

FREKUENSI KRITIS LAPISAN F_2 (f_oF_2) IONOSFER ANTARA KELUARAN MODEL IONOSFER NEAR REAL TIME INDONESIA DAN MODEL IRI-2007

Dyah RM, Buldan Muslim, dan Gatot Wikantho
Bidang Ionosfer dan Telekomunikasi
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional
email : dyah_rm@bdg.lapan.go.id

Abstrak. Lapisan atmosfer bumi yang berada pada ketinggian antara 50-1000 km dimana molekul-molekul dan atom-atom akan pecah membentuk sekumpulan partikel bermuatan berupa elektron dan ion akibat pengaruh radiasi *extreme ultra violet* (EUV) matahari disebut lapisan ionosfer. Karakteristik lapisan ionosfer penting untuk dipahami karena bermanfaat untuk komunikasi radio dan koreksi posisi pada sistem navigasi menggunakan GPS. Selain itu lapisan ionosfer juga mempunyai respon tertentu terhadap fenomena alam seperti gempa sehingga pemahaman tentang respon tersebut dapat digunakan sebagai prekursor kejadian gempa (Pulinet dan Boyarchuk, 2004). Salah satu parameter lapisan ionosfer yang penting dalam hal ini adalah f_oF_2 yaitu frekuensi tertinggi dari gelombang radio yang masih dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer dalam arah penjaralan vertikal. Bidang Ionosfer dan Telekomunikasi LAPAN telah mengembangkan model ionosfer mendekati *real time* yang sudah berupa peta TEC di atas Sumatra dan sekitarnya (Buldan M dan Septi P, 2009). Dari peta TEC di atas Sumatera dan sekitarnya dapat dibuat peta f_oF_2 menggunakan model hubungan kuadrat antara f_oF_2 dan TEC. Untuk meningkatkan akurasi model maka hasil keluaran model tersebut perlu dibandingkan dengan model lainnya yang sudah lebih dulu ada. Oleh karena itu akan dianalisis bagaimana parameter f_oF_2 keluaran model mendekati *real time* LAPAN dibandingkan dengan model IRI-2007.

Abstract. Layer of the earth's atmosphere an altitude of between 50-1000 km in which the molecules and atoms will be broken to form a collection of charged particles, electrons and ions under the influence of extreme ultra-violet (EUV) solar radiation called the ionosphere. Characteristics of the ionosphere layers is important to understand because it is useful for radio communication and correction of the position using the GPS navigation system. Besides the ionosphere layer also has a specific response to natural phenomena such as earthquakes, so an understanding of the response can be used as a precursor to earthquakes (Pulinet and Boyarchuk, 2004). One layer of the ionosphere parameters are important in this case is f_oF_2 , the highest frequency of the radio waves can still be reflected by the layer of the ionosphere in the direction of the vertical spread. Ionosphere and Telecommunication division of LAPAN has developed a model of the ionosphere near real time, which has a TEC map over Sumatra and surrounding areas (Buldan F and Septi P, 2009). From TEC maps over Sumatra and surrounding areas can be made the f_oF_2 maps using quadratic relationship between f_oF_2 and TEC. To improve the accuracy of the model then the model output should be compared with other models that were already there. Therefore, they analyzed how the model output of f_oF_2 were provided by near real time LAPAN model compared with IRI-2007 model.

Kata Kunci : Ionosfer, f_oF_2 , model near real time, model IRI-2007

1. Pendahuluan

Radiasi *extreme ultra violet* (EUV) matahari ketika melalui lapisan ionosfer pada ketinggian antara 50-1000 km akan menyebabkan molekul-molekul dan atom-atom pada lapisan ionosfer pecah membentuk sekumpulan partikel bermuatan berupa elektron dan ion. Proses inilah yang disebut dengan ionisasi. Bila terjadi proses sebaliknya maka disebut dengan proses rekombinasi. Proses ionisasi dan rekombinasi inilah yang menyebabkan lapisan ionosfer bervariasi, baik secara harian, musiman, maupun variasi lain akibat aktivitas matahari.

Karakteristik lapisan ionosfer penting untuk dipahami karena hasil-hasil penelitian terbaru menunjukkan selain bermanfaat untuk komunikasi radio dan koreksi posisi pada sistem navigasi menggunakan GPS ternyata lapisan ionosfer mempunyai respon tertentu terhadap fenomena alam seperti gempa sehingga pemahaman tentang respon tersebut dapat digunakan sebagai prekursor kejadian gempa (Pulinet dan Boyarchuk, 2004).

Salah satu usaha untuk memahami karakteristik lapisan ionosfer adalah dengan memodelkannya. Namun demikian hal tersebut bukanlah sesuatu yang mudah, karena diperlukan pemahaman fenomena fisis yang terjadi pada lapisan ionosfer dan yang mempengaruhi dinamika lapisan ionosfer baik fenomena dari permukaan bumi maupun dari antariksa.

Para peneliti ionosfer LAPAN telah lama mengembangkan model empiris untuk memahami karakteristik lapisan ionosfer yang diberi nama Model Sederhana Ionosfer Lintang Rendah Indonesia (Buldan M, 2002). Model tersebut terus dikembangkan dan diupdate dengan data pengamatan dan data aktivitas matahari terbaru sehingga diharapkan model yang dihasilkan akan lebih baik dalam menggambarkan karakteristik lapisan ionosfer regional Indonesia. Kebutuhan akan informasi tentang karakteristik lapisan ionosfer yang mendekati *real time* dan akurat menjadikan Model Sederhana Ionosfer Lintang Rendah Indonesia (MSILRI) terus dikembangkan sehingga dapat membuat prediksi parameter-parameter lapisan ionosfer yang mendekati *real time* juga.

Beberapa teknologi yang mendukung ke arah terwujudnya pelayanan informasi lapisan ionosfer sudah mulai dibangun di antaranya terbentuknya sistem basis data pengamatan ionosfer *near real time* yang mampu menghubungkan stasiun dimana alat dipasang dengan kantor LAPAN di Bandung, sehingga hasil pengamatan alat ionosonde sudah dapat diakses dengan waktu tunda hanya beberapa jam. Stasiun Pengamat Dirgantara Pontianak, dipakai sebagai stasiun uji coba untuk memberikan data hasil pengamatan ionosonde mendekati *real time*. Data dari ionosonde tersebut setelah melalui proses *scaling* akan memberikan informasi parameter-parameter ionosfer antara lain frekuensi kritis lapisan F_2 (foF_2). Parameter inilah yang telah digunakan untuk validasi model ionosfer mendekati *real time* yang sudah dibangun (Dyah RM dan Buldan, 2009). Parameter ionosfer foF_2 keluaran model mendekati *real time* selain dibandingkan dengan data pengamatan juga perlu dibandingkan dengan foF_2 keluaran model lain, dalam hal ini adalah IRI-2007. Hasil analisis dari berbagai perbandingan tadi akan memberi masukan pada perbaikan model.

2. Data dan Metodologi

2.1. Data yang digunakan

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data frekuensi kritis lapisan F₂ ionosfer (foF₂) keluaran model ionosfer near real time hasil pengembangan model MSILRI untuk 14 Januari 2009 dan 14 Maret 2009, serta data frekuensi kritis lapisan F₂ ionosfer (foF₂) keluaran model IRI-2007 untuk wilayah Indonesia.

2.2 Model Empiris Hubungan Total Electron Content (TEC) dengan foF₂.

Dari data GPS di beberapa stasiun yang ada di Indonesia dan sekitarnya (Darwin, Guam, DGAR, dan NTUS), telah diturunkan model TEC. Kemudian data TEC yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung koefisien ketergantungan kuadrat foF₂ MSILRI dengan TEC bulanan dari jam 00.00 – 23.00 menggunakan persamaan (Muslim, B dkk, 2009) :

$$(foF_2)^2 = kTEC \quad (2-1)$$

Di mana k adalah koefisien ketergantungan kuadrat foF₂ dengan TEC. Dalam perhitungan koefisien k , telah digunakan TEC bulanan yang belum dihilangkan bias receivernya. Sehingga akan diperoleh dua konstanta yaitu k dan konstanta titik potong garis kuadrat foF₂ dengan sumbu y misalnya c . Nilai c ini dapat digunakan sebagai pendekatan bias receiver dengan persamaan (Muslim, B dkk, 2009) :

$$\text{bias Receiver} = \frac{c}{k} \quad (2-2)$$

Dalam persamaan hubungan kuadrat foF₂ dengan TEC yang diperlukan hanya nilai k . Setelah diperoleh nilai k untuk berbagai kondisi aktivitas matahari, koefisien k bisa dihubungkan dengan indek aktivitas matahari R12 dengan fungsi linier (Muslim, B dkk, 2009) :

$$k = aR12 + b \quad (2-3)$$

Dengan demikian diperoleh model hubungan kuadrat foF₂ dengan TEC dalam bentuk persamaan (Muslim, B dkk, 2009) :

$$(foF_2)^2 = kTEC \quad \text{atau}$$

$$(foF_2)^2 = (aR12 + b)TEC \quad (2-4)$$

2.3. Metodologi

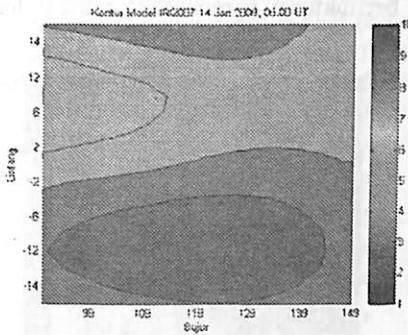
Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

- Running model IRI-2007 untuk parameter foF₂ 14 Januari 2009 dan 14 Maret 2009 dengan ukuran spasial -20°LS s.d . 20°LU dan 90°BT s.d 150°BT.

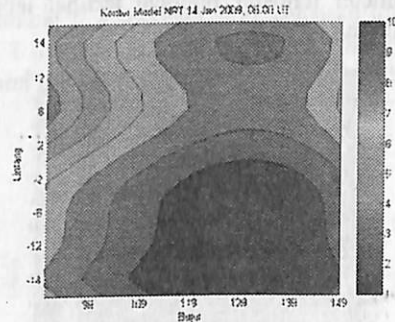
- Download model ionosfer mendekati real time parameter foF₂ harian untuk bulan Januari dan Maret dari <ftp://ftp.dirgantarlapan.or.id/IonosferdanTelekomunikasi/IONOSFER INDONESIA/>
- Menghitung selisih nilai foF₂ antara model IRI-2007 dan model ionosfer mendekati real time.
- Membuat kontur hasil pengolahan data
- Analisis hasil pengolahan data.

2. Hasil dan Pembahasan

Data parameter foF₂ baik dari keluaran model IRI-2007 maupun keluaran model ionosfer *near real time* telah diplot dalam bentuk kontur untuk jam 06.00 UT, 12.00 UT, dan 18.00 UT atau jam 13.00 LT, 19.00 LT, dan 01.00 LT. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 1a, 2a, dan 3a untuk foF₂ keluaran model IRI-2007 serta gambar 1b, 2b, dan 3b, untuk keluaran model ionosfer *near real time*. Kontur foF₂ antara model IRI-2007 dan model ionosfer *near real time* pada 14 Januari 2009 jam 06.00 UT menunjukkan pola yang hampir sama di sebelah selatan ekuator, tetapi sedikit berbeda di sebelah utara ekuator.

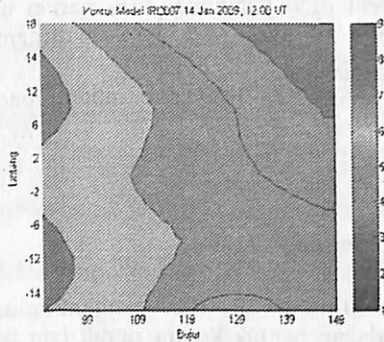


(1a)

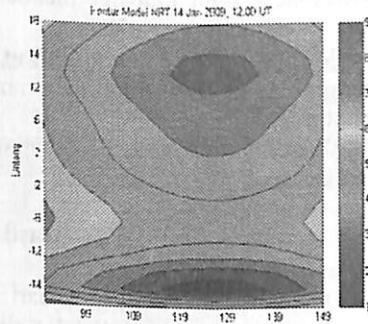


(1b)

Untuk foF₂ antara model IRI-2007 dan model ionosfer *near real time* pada 14 Januari 2009 jam 12.00 UT (gambar 2a dan 2b) seperti terlihat dari kontur, polanya serupa secara longitudinal. Hanya saja untuk foF₂ keluaran model IRI-2007 terlihat lebih simetris dengan daerah ekuator sebagai titik pusat pada bujur antara 90° s.d 110°.

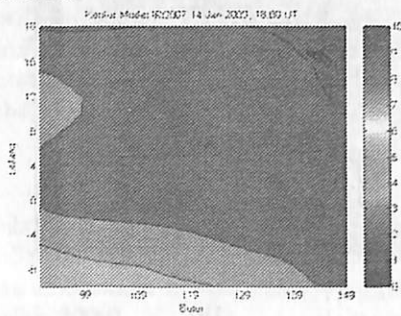


(2a)

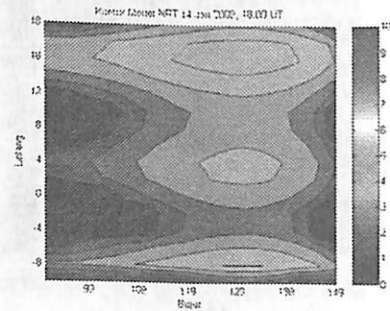


(2b)

Berbeda dengan dua kasus sebelumnya, untuk foF₂ 14 Januari 2009 jam 18.00 UT, kedua model menunjukkan pola yang tidak sama. Karena model IRI 2007 adalah model global maka pada jam 18.00 UT atau jam 01.00 LT saat radiasi matahari ada pada belahan bumi lain maka parameter foF₂ cenderung kurang berfluktuasi. Sedangkan foF₂ keluaran model ionosfer *near real time* yang dibangun dari data parameter ionosfer regional terlihat lebih berfluktuasi karena faktor lokal lebih dominan.

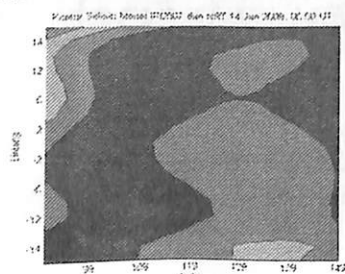


(3a)

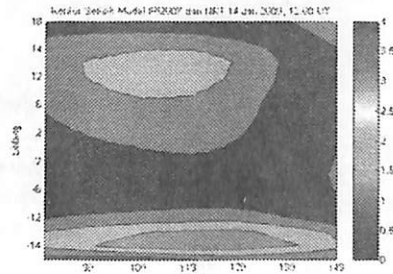


(3b)

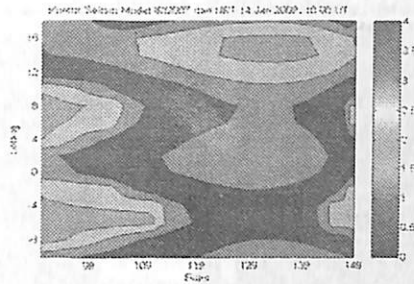
Setelah melihat pola-pola dari parameter foF₂ hasil keluaran model IRI-2007 dan model ionosfer *near real time*, perlu diperhitungkan juga bagaimana perbedaan parameter foF₂ keluaran kedua model tersebut secara kuantitas. Dari kontur-kontur pada gambar 4 akan dapat diketahui seberapa besar perbedaan nilai foF₂ antara keluaran model IRI-2007 dan model ionosfer *near real time*.



(4a)



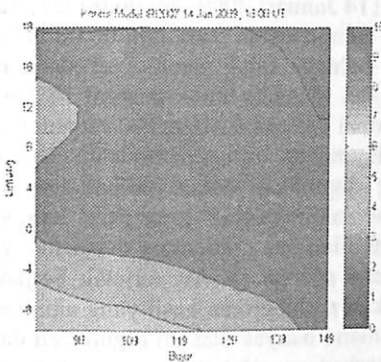
(4b)



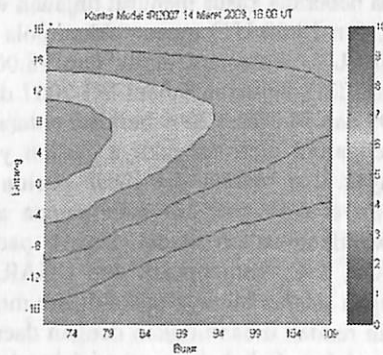
(4c)

Perbedaan nilai antara foF_2 keluaran model IRI-2007 dan model ionosfer untuk tanggal 14 Januari 2009 berkisar antara 1 sampai dengan 4 MHz, dapat dilihat dari warna kontur pada gambar 4a, 4b, dan 4c yang sama.

Kemudian nilai parameter foF_2 bulan Januari ini dibandingkan dengan nilainya pada bulan Maret dengan anggapan bahwa pada bulan Maret posisi matahari lebih dekat dengan daerah ekuator daripada pada bulan Januari sehingga akan berpengaruh juga terhadap nilai parameter foF_2 akibat radiasi matahari yang lebih besar. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 5. Parameter foF_2 keluaran model IRI 2007 pada jam 18.00 atau jam 01.00 LT memberikan pola seperti terlihat pada gambar 5a dan 5b. Ternyata pada bulan Maret nilai parameter foF_2 lebih bervariasi.

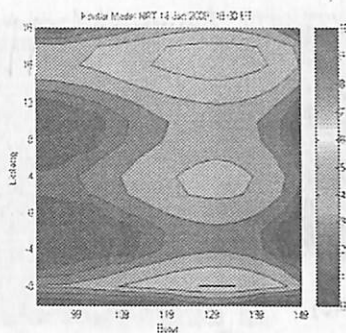


(5a)

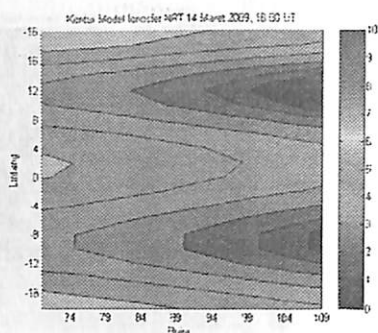


(5b)

Sementara untuk keluaran model ionosfer near real time (5c dan 5d), terlihat seperti ada pergeseran pola secara longitudinal. Dari hasil perhitungan, selisih nilai foF_2 antara model IRI 2007 dan model ionosfer *near real time* untuk bulan Maret jam 18.00 UT terbesar adalah 4 MHz.



(5c)



(5d)

Parameter foF_2 keluaran model ionosfer *near real time* yang diturunkan dari model hubungan antara TEC dan foF_2 puncaknya akan bergeser lebih halus dibandingkan dengan keluaran model IRI 2007 pada siang hari, karena akan mencakup seluruh lapisan D, E, dan F, dimana kita tahu bahwa model lapisan E hanya tergantung pada matahari.

3. Kesimpulan

Data parameter foF_2 antara keluaran model IRI-2007 dan keluaran model ionosfer pada beberapa kasus menurut tinjauan waktu (14 Januari 2009 jam 06.00 UT, 12.00 UT, dan 18.00 UT) menunjukkan pola yang hampir sama pada jam 06.00 UT dan 12.00 UT, sementara untuk jam 18.00 UT polanya tidak sama. Perbedaan nilai antara foF_2 keluaran model IRI-2007 dan model ionosfer untuk tanggal 14 Januari 2009 dan 14 Maret 2009 berkisar antara 1 sampai dengan 4 MHz. Hal itu antara lain dipengaruhi oleh banyaknya stasiun yang digunakan untuk pemodelan. Semakin banyak dan merata distribusi stasiun yang digunakan dalam pemodelan maka hasilnya akan semakin baik karena akan semakin banyak juga titik data yang terwakilkan dalam model. Seperti pada penelitian ini digunakan 4 stasiun yaitu NTUS, ISC, Tanjungsari, dan DGAR. Karena stasiun DGAR terletak berjauhan dengan stasiun lainnya maka dalam model akan memberikan hasil yang akurasi lebih rendah dibandingkan dengan daerah dimana banyak stasiun digunakan dalam pemodelan. Sebab lainnya adalah adanya perbedaan sifat variasi ionosfer antara siang dan malam hari. Pada siang hari variasi ionosfer lebih bersifat *reguler*, sehingga yang dominan adalah pengaruh kondisi global, sedangkan pada malam hari variasinya bersifat *irreguler*, sehingga faktor gangguan lokal lebih berpengaruh.

Daftar Pustaka

- [1].Asnawi dan Buldan Muslim (2003). *Validasi foF2 dan M(3000)F2 Model MSILRI Terhadap Data Observasi Ionosonde Vertikal di Indonesia*; Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya; Jurusan Fisika FMIPA-ITS, Surabaya; ISBN: 979-97932-0-3; 342-345.

- [2]. Dyah RM dan Buldan Muslim (2008). *Validasi Model MSILRI Stasiun Pontianak dengan Data Pengamatan dan Model Global (Model IRI)*; Prosiding Seminar Nasional Matematika; Jurusan Matematika Universitas Katolik Parahyangan, Bandung; ISSN:1907-3909; 2008.
- [3]. Dyah RM dan Buldan Muslim (2009). *Analisis Data Pengamatan Frekuensi Kritis Lapisan F2 (foF2) Ionosfer untuk Validasi Model Ionosfer Near Real Time Indonesia*. Prosiding Seminar Nasional Matematika 2009; Fakultas Teknologi dan Sains, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung, Vol. 4, ISSN:1907-3909; 2009.
- [4]. Muslim, B. dkk (2007). *Pengembangan Model Ionosfer Regional Indonesia*, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) , ISBN: 978-979-1458-05-4.
- [5]. Muslim, B dkk (2009). *Pengembangan Model Near Real Time*, Prosiding Seminar Nasional IPTEK Dirgantara XIII-2009, Kedeputan Bidang Teknologi Dirgantara, LAPAN, 11 November 2009.