang lebih sesuai. Median bulanan foF2 hasil pengamatan dan hasil perhitungan IRI menunjukkan selisih sebesar -50% ~ 25%. Analisis terhadap foF2 harian pada 17 hari geomagnet tenang menunjukkan simpangan foF2 hasil pengamatan terhadap hasil IRI harian jauh lebih besar (-75% ~ 50%), dibandingkan median bulannya. Ini berarti bahwa kesalahan perhitungan model IRI lebih besar apabila digunakan untuk data harian. Secara umum baik median foF2 maupun foF2 harian hasil pengamatan lebih kecil dibandingkan hasil perhitungan IRI.

Kata Kunci: foF2, Asimilasi data, Model IRI, Median bulanan, Data harian

1 PENDAHULUAN

Indeks ionosfer (indeks T) diturunkan dari hubungan linier antara foF2 dengan bilangan sunspot (R12). Untuk memperoleh koefisien persamaan linier antara foF2 dan R12 digunakan nilai median bulanan jam-an foF2 (Turner, 1968, Caruana, 1989), yang meliputi semua kondisi aktivitas matahari. Untuk Indonesia, telah diturunkan persamaan linier untuk lokasi Sumedang (6,54° LS, 107,55° BT), menggunakan data pengamatan ionosfer di lokasi tersebut dari tahun 1997 – 2013, dan Biak (1,38° LS, 135,98° BT), menggunakan data pengamatan di Biak tahun 2005-2012, yang diasimilasi dengan data dari Vanimo dari tahun 1975 – 2004 (Suhartini, 2013). Untuk melengkapi indeks T lokal di wilayah Indonesia, diperlukan indeks T dari lokasi lain, diantaranya adalah wilayah Indonesia tengah bagian selatan. Pengamatan ionosfer di Kupang (10,17 LS, 123,58BT) baru dimulai awal tahun 2013, dengan dipasangnya ionosonda CADI, dalam rangka kerjasama antara LAPAN dengan Universitas Nusa Cendana. Data yang diperoleh masih sangat sedikit dan belum mencakup semua tingkat aktivitas matahari. Untuk menurunkan indeks T di Kupang diperlukan data tambahan, oleh karena itu data foF2 Kupang akan diasimilasikan dengan hasil model ionosfer.

Model *the International Reference Ionosphere* (IRI) adalah model yang telah banyak diakui dan direkomendasikan sebagai standar untuk parameter-parameter ionosfer bumi secara internasional. IRI adalah model empiris yang dibangun menggunakan data dari berbagai sumber. Salah satu keluaran dari model ini adalah foF2 jam-an harian. Pada awalnya model global foF2 diturunkan menggunakan data jam-an foF2 dari 85 stasiun di seluruh dunia antara tahun 1995-2005 dan beberapa stasiun dari tahun 1976 - 1986. Dalam

pengembangan model selanjutnya digunakan data dari berbagai sumber yang tersimpan di *World Data Center* (Bilitza et al, 2010).

Perbandingan foF2 hasil pengamatan menggunakan ionosonda vertikal dan *oblique* dan hasil model IRI 2001 untuk lintang tinggi telah dilakukan oleh beberapa peneliti dari Rusia. Hasilnya adalah bahwa foF2 yang diturunkan dari ionogram *oblique* untuk berbagai jarak dan arah, hasil pengamatan menggunakan ionosonde vertikal dan hasil perhitungan model IRI menunjukkan kesesuaian yang cukup baik (Kim et al, 2007). Untuk wilayah Indonesia, khususnya Kupang, perbandingan seperti ini belum pernah dilakukan.

Makalah ini membahas perbandingan antara foF2 hasil pengamatan dengan hasil model IRI 2012 untuk wilayah Kupang.

2 DATA DAN PENGOLAHANNYA

Pengamatan ionosfer di Kupang (10,17 LS, 123,58BT) menggunakan ionosonda CADI telah dilakukan sejak awal tahun 2013. Pengambilan data dilakukan setiap 15 menit, data hasil pengamatan adalah ionogram yang merupakan plot frekuensi yang dikembalikan oleh ionosfer sebagai fungsi ketinggian. Pengolahan data (*scaling*) dilakukan oleh tim pengolah data ionosfer di Bidang Ionosfer dan Telekomunikasi Pusat Sains Antariksa untuk mendapatkan 14 parameter ionosfer yang terdiri dari frekuensi minimum, frekuensi kritis dan ketinggian setiap lapisan ionosfer. Pengolahan data standar dilakukan untuk ionogram hasil pengamatan setiap jam (jam 00:00, 01:00 23:00).

Data yang digunakan dalam makalah ini adalah foF2 dari stasiun ionosonda Kupang bulan Februari – Oktober 2013. Untuk foF2 dari model IRI telah dilakukan perhitungan foF2

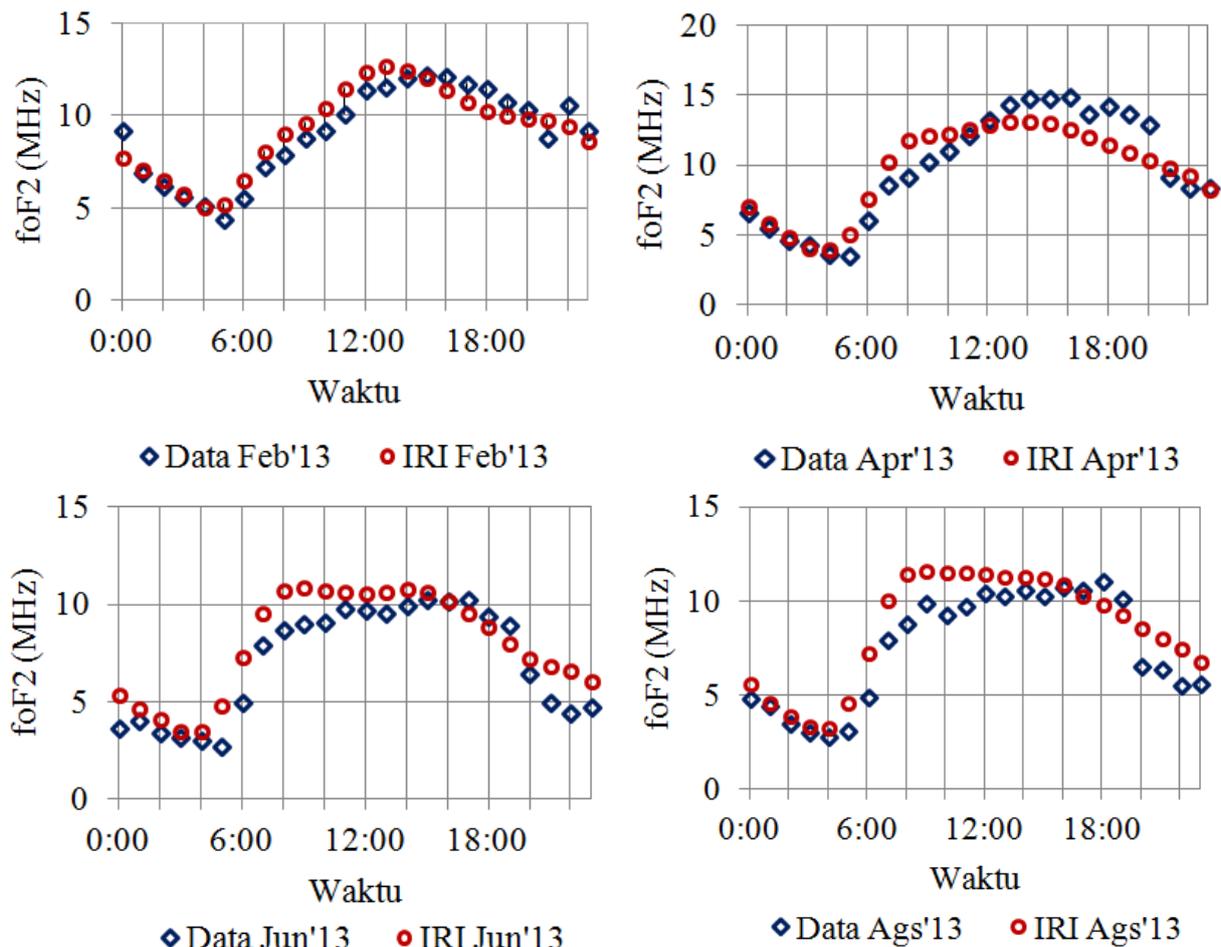
jam-an untuk Kupang, untuk bulan yang sama. Analisis dilakukan terhadap median bulanan foF2 hasil pengamatan dengan median bulanan foF2 hasil perhitungan IRI. Untuk mengetahui kesesuaian antara foF2 hasil pengamatan harian dengan foF2 IRI harian juga dilakukan analisis pada 17 hari yang dipilih, dimana aktivitas geomagnet tenang.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pembagian wilayah waktu di Indonesia, Kupang termasuk dalam wilayah Indonesia tengah, dengan standar waktu UT+8. Stasiun ionosonda Kupang yang terletak di 123,58 bujur timur, apabila dihitung waktu lokalnya adalah UT+8,1432 sehingga

pengambilan standar waktu UT+8 tidak akan jauh berbeda dengan waktu lokal. Dalam Gambar 3-1 ditunjukkan contoh plot 4 bulan dari 9 bulan data yang dianalisis. Dari 9 bulan data yang dianalisis semuanya menunjukkan bahwa foF2 dari model IRI naik lebih awal dibandingkan foF2 data pada awal pembentukan lapisan ionosfer (pukul 5:00). Ini menunjukkan bahwa waktu lokal Kupang = UT+8 tidak cocok untuk model IRI. Oleh karena itu waktu lokal diubah, dengan menambah satu jam, menjadi UT+9.

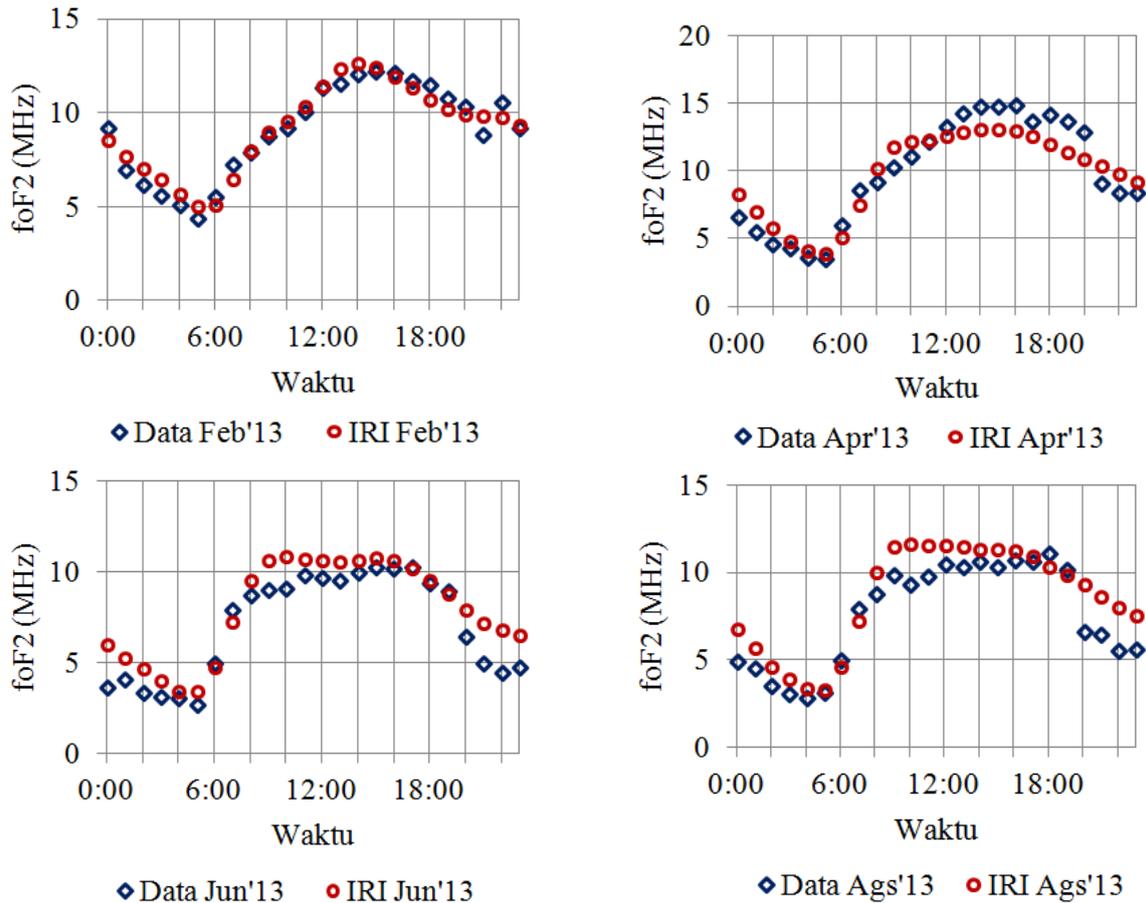
Plot data yang sama dengan Gambar 3-1 setelah waktu lokal untuk model IRI dirubah menjadi UT+9 ditunjukkan dalam Gambar 3-2.



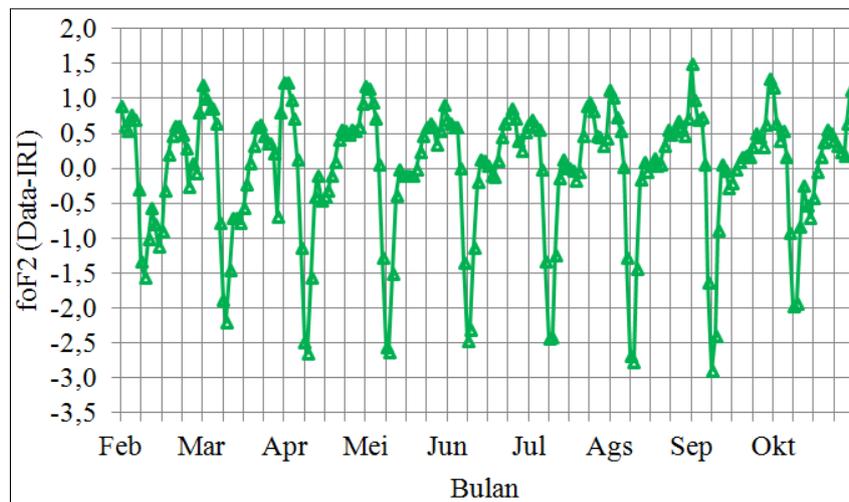
Gambar 3-1: Median foF2 Kupang hasil pengamatan dan IRI dengan waktu lokal = UT+8 untuk bulan Februari, April, Juni dan Agustus 2013

Dari Gambar 3-2 dapat dilihat bahwa dengan mengubah waktu lokal Kupang untuk IRI menjadi UT+9 pola variasi harian foF2 data dan model IRI lebih sesuai. Selisih nilai (foF2 data - foF2 IRI) untuk dua waktu lokal (UT+8 - UT+9) ditunjukkan dalam Gambar 3-3.

Dari 216 data (24 jam x 9 bulan) data, sebanyak 135 data (62,5%) nilainya positif, yang menunjukkan bahwa (foF2 data - foF2 IRI) dengan waktu lokal UT+8 secara umum lebih besar dibandingkan (foF2 data - foF2 IRI) dengan waktu lokal UT+9.



Gambar 3-2: Median foF2 Kupang hasil pengamatan dan IRI dengan waktu lokal = UT+9 bulan Februari, April, Juni dan Agustus 2013



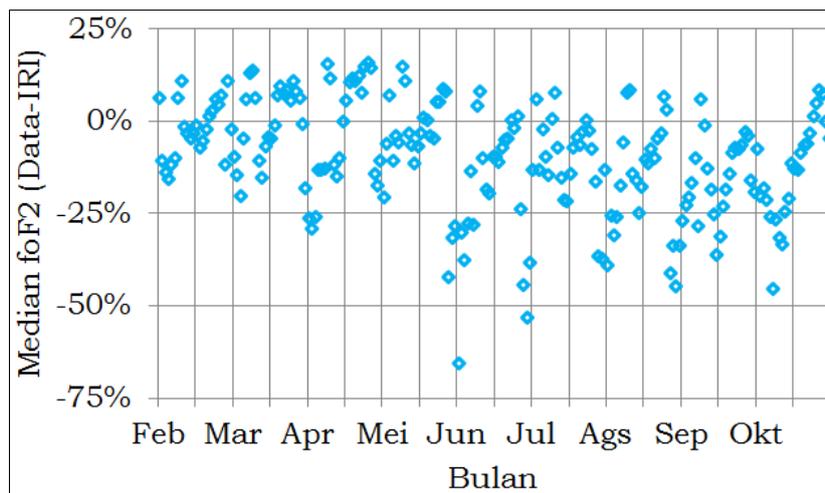
Gambar 3-3: (foF2 data - foF2 IRI) (UT+8) - (foF2 data - foF2 IRI) (UT+9) untuk Kupang bulan Februari – Oktober 2013

Persentase selisih median foF2 (Data-IRI) terhadap data ditunjukkan dalam Gambar 3-4. Sebaran persentase tersebut antara -50% ~ 25%, dengan 2 data (1%) lebih kecil dari -50%. Sebanyak 156 dari 216 data (72,2%) mempunyai nilai negatif, berarti secara umum median foF2 data lebih kecil dibandingkan IRI.

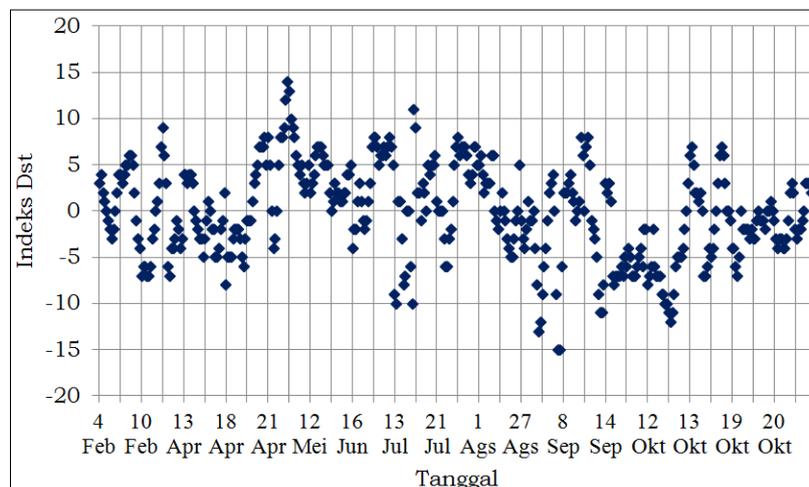
Untuk melihat kesesuaian antara foF2 hasil pengamatan harian dan IRI, dari 9 bulan data yang dianalisis telah dipilih 17 hari dimana aktivitas geomagnet tenang, yang diindikasikan dengan nilai indeks Dst - antara -15 sampai 15 (sumber: <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp>).

Tanggal-tanggal yang dipilih dan indeks Dst-nya ditunjukkan dalam

Gambar 3-5. Pemilihan hari tenang dilakukan untuk menghindari kondisi ionosfer Kupang yang terganggu oleh aktivitas geomagnet. Tidak ada *flare* besar pada 17 hari tersebut. Sebagian besar *flare* yang terjadi adalah kelas B dan C, *flare* kelas M terjadi 3 kali selama 17 hari tersebut, yaitu pada tanggal 12 Mei pada pukul 20:32 UT dengan kelas M 1,9; pukul 22:44 UT dengan kelas M 1,2 dan tanggal 13 Oktober pukul 00:43 UT dengan kelas M 1,7 (sumber: <ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/space-weather/solar-data>). Dengan demikian bisa dianggap tidak ada dampak langsung gangguan *flare* pada ionosfer di Kupang dan kondisi ionosfer normal.



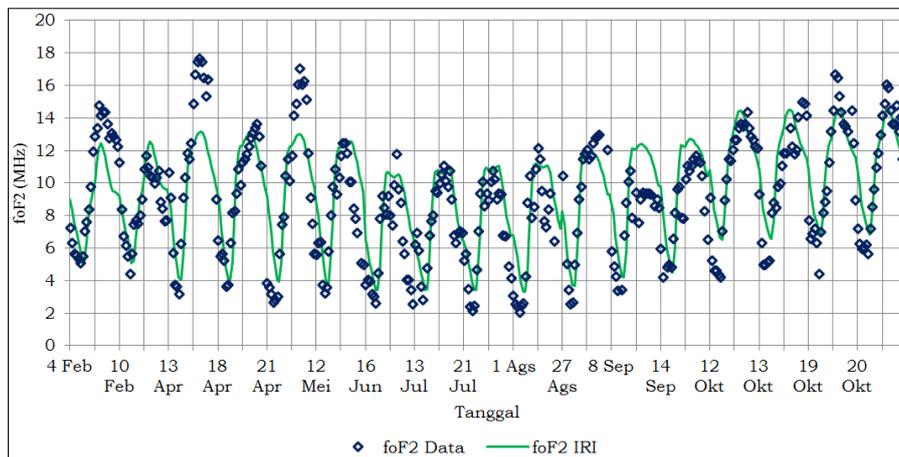
Gambar 3-4: Persentase (median foF2 data - median foF2 IRI) terhadap median foF2 data bulan Februari – Oktober 2013



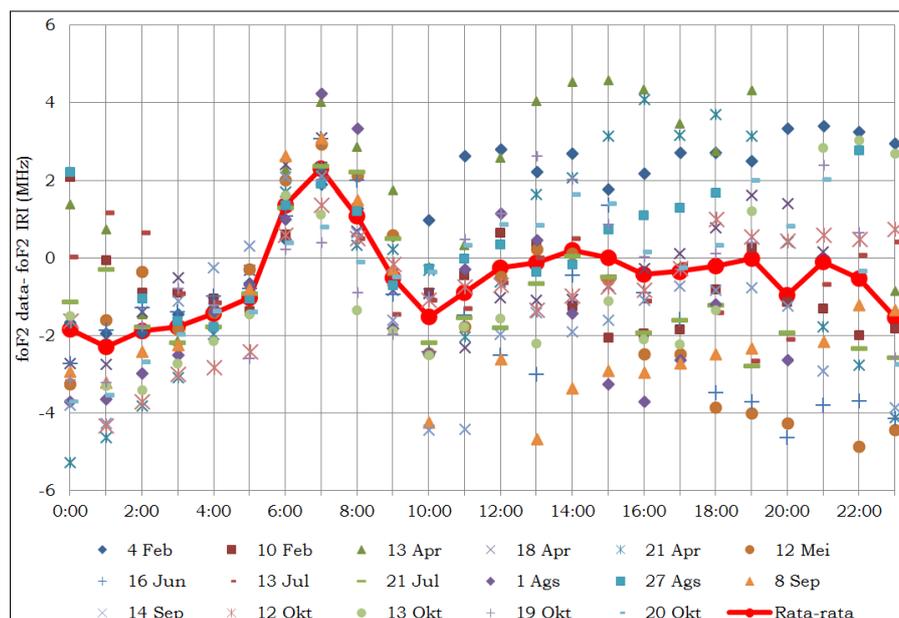
Gambar 3-5 : Indeks Dst pada 17 hari tenang

Nilai foF2 data dan IRI pada 17 hari tersebut ditunjukkan dalam Gambar 3-6. Nilai foF2 yang lebih rendah pada bulan Juni, Juli dan awal Agustus adalah variasi musiman dari foF2. Dapat dilihat bahwa pada siang hari tanggal 4 Februari, 13 April, 21 April, 27 Agustus, 19 Oktober dan 20 Oktober foF2 data lebih tinggi dibandingkan foF2 IRI sementara pada hari-hari lainnya foF2 data cenderung lebih rendah dibandingkan foF2 IRI pada siang hari. Pada kondisi foF2 minimum (sekitar pukul 5:00 pagi) nampak bahwa foF2 IRI hampir selalu lebih tinggi dibandingkan foF2 hasil pengamatan.

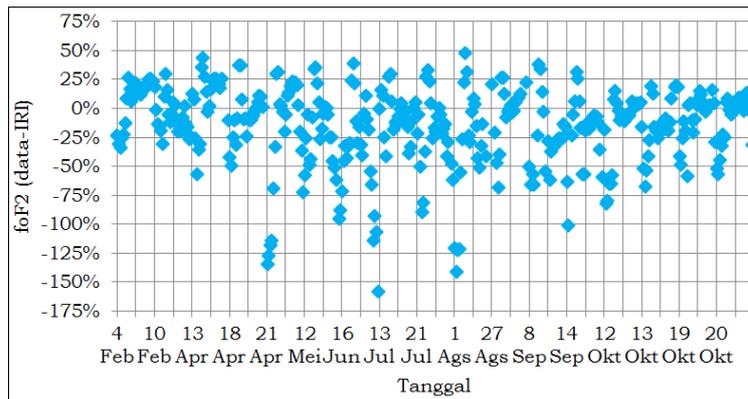
Selisih antara foF2 hasil pengamatan dengan foF2 IRI untuk 17 hari dan rata-ratanya ditunjukkan dalam Gambar 3-7. Secara umum dapat dilihat dari sebaran datanya bahwa foF2 (data-IRI) mempunyai nilai negatif dari pukul 00:00 - 05:00, yang sesuai dengan Gambar 3-6. Pada saat proses pembentukan lapisan ionosfer mulai terjadi (setelah pukul 5:00 waktu lokal) foF2 data menjadi lebih besar dibandingkan foF2 IRI, kemudian menurun kembali. Ketika kondisi ionosfer mulai stabil pada siang hari selisih foF2 data dan IRI mempunyai nilai yang menyebar dari -4 MHz sampai 4 MHz, dengan rata-rata di sekitar nol.



Gambar 3-6: foF2 hasil pengamatan dan foF2 IRI pada 17 hari geomagnet tenang



Gambar 3-7: Selisih foF2 (data-IRI) pada 17 hari geomagnet tenang



Gambar 3-8: Persentase selisih foF2 (Data-IRI) terhadap data untuk 17 hari geomagnet tenang

Persentase selisih foF2 (Data-IRI) terhadap data untuk 17 hari geomagnet tenang ditunjukkan dalam Gambar 3-8. Dapat dilihat bahwa sebaran persentase selisih foF2 hasil pengamatan dengan IRI terbesar antara $-75\% \sim 50\%$, dengan 5% (19 data) lebih kecil dari -75% . Sebanyak 237 dari 383 data (61,9%) mempunyai nilai negatif, berarti secara umum foF2 data lebih kecil dibandingkan IRI.

4 KESIMPULAN

Dari 9 bulan data yang dianalisis dengan menggunakan standar waktu UT+8 untuk waktu lokal Kupang ternyata nilai foF2 IRI meningkat lebih awal dibandingkan data, sehingga penggunaan standar waktu tersebut untuk waktu lokal Kupang dianggap tidak tepat untuk model IRI. Perubahan waktu lokal menjadi UT+9 menunjukkan hasil yang lebih baik, variasi harian data dan IRI lebih sesuai. Dengan menggunakan waktu lokal UT+9, selisih antara hasil pengamatan dengan model IRI lebih kecil dibandingkan apabila menggunakan waktu lokal UT+8. Ini berarti bahwa model IRI lebih mendekati hasil pengamatan apabila waktu lokal yang digunakan untuk Kupang adalah UT+9. Analisis yang dilakukan terhadap median bulanan foF2 hasil pengamatan dan hasil perhitungan IRI menunjukkan bahwa simpangan median foF2 hasil pengamatan dengan IRI sebesar $-50\% \sim 25\%$. Hasil analisis terhadap foF2 pada 17 hari geomagnet tenang menunjukkan bahwa simpangan foF2 hasil

pengamatan harian jauh lebih besar ($-75\% \sim 50\%$), dibandingkan median bulannya. Ini berarti bahwa kesalahan perhitungan model IRI lebih besar apabila digunakan untuk data harian. Secara umum baik median foF2 maupun foF2 harian hasil pengamatan lebih kecil dibandingkan median foF2 IRI. Simpangan yang cukup besar baik pada median bulanan maupun data harian walaupun telah menggunakan waktu lokal Kupang UT+9, menunjukkan bahwa model IRI tidak terlalu tepat digunakan untuk asimilasi data foF2 Kupang. Diperlukan data hasil pengamatan yang lebih panjang untuk dianalisis lagi apakah simpangan model IRI terhadap hasil pengamatan memang besar, sehingga diperlukan koreksi atau penggunaan model lain yang lebih tepat.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim pengolah data ionosfer dan verifikator di Bidang Ionosfer dan Telekomunikasi Pusat Sains Antariksa yang telah mengolah data hasil pengamatan ionosfer di Kupang.

DAFTAR RUJUKAN

Bilitza, D., Lee-Anne McKinnell, Bodo Reinisch, Tim Fuller-Rowell, 2011. *The International Reference Ionosphere Today and in the Future*, Journal of Geodesy volume 85, issue 12, pp 909–920, online ISSN 1432-1394, Springer-Verlag.

- Caruana, John, 1989. *The IPS monthly T index*, IPS Radio and Space Services, 1989.
- Kim, A.G., G.V. Kotovich, V.P. Grozov and C.G. Ratovskiy, 2007. *Comparison of Ionosphere Parameters foF2, hmF2 obtained from Vertical sounding, Oblique Sounding, and IRI Data*, Physics of Auroral Phenomena, Proc. XXX Annual Seminar, Apatity, pp. 163–166.
- Suhartini, Sri., Irvan Fajar Syidik, Slamet Syamsudin, 2013. *Karakteristik Indeks Ionosfer (IndeksT) jam-an dan Bulanan Sumedang dan Biak*, Jurnal Sains Dirgantara Lapan, dalam proses penerbitan.
- Turner, Jack, 1968. *The development of the Ionospheric Index – T*, IPS series R Report, IPS-R11, Australian Government Department of Administrative Service.