

Variasi Lapisan F Ionosfer Indonesia

Jiyo

Bidang Ionosfer dan Telekomunikasi,
Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa, LAPAN
Jl. Dr. Djundjunaan 133, Bandung 40173

Abstrak

Pada makalah ini dibahas tentang variasi lapisan ionosfer Indonesia berdasarkan perubahan frekuensi kritisnya (foF2). Data diperoleh dari hasil pengamatan menggunakan ionosonda di beberapa lokasi yakni Biak, Kototabang, Tanjungsari, Pameungpeuk, dan Tangerang. Data yang terkumpul sebanyak 149 bulan-data dan setelah dilakukan pembacaan (*scaling*), pengolahan, dan analisis, dan diperoleh kesimpulan bahwa frekuensi kritis lapisan ionosfer Indonesia mempunyai : (1) variasi terhadap garis lintang, (2) variasi harian, (3) variasi musiman, dan (4) variasi mengikuti siklus matahari. Adanya variasi foF2 terhadap garis lintang menyebabkan perbedaan MUF antara Indonesia bagian utara dengan bagian selatan. Adanya variasi harian mengakibatkan perbedaan MUF sepanjang malam hingga siang hari. Adanya variasi musiman menyebabkan perbedaan MUF antar bulan-bulan sepanjang tahun. Dan eksistensi variasi siklus matahari menyebabkan perbedaan MUF saat matahari tenang dan aktif yang lamanya antara 9 sampai dengan 11 tahun.

Kata kunci: lapisan F, frekuensi kritis (foF2), garis lintang, harian, musiman, siklus matahari.

Abstract

In this paper we discussed about F layer variation of ionosphere of Indonesia by using change of critical frequencies (foF2). Data obtained from observation by using ionosonde located at Biak, Kototabang, Tanjungsari, Pameungpeuk, and Tangerang. The data collected are 149 month which have been scaled and analyzed, yield information such that : (1) latitudinal variation, (2) diurnal variation, (3) seasonal variation, and (4) solar cycle variation. Existence latitudinal variation will cause the difference of MUF for north and south regions of Indonesia. Daily variation will cause the difference of MUF for every hour during the day and night. Seasonal variation will cause the difference of MUF for every month during the year. And existence of solar cycle variation will cause the difference of MUF for quiet and active sun in periods 9 to 11 year.

Key words: F layer, critical frequencies (foF2), latitudinal variation, daily, seasonal, solar cycle.

1. PENDAHULUAN

Lapisan ionosfer merupakan salah satu sumber daya alam yang bermanfaat bagi kehidupan di permukaan Bumi. Selain menahan masuknya partikel berenergi tinggi dari matahari yang berbahaya bagi kehidupan di Bumi, lapisan yang letaknya antara 60 km sampai 1000 km di atas permukaan Bumi ini juga mampu memantulkan gelombang radio sehingga dapat digunakan untuk prasarana komunikasi radio dan juga radar pelacak seperti *Over The Horizon Radar* (Majalah Angkasa, Februari 2001). Komunikasi radio pada rentang frekuensi 3-30 MHz yang dikenal dengan pita HF (*High Frequency*) dan 30-50 MHz yang dikenal sebagai pita VHF-rendah (*Low-Very High Frequency*), dapat menjangkau jarak yang sangat jauh tanpa perangkat pemancar ulang (*repeater*) karena dipantulkan oleh lapisan ionosfer.

Sampai saat ini, frekuensi HF yang juga dikenal sebagai gelombang pendek (*short wave*), masih banyak digunakan sebagai sarana komunikasi untuk berbagai bidang secara internasional seperti penerbangan, pelayaran, pertahanan dan keamanan, keperluan pemerintahan, penyiaran

nasional dan internasional, penelitian, penanggulangan bencana, dan keperluan lainnya, serta untuk hobi (amatir radio). Demikian pula di Indonesia, komunikasi radio HF dan VHF-rendah masih banyak digunakan untuk berbagai keperluan, baik oleh lembaga pemerintah maupun perorangan. Tingkat perkembangan TIK (Teknologi Informasi dan Komunikasi) di Indonesia yang masih relatif rendah dan belum merata menjadikan komunikasi radio mempunyai peran yang cukup penting dalam mendukung roda pemerintahan di negeri ini.

Karena komunikasi radio dipengaruhi oleh kondisi lapisan ionosfer, maka informasi tentang perilaku lapisan ini akan menjadi penting untuk diketahui. Perilaku yang dimaksud meliputi variasi terhadap perubahan waktu (temporal) dan lokasi (spasial). Dengan informasi ini penggunaan komunikasi radio HF/VHF-rendah akan lebih optimal dalam mendukung misi yang diemban oleh suatu stasiun radio. Oleh karenanya, maka pada makalah ini akan dibahas variasi untuk ionosfer Indonesia. Adapun tujuannya adalah mendapatkan informasi tentang variasi temporal maupun spasial lapisan F ionosfer Indonesia sehingga diperoleh pemahaman tentang variasi lapisan ini.

2. METODOLOGI

Parameter utama lapisan ionosfer adalah kerapatan elektron yakni banyaknya elektron setiap satu meter kubik (m^3). Dan perubahan jumlah elektron terhadap perubahan waktu mengikuti hukum kekekalan masa dalam bentuk persamaan kontinuitas (Rishbeth, 1988; Ivanov-Kholodny dan Mikhailov, 1986) berikut ini :

$$\frac{\partial N}{\partial t} = q - L - \nabla(NV) \dots \dots \dots (2-1)$$

Suku pertama ruas kanan (q) adalah produktivitas elektron, suku ke-2 (L) adalah rekombinasi antara elektron dengan ion positif sehingga menghasilkan partikel netral. Sedangkan suku ke-3 menyatakan migrasi elektron. Pengaruh matahari, baik secara langsung maupun tidak langsung, terhadap ketiga suku pada persamaan kontinuitas sangat dominan. Oleh karenanya tinjauan variasi frekuensi kritis lapisan F (f_oF_2) dilakukan dengan mengacu kepada variasi harian, variasi musiman, dan variasi siklus matahari.

Karena rotasi Bumi, maka kerapatan elektron lapisan ionosfer berubah seiring perubahan waktu selama 24 jam. Hal ini terjadi karena sumber energi utama untuk proses ionisasi dalam rangka pembentukan lapisan ionosfer adalah matahari. Pada siang hari intensitas energi matahari yang diterima oleh lapisan ionosfer lebih tinggi dibandingkan pada malam hari. Kemudian akibat perputaran bumi mengilingi matahari (revolusi), maka terjadilah beberapa musim di permukaan Bumi. Hal ini berlaku pula untuk lapisan ionosfer. Dari banyak penelitian tentang perilaku matahari telah diketahui bahwa matahari mempunyai siklus 9-11 tahun. Hal demikian juga akan berpengaruh terhadap lapisan ionosfer.

Selain aktivitas matahari, f_oF_2 juga bervariasi terhadap perubahan garis lintang. Artinya nilai f_oF_2 di dua lokasi yang lintangnya berbeda juga akan berbeda. Oleh karena itu variasi yang akan dibahas adalah : (1) variasi terhadap garis lintang, (2) variasi harian, (3) variasi musiman, dan (4) variasi siklus matahari.

Untuk melihat variasi lapisan F ionosfer Indonesia, maka parameter yang akan digunakan adalah frekuensi kritis lapisan F (f_oF_2). Nilai f_oF_2 diperoleh dengan cara membaca data mentah (*ionogram*) dengan prosedur tertentu (*scaling*). Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam rangka mencapai tujuan adalah : (1) mengumpulkan ionogram, (2) melakukan *scaling*, dan (3) analisis:

3. PENGAMATAN DAN DATA

Pengamatan ionosfer dilakukan dengan menggunakan radar yang bekerja pada frekuensi 2-22 MHz yang disebut ionosonda. Lokasi, tahun pengamatannya, dan bulan-data yang dihasilkan seperti pada tabel 3-1. Dan tipe ionosonda yang digunakan untuk melakukan

pengamatan seperti tabel 3-2. Dari pengamatan ini dihasilkan data mentah berupa ionogram dan setelah melalui proses scaling, maka diperoleh nilai foF2 dalam setiap jamnya. Selanjutnya dari data foF2 jam-an selama sebulan yang terkumpul dihitung mediannya. Jadi dalam sebulan diperoleh 24 nilai median foF2.

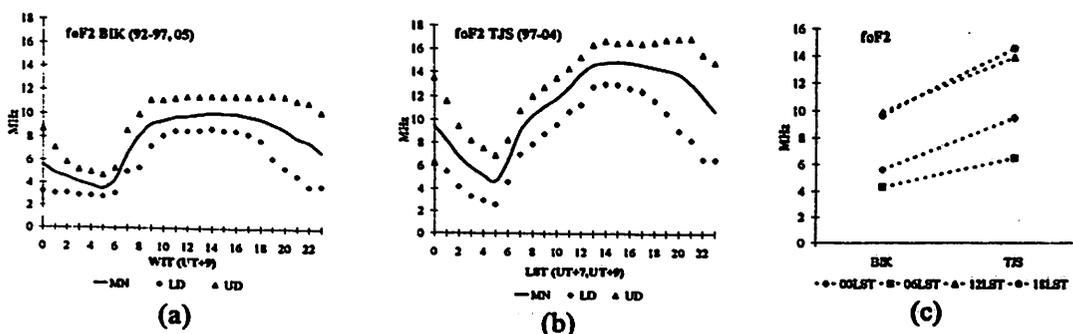
Tabel 3-1. Stasiun pengamat dirgantara (SPD), tahun pengamatan, dan jumlah data dalam satuan bulan-data yang digunakan dalam penelitian ini.

Stasiun Pengamat	Tahun pengamatan	Data yang digunakan
Biak (1LS, 136BT)	1985-1986, 1992-1997, 2005	50 bulan
Tanjungsari (6,91LS,107,83BT) Pameungpeuk (7,30LS,107,96BT)	1997-2004 1982-1983, 1985-1986,1997-1998	56 bulan 16 bulan
Tangerang (6,17LS,106,50BT) Kototabang (0,30LS,100,35BT)	1981-1982 2004-2005	17 bulan 10 bulan

Tabel 3-2. Tipe ionosonda yang digunakan.

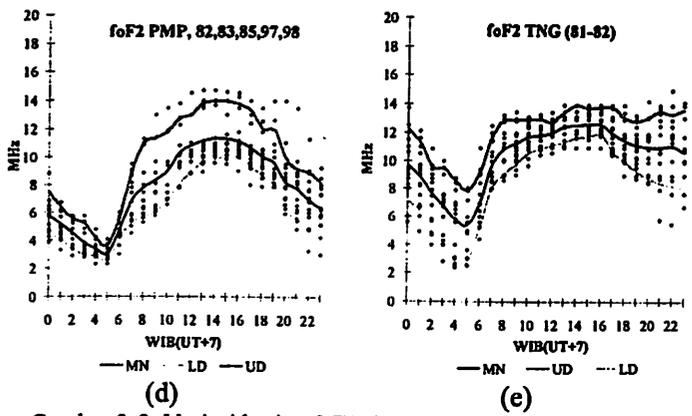
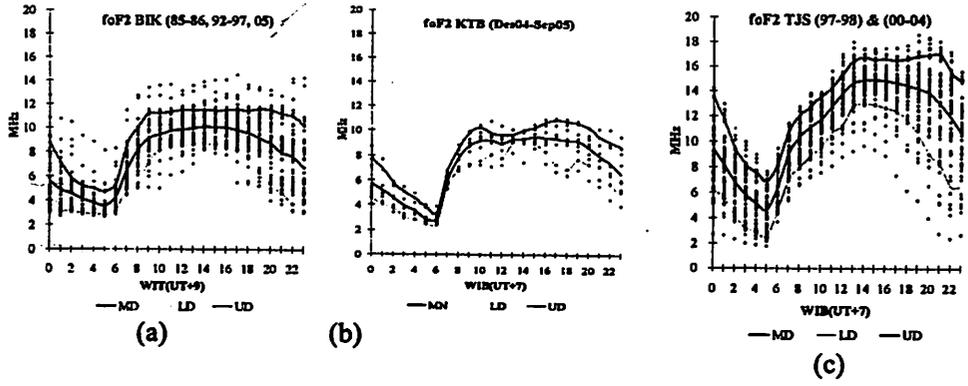
Stasiun Pengamat	Tipe ionosonda
Biak	IPS42 (1985-1986), IPS42/DBD43 (1992-1996), IPS51 (1997), CADI (1995-2005)
Tanjungsari	IPS71 (1997-2005)
Pameungpeuk	IPS42 (1982-1986), IPS51 (1997-1998)
Tangerang	IPS42 (1981-1982)
Kototabang	FMCW (2004-2005)

Untuk memudahkan analisis maka untuk jam yang sama dan seluruh bulan-data dihitung desil bawah (*Lower Decile*, LD), rataan (*Mean*, MN), dan desil atas (*Upper Decile*, UD). Misalnya median foF2 pada pukul 12.00 LST dari Biak sebanyak 50 bulan-data dihitung LD, MN, dan UD-nya. LD membagi data median foF2 menjadi dua bagian dengan sejumlah 10%-nya dibawah nilai LD dan 90%-nya lebih besar dari LD. Sebaliknya, UD membagi data median foF2 menjadi 90% berada dibawahnya dan 10%-nya di atas nilai UD. Hasil pengolahan LD, MN, dan UD di Tanjungsari dan Biak serta perbandingannya seperti terlihat pada Gambar 3-1.

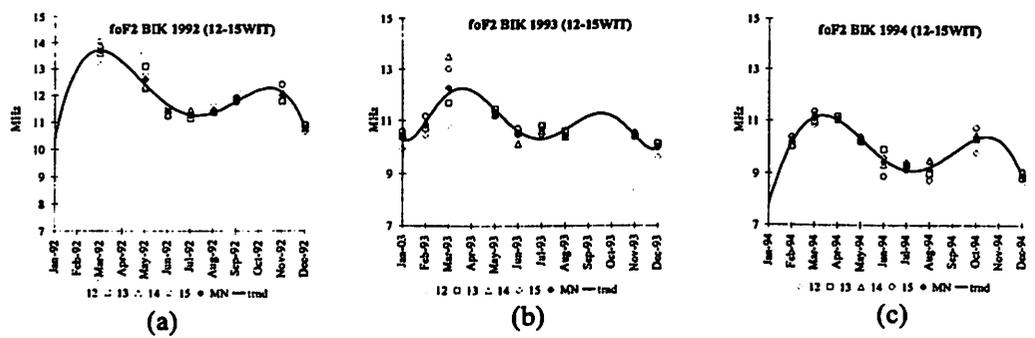


Gambar 3-1. Rataan dari median bulanan foF2 di atas Biak (1,00LS) (a) dan di atas Tanjungsari (6,91LS) (b), serta perbandingannya (c).

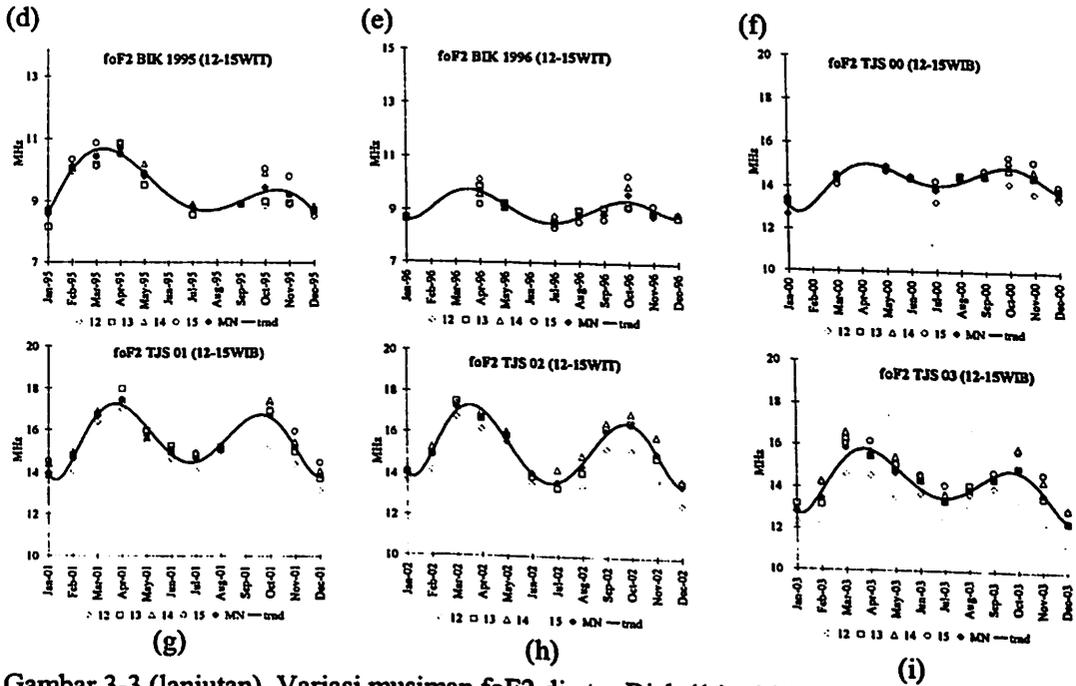
Selanjutnya grafik median foF2 dari Biak, Kototabang, Tanjungsari, Pameungpeuk, dan Tangerang seperti pada Gambar 3-2. Dari grafik pada gambar ini terlihat adanya pola variasi harian foF2 di masing-masing lokasi pengamatan. Sedangkan Gambar 3-3 dan 3-4 menunjukkan variasi musiman foF2 pada pukul 12-15 waktu lokal (*Local Sector Time*, LST).



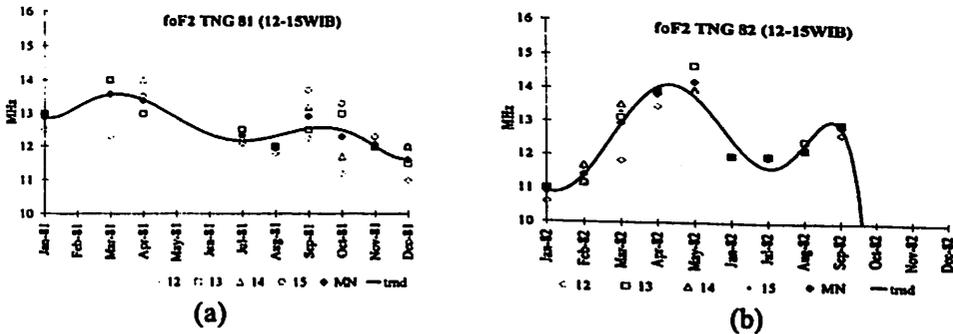
Gambar 3-2. Variasi harian foF2 di Biak (a), Kotabang (b), Tjungsari (c), Pameungpeuk (d), dan Tangerang (e).



Gambar 3-3. Variasi musiman foF2 di atas Biak ((a)-(c)) dan Tjungsari ((d)-(f)).

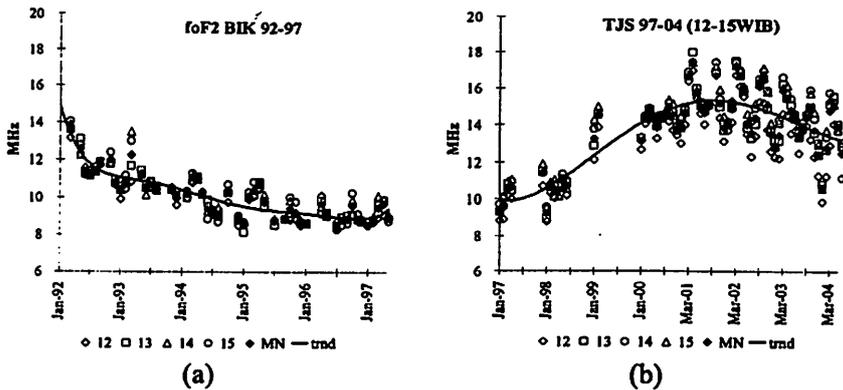


Gambar 3-3 (lanjutan). Variasi musiman foF2 di atas Biak ((a)–(e)) dan Tangjungsari ((f)–(i)).



Gambar 3-4. Variasi musiman foF2 di atas Tangerang 1981 dan 1982.

Untuk melihat variasi foF2 terhadap siklus matahari diperlukan data pengamatan selama paling tidak 10 tahun hingga 11 tahun. Namun dari tabel 3-1 menunjukkan bahwa tidak satu lokasi pengamatan yang menghasilkan data kontinu selama selang waktu tersebut. Oleh karena itu data hasil pengamatan di Biak (1992-1997) dan Tangjungsari (1997-2004) digabungkan dan diperoleh pola pada Gambar 3-5. Dari gambar ini terlihat adanya pola umum variasi foF2 berdasarkan siklus matahari.



Gambar 3-5. Variasi siklus matahari dari foF2 di atas Biak (a) dan Tanjungsari (b).

4. PEMBAHASAN

Derajat lintang Biak dan Kototabang adalah nol sama dengan 1 derajat karena dua tempat ini lebih dekat ke garis ekuator geomagnetik yang melintasi lokasi dekat Chumphon (10,50N; 99,17E) di Thailand dan dekat Cebu (10,30N; 123,90E) di Filipina (Maruyama, 2002). Sedangkan Tanjungsari, Pameungpeuk, dan Tangerang terelatak pada 6 derajat hingga 7,5 derajat lintang selatan. Tiga lokasi ini lebih dekat kepada *crest anomaly* (Walker and Strickland, 1981) yang mempunyai kerapatan elektron lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi ekuator geomagnet. Perbandingan foF2 di Tanjungsari dengan Biak menunjukkan hal tersebut. Pada Gambar 3-1 (c) terlihat bahwa nilai foF2 di Tanjungsari relatif lebih tinggi dibandingkan di atas Biak. Secara samar hal ini masih dapat dilihat dari Gambar 3-2 yaitu foF2 di atas Biak dan Kototabang relatif lebih rendah dibandingkan nilainya di Tanjungsari, Pameungpeuk, dan Tangerang. Jadi secara umum, foF2 ionosfer wilayah utara Indonesia (Sumatera bagian utara, Kalimantan, Sulawesi, Kepulauan Ambon dan Papua bagian utara) relatif lebih rendah dibandingkan nilai foF2 di wilayah selatan (Sumatera bagian selatan, Jawa, Bali dan Nusa Tenggara, serta Maluku dan Papua bagian selatan).

Variasi lapisan ionosfer dalam sehari telah banyak diketahui, baik untuk kalangan amatir (Straw, 2006) maupun peneliti. Kemudian, variasi harian foF2 ionosfer di atas lokasi pengamatan di Indonesia terlihat pada Gambar 3-2. Secara umum foF2 pada dini hari mencapai nilai minimum. Dari pagi hari hingga tengah hari terjadi kenaikan yang relatif cepat dan kemudian mencapai maksimum pada lepas tengah hari (12.00-14.00 LST). Pada sore hingga malam hari terjadi penurunan yang relatif lambat dibandingkan kenaikannya pada pagi-siang hari. Variasi harian ini disebabkan oleh perubahan intensitas energi matahari yang memasuki lapisan ionosfer mulai dini hari, pagi hari, siang hari hingga malamnya. Intensitas energi matahari yang memasuki lapisan ionosfer berubah seiring perputaran bumi pada porosnya (rotasi).

Perputaran bumi mengelilingi matahari (revolusi) mengakibatkan variasi musiman di lapisan ionosfer Indonesia seperti terlihat pada Gambar 3-3. Nilai median foF2 pada lepas tengah hari (pukul 12-15 LT) menunjukkan adanya variasi tersebut. Perubahan posisi bumi terhadap matahari memberikan perbedaan nilai foF2 sepanjang tahun. Nilai maksimum foF2 terjadi pada bulan Maret dan September, sedangkan minimumnya terjadi pada bulan Juni dan Desember.

Kemudian, tingkat aktivitas matahari yang mempunyai perioda antara 9 hingga 11 tahun juga memberikan perbedaan nilai foF2 lapisan ionosfer Indonesia. Nilai median foF2 pada tengah hari (pukul 12-15 LT) selama perioda waktu dari tahun 1992 hingga 2004 menunjukkan adanya siklus matahari (Gambar 3-4). Minimum foF2 terjadi pada tahun 1995-1996 dan

maksimum terjadi pada tahun 2001-2002. Dari Gambar 3-4, meskipun lokasi berbeda namun apabila disambungkan pola grafiknya menunjukkan variasi tersebut. Jadi pola variasi kerapatan elektron maksimum lapisan ionosfer Indonesia juga mengikuti siklus matahari.

Nilai frekuensi kerja maksimum (*Maximum Usable Frequency*, MUF) ditentukan berdasarkan nilai foF2. Oleh karena itu adanya variasi foF2 terhadap garis lintang, variasi harian, musiman, dan variasi berdasarkan siklus matahari akan mengakibatkan variasi yang sama untuk MUF.

5. KESIMPULAN

Dari pembahasan pada bab 4 dapat disimpulkan bahwa frekuensi kritis lapisan ionosfer Indonesia mempunyai variasi terhadap garis lintang, variasi harian, musiman dan variasi mengikuti siklus matahari. Adanya variasi foF2 terhadap garis lintang menyebabkan perbedaan MUF antara Indonesia bagian utara dengan bagian selatan. Adanya variasi harian mengakibatkan perbedaan MUF pada malam hari dan siang hari. Adanya variasi musiman menyebabkan MUF untuk bulan Maret dan September relatif lebih besar dari bulan-bulan lainnya. Dan MUF relatif paling rendah terjadi pada bulan Juni dan Desember. Kemudian eksistensi variasi siklus matahari menyebabkan perbedaan MUF saat sekarang dengan MUF pada lima tahun atau enam tahun mendatang.

DAFTAR RUJUKAN

- Maruyama, T., 2002, *Ionospheric Irregularities*, J. Of The Communications Research Labotary, Vo. 49, No. 3, halaman 163-178
- Rishbeth, H., 1988, *Basic Physics of The Ionosphere : A Tutorial*, J. Institution of Electronic and Radio Engineers, Vol. 58, No. 6 (Supplement), halaman S207-S223.
- Ivanov-Kholodny, G. S., and Mikhailov, A. V., 1986, *The Prediction of Ionospheric Conditions*, D. Reidel Publishing Co., halaman 16.
- Schunk, R. W., dan Nagy, A. F, 2000, *Ionospheres : Physics, Plasma Physics, and Chemistry*, Cambridge University Press, halaman 342 – 346
- Straw, R. D.(editor), 2006, *The ARRL Handbook for Radio Communications*, ARRL-The National Association for Amateur Radio, halaman 20.1-20.25
- Walker, G. O., and Strickland, A. E., 1981, *A Comparison of The Ionospheric Equatorial Anomaly in The East Asian and American Regions at Sunspot Minimum*, J. Atmospheric and Terrestrial Physics, Vol. 43, No. 5/6, pp. 589-595
- , 2001, *Atmosfer Pemantul Sinyal Radar*, Majalah Angkasa No.5, Februari