

Model Frekuensi Kritis Lapisan Ionosfer Pada Kawasan Timur Indonesia

Habirun dan Anwar Santoso
Bidang Aplikasi Geomagnet dan Magent Antariksa
Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa, LAPAN
Jl. Dr. Junjuran No. 133 Bandung 40173

Abstrak

Lapisan ionosfer dipengaruhi variasi harian ionosfer terutama variasi akibat efek matahari dan variasi yang disebabkan oleh gaya tarik bulan sehingga karakteristik frekuensi kritis foF2 lapisan ionosfer membentuk pola tertentu. Selain gangguan itu lapisan ionosfer dipengaruhi pula gangguan variasi medan magnet bumi dan waktu setempat. Oleh karena itu, pada uraian ini dibahas model frekuensi kritis foF2 lapisan ionosfer pada Kawasan Timur Indonesia dengan menggunakan model polinom orde tiga. Perhitungan model berdasarkan lintang geografis yang dikaitkan terhadap variasi medan magnet bumi dan waktu setempat.

Kata kunci : model polinom, Kawasan Timur Indonesia, frekuensi kritis foF2, variasi ionosfer, indeks geomagnet, lintang geografis.

Abstract

The ionospheric layer have been influenced by the ionosphere daily variation especially variation of the result of solar effects and variation of which have been caused by moon pulling energy so that the characteristic of the foF2 critical frequency ionospheric layer characteristics a certain pattern. Besides that disturbance, the ionospheric layer can also be influenced by perturbation of the earth's magnetic field variation and local time. Therefore on this description will be discussed of the foF2 critical frequency ionospheric layer model on Indonesia east region with using to polinom tree order model. The model calculation is based on geographic latitude that correlated to earth's magnetic field variation and local time.

Keywords : polinom model, Indonesia east part, foF2 critical frequency, ionosphere variation, geomagnetic index, geographic latitude.

1. Pendahuluan

Penggunaan sistem komunikasi yang berbasis satelit sudah tersebar luas pemakaiannya namun untuk prediksi frekuensi komunikasi HF (*High Frequency*) terlebih dahulu ditentukan model karakteristik frekuensi kritis lapisan F ionosfer yang dihitung melalui susunan frekuensi-frekuensi operasi dengan konfigurasi sistem telekomunikasi yang bergantung pada kinerja prediksi karakteristik lapisan ionosfer. Karena model karakteristik lapisan ionosfer menunjang propagasi terutama lintang geografis rendah maka gangguan yang mempengaruhi karakteristik lapisan ionosfer benar-benar harus diperhitungkan seperti aktivitas matahari, variasi medan magnet bumi, waktu, dan lintang geografis. Antara gangguan-gangguan di atas yang paling dominan mempengaruhi lapisan ionosfer adalah aktivitas matahari yang dikenal dengan variasi bilangan sunspot siklus sekitar 11 tahun.

Apabila jumlah bilangan sunspot semakin besar maka fluktuasi frekuensi kritis foF2 lapisan ionosfer bertambah besar. Demikian pula sebaliknya bila jumlah bilangan sunspot semakin berkurang maka fluktuasi karakteristik frekuensi kritis foF2 lapisan ionosfer juga semakin kecil. Sedangkan pengaruh aktivitas geomagnet dan dinamika fisis atmosfer umumnya mengikuti pola siklus aktivitas matahari, karena energi yang menyebabkan pengaruh pada lapisan ionosfer umumnya dari matahari.

Demikian pula pengaruh aktivitas gangguan dari permukaan bumi mempengaruhi karakteristik frekuensi kritis foF2 lapisan ionosfer yang terjadi pada waktu-waktu tertentu saja misalnya pengaruh gempa bumi pada lapisan ionosfer^{1,2)} dan pengaruh aktivitas letusan gunung berapi³⁾ sehingga menyebabkan pola variasi harian ionosfer menjadi berubah.

Sehubungan ungkapan di atas pada uraian ini dibahas model karakteristik frekuensi kritis foF2 lapisan ionosfer pada area Kawasan Timur Indonesia dengan menggunakan model polinom order tiga. Perhitungan model frekuensi kritis foF2 dihubungkan dengan lintang geografis, kemudian konstanta-konstanta model dihubungkan pula secara harmonik terhadap waktu, dan setelah itu kemudian konstanta-konstanta model harmonik dihubungkan pula secara linear terhadap variasi medan magnet bumi dan dibandingkan dengan model area terbatas⁴⁾ dipusat Eropa.

Data yang digunakan untuk menghitung model frekuensi kritis foF2 lapisan ionosfer pada area Kawasan Timur Indonesia adalah data frekuensi kritis foF2 dari stasiun pengamat dirgantara LAPAN Biak tahun 1993 dan 2000. Sedangkan data variasi medan magnet bumi diambil indeks Dst dari Solar Geophysical Data pada tahun yang sama, sehubungan letak wilayah Indonesia ada di daerah Equator.

2. Model Frekuensi Kritis foF2 Lapisan Ionosfer

Model karakteristik frekuensi kritis foF2 lapisan ionosfer pada daerah Kawasan Timur Indonesia sangat

tergantung pola yang dibentuk oleh efek variasi diurnal dan semi diurnal. Perlu diketahui bahwa pola tersebut selain akibat variasi diurnal dan semi diurnal juga dipengaruhi akibat variasi medan magnet bumi dan waktu setempat. Dengan kondisi itu model frekuensi kritis foF2 lapisan ionosfer yang digunakan adalah model polinom order k yang dikaitkan terhadap lintang geografis⁵⁾. Masing-masing konstanta model merupakan fungsi harmonik terhadap waktu yang dinyatakan oleh efek variasi diurnal dan semi diurnal. Demikian pula konstanta-konstanta model harmonik masing-masing merupakan fungsi linear terhadap indeks geomagnet Dst. Berdasarkan uraian di atas diimplementasikan secara matematis pada model frekuensi kritis foF2 lapisan ionosfer djabarkan sebagai berikut :

$$foF2 = A_o + \sum_i A_k \Phi^k, \quad k = 1, 2, 3 \quad (2.1)$$

dengan k order polinom dan A_o, A_k konstanta model serta Φ lintang geografis, kemudian konstanta model itu masing-masing dihubungkan secara harmonik terhadap waktu.

$$A_{ik} = \sum_i B_{ik} \cos(iT) + B_{i(k+1)} \sin(iT), \quad (2.2)$$

dengan T waktu setempat, dengan anggapan bahwa $i = 1$ variasi harian oleh matahari dan $i = 2$ variasi harian oleh bulan. Demikian pula konstanta-konstanta persamaan (2.2) dihubungkan secara linear terhadap indeks geomagnet yang dinyatakan oleh

$$B_{ik} = C_o + C_{ik}K \quad (2.3)$$

dengan K indeks geomagnet, C_o dan C_{ik} konstanta-konstanta model linear. Perhitungan konstanta model tersebut menggunakan metode kuadrat terkecil⁶⁾.

3. Algoritma Perhitungan Model

Algoritma perhitungan model polinom yang tereduksi dikaitkan terhadap lintang geografis, waktu, dan variasi medan magnet bumi dilakukan dengan prosedur perhitungan sebagai berikut :

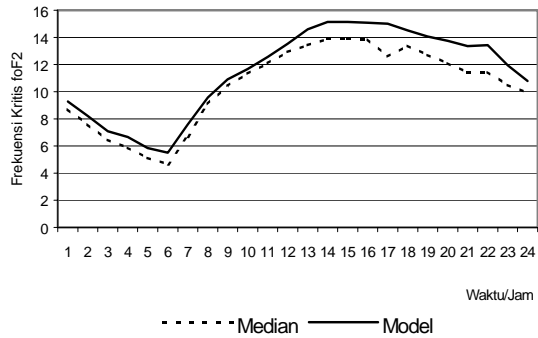
1. Perhitungan diawali dengan model polinom yang dipandang terhadap lintang geografis dengan melalui hubungan frekuensi kritis foF2 lapisan ionosfer terhadap lintang geografis yang dinyatakan persamaan (2.1). Dengan menggunakan metode kuadrat terkecil sehingga diperoleh konstanta-konstanta model polinom empiris pada setiap area tertentu. Melalui model polinom empiris itu maka data-data frekuensi kritis foF2 lapisan ionosfer yang kosong pada setiap daerah dapat diturunkan dengan masukan lintang geografis yang diinginkan. Demikian pula untuk daerah-daerah yang tidak ada stasiun pengamatnya dapat diturunkan frekuensi kritis foF2 lapisan ionosfer dengan prosedur yang sama. Berdasarkan frekuensi kritis foF2 turunan itu sehingga implementasi frekuensi komunikasi radio HF pada daerah itu akan berjalan sebagaimana mestinya. Karena batas penggunaan frekuensi komunikasi yang diperlukan pada daerah itu telah diperoleh maka implementasi frekuensi komunikasi radio HF setiap daerah dapat terlaksana dengan baik. Perlu diketahui bahwa hasil perhitungan di atas bukan menunjukkan pola karakteristik frekuensi kritis

foF2 lapisan ionosfer didaerah itu tetapi menunjukkan pola karakteristik frekuensi kritis foF2 lapisan ionosfer turunan sesuai daerah model itu dibangun.

2. Perhitungan lebih lanjut diteruskan pada model harmonik persamaan (2.2) yang menunjukkan konstanta-konstanta model polinom merupakan fungsi harmonik terhadap waktu. Fungsi harmonik persamaan (2.2) diharapkan dapat mencerminkan gangguan variasi harian oleh matahari dan variasi harian oleh gaya tarik bulan. Berarti konstanta-konstanta model polinom yang diperoleh dipandang sebagai perubah tidak bebas dan waktu setempat merupakan perubah yang bebas. Dengan berdasarkan pada penjabaran $k = 1, 2, 3$ persamaan (2.1) dan $i = 1, 2$ pada persamaan (2.2) sehingga terbentuk konstanta-konstanta model harmonik, pada $i = 1$ terdapat delapan konstanta dan juga pada $i = 2$ terdapat delapan konstanta. Akhirnya jumlah konstanta yang dihitung pada model harmonik keseluruhan sebanyak 2×8 konstanta pada setiap daerah tertentu. Setelah konstanta-konstanta di atas dihitung maka diperoleh model harmonik empiris yang dikaitkan terhadap waktu.
3. Selanjutnya, perhitungan dikaitkan terhadap variasi medan magnet bumi yang dinyatakan pada persamaan (2.3), dimana akurasi penggunaan model polinom selain tergantung lintang geografis tergantung pula waktu setempat dan variasi medan magnet bumi itu sendiri. Sehubungan area yang dibicarakan dalam penelitian ini adalah daerah equator maka indeks geomagnet yang digunakan untuk perhitungan adalah indeks Dst. Hubungan linear yang dinyatakan persamaan (2.3) menunjukkan konstanta-konstanta model harmonik merupakan perubah tak bebas dan indeks geomagnet Dst adalah perubah bebas. Berkaitan dengan harga k dan i maka model linear yang dapat dibentuk hingga sejumlah 12 persamaan dan konstanta-konstanta model yang dapat dihitung 12×2 konstanta. Dengan konstanta-konstanta model linear yang telah dihitung sehingga diperoleh model linear empiris yang dikaitkan terhadap indeks Dst.
4. Berdasarkan perhitungan-perhitungan di atas maka diperoleh model polinom yang tereduksi, dengan prosedur perhitungan seperti yang telah diuraikan. Apabila pada model linear empiris yang dinyatakan pada persamaan (2.3) disubstitusikan kembali ke setiap harga indeks geomagnet Dst sehingga diperoleh harga konstanta-konstanta model harmonik yang tereduksi oleh pengaruh geomagnet. Kemudian konstanta-konstanta yang tereduksi itu digunakan pula pada persamaan (2.2), lalu data waktu disubstitusikan kembali pada persamaan itu sehingga diperoleh barisan konstanta-konstanta model polinom yang tereduksi oleh perubah waktu dan variasi geomagnet. Lebih lanjut dengan cara yang sama seperti pada prosedur persamaan (2.2) maka akan diperoleh model polinom tereduksi persamaan (2.1) oleh lintang geografis, waktu, dan variasi medan magnet bumi yang dinyatakan dengan indeks Dst.

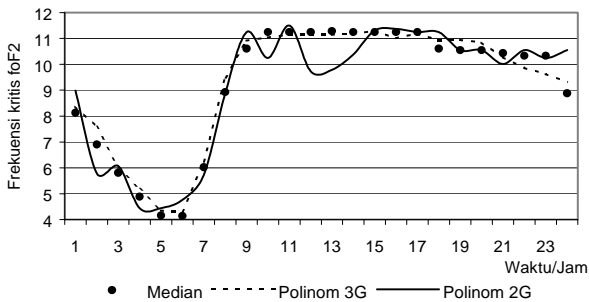
4. Hasil dan Pembahasan

Dengan algoritma pada bagian 3 di atas dilakukan perhitungan sesuai model polinom pada persamaan (2.1) yang dikaitkan terhadap lintang geografis, waktu, dan variasi medan magnet bumi yang dinyatakan dengan indeks Dst. Hasil perhitungan dengan menggunakan data frekuensi kritis foF2 dari stasiun Biak bulan Maret 1993 dengan posisi matahari tepat di garis Katulistiwa, antara model dan median dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1: Hasil perhitungan frekuensi kritis foF2 lapisan ionosfer dari model polinom dan median bulanan sesuai pola variasi ionosfer oleh bulan dan matahari di atas stasiun Biak bulan Maret 1993

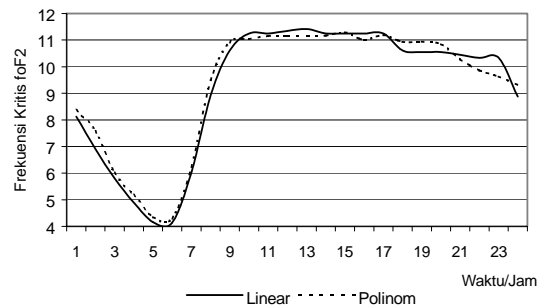
Selanjutnya, perhitungan model polinom yang dinyatakan pada Gambar 4.1 melibatkan tiga komponen gangguan, pada Gambar 4.2 ini ditunjukkan perhitungan hanya melibatkan lintang geografis dan waktu setempat. Sedangkan data yang digunakan berdasarkan data bulan Januari 2000 pada stasiun pengamat ionosfer yang sama, dan dibandingkan antara model dengan memperhitungkan tiga komponen gangguan, dua komponen gangguan, dan data median bulan itu. Perlu diketahui bahwa gangguan yang masuk dalam perhitungan adalah gangguan oleh komponen lintang geografis dan variasi harian ionosfer oleh bulan dan matahari terhadap waktu (dilihat Gambar 4.2).



Gambar 4.2. Pebandingan data median frekuensi kritis foF2, model polinom tiga komponen gangguan (3G), dan model polinom dua komponen gangguan (2G) berdasarkan data bulan Januari 2000 dari stasiun pengamat ionosfer Biak sesuai pola variasi diurnal dan semi diurnal.

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan 4.2 terlihat bahwa kontribusi dari komponen geomagnet terhadap model polinom empiris cukup kecil, karena fluktuasi indeks dst mengikuti pola yang dibentuk oleh frekuensi kritis foF2 lapisan ionosfer. Dengan perkataan lain bahwa indeks geomagnet secara umum berkorelasi positif terhadap frekuensi kritis foF2 yang artinya bila frekuensi kritis foF2 naik maka indeks geomagnet pun turut pula naik. Demikian pula sebaliknya bila frekuensi kritis turun maka indeks geomagnetpun ikut pula turun dan kedua parameter fenomena fisis itu selalu mengikuti kondisi yang ditimbulkan oleh tingkat aktivitas matahari.

Pada Gambar 4.3, hasil perhitungan model polinom empiris dibandingkan dengan model linear yang dikaitkan terhadap bilangan sunspot⁴. Perhitungan frekuensi kritis menggunakan model linear yang telah dikenal dan diakui oleh Internasional dilakukan dengan cara memasukan data frekuensi kritis foF2 lapisan ionosfer pada jam yang sama. Data frekuensi kritis tersebut diperoleh dari sampling terhadap jam sehingga dalam satu bulan diperoleh model linear empiris sebanyak 24 model. Hasil dari kedua model itu menunjukkan tidak jauh berbeda, sehubungan komponen gangguan yang digunakan pada model polinom juga akibat dari matahari.



Gambar 4.3. Perbandingan data frekuensi kritis foF2 dari model polinom empiris dan model linear⁴ untuk data bulan Januari 2000 sesuai pola variasi diurnal dan semi diurnal

5. Kesimpulan

Berdasarkan uraian model dalam pembahasan ini sehingga dapat disimpulkan bahwa model frekuensi kritis foF2 lapisan ionosfer yang sesuai kondisi area Kawasan Timur Indonesia yang dikaitkan terhadap lintang geografis, waktu setempat yang dipadang terhadap variasi ionosfer, dan variasi medan magnet bumi secara umum dinyatakan model polinom order tiga. Akurasi penggunaan model polinom order tiga cukup representatif dibandingkan terhadap data median bulanan maupun dari model linear yang telah diakui penggunaannya oleh Internasional.

Daftar Pustaka

1. Gaivoronska T. V, and Zelenova T. I. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, Volume 53 Number 6/7 June/July (1991).
2. Habirun dan M. Sjarifudin, *Warta LAPAN Lembaran Tambahan Majala LAPAN* No. 52 Tahun K-XXI Bulan Juli , hal. 37 – 44 (1997).
3. Habirun, Sity Rachyany, dan Mumen Tarigan, *Proceeding Media Dirgantara LAPAN* Volume 1. hal. 98 – 106 (1994).
4. Soegeng dan Sarmoko S, *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Himpunan Ahli Geofisika Indonesia* (1978).
5. Zherebtsov G. A, and O. I. Razuvaev, *Adv. Space Res.* Vol. 16 No. 1 pp(1) 115 – (1) 118 (1955).
6. Zolesi.B, Lj. R. Cander, and G.Franceshi, *Solar Terrestrial Prediction Proceedings of a workshop at Leura, Australia* October 16-20. Volume 2 pp. 418-427 (1989).