

# Penentuan MUF Pada Saat Terjadi Gangguan Geomagnet

Mumen. T, M. Sjarifudin, Habirun, Jiyo\*)

## ABSTRACT

For determining MUF during geomagnetic disturbance events by using Katz method, it is necessary to apply both foF2 data, during quiet and disturbed conditions. For analysing MUF during geomagnetic events, it is used foF2 and geomagnetic indeks K observed at station of aerospace observation of Biak (01°08'39"S; 136°02'46"E). The result was that the stronger geomagnetic disturbance was not necessarily followed by increasing  $MUF_D - MUF_Q$  deviation. This confirmed the result of Thompson (1988).

## RINGKASAN

Penggunaan metode Katz untuk menentukan MUF pada saat terjadi gangguan geomagnet memerlukan data foF2 pada saat tenang dan pada saat terjadi gangguan geomagnet. Untuk menganalisis MUF pada saat terjadi gangguan geomagnet, digunakan data foF2 dan indeks geomagnet K dari stasiun pengamat dirgantara Biak (01°08'39"LS; 136°02'46"BT). Dari analisis ini diperoleh bahwa makin kuat gangguan geomagnet belum tentu menyebabkan peningkatan simpangan  $MUF_D$  terhadap  $MUF_Q$ . Ini memberikan konfirmasi atas hasil Thompson (1988).

## 1. PENDAHULUAN

Komunikasi gelombang radio dengan menggunakan ionosfer sebagai media komunikasi merupakan hal yang menarik untuk diteliti karena selain ekonomis juga teknologinya relatif lebih mudah digunakan dibandingkan dengan satelit. Parameter yang diperlukan untuk menggunakan ionosfer sebagai media komunikasi diantaranya adalah frekuensinya. Adapun frekuensi kerja maksimum yang masih dapat digunakan untuk komunikasi gelombang radio HF (*Maximum Usable Frequency*) disebut dengan MUF. Salah satu besaran fisis untuk menentukan MUF yaitu frekuensi kritis lapisan F2 ionosfer (foF2).

Data foF2 merupakan parameter lapisan F yang sangat penting dalam menentukan MUF. Gangguan geomagnet menyebabkan perubahan harga foF2, yang akan mengakibatkan perubahan MUF (Thompson, 1988 dan Henry, 1969). Besarnya perubahan MUF yang ditimbulkan oleh gangguan geomagnet merupakan hubungan yang linier dengan kondisi MUF dalam keadaan tenang (Katz, 1970). Untuk lintang menengah mayoritas perubahan MUF selama kondisi terganggu dapat dikaitkan dengan perubahan di lapisan F selama gangguan medan magnet berupa badai magnet, dalam hal perubahan ketinggian lapisan F diabaikan (Katz, 1970).

\*) Peneliti Bidang Komunikasi HF, Puslitbang Pengetahuan Ionosfer-LAPAN.



Tingkat gangguan geomagnet dapat terlihat dari klasifikasi indeks K. Indeks K antara 0 – 2 menunjukkan geomagnet dalam keadaan tenang, K sama dengan 3 merupakan keadaan terganggu, dan harga K antara 4 – 9 dinyatakan sebagai kondisi badai magnet (Thompson, 1988).

Katz (1970) telah meneliti keterkaitan antara gangguan geomagnet K dengan foF2 di Washington, lintang menengah selama Februari 1963, Maret 1961 dan Juni 1963. Diperoleh bahwa pada bulan Februari 1963, peristiwa badai magnet dengan indeks K maksimum 8, mengakibatkan terjadi kenaikan foF2 sebesar 1 – 2 MHz segera setelah badai magnet dibandingkan dengan hari tenang. Pada bulan Maret 1961, badai magnet dengan indeks K adalah 7 tampak penurunan yang sangat tajam foF2 setelah 2 jam terjadinya badai. Sedangkan pada bulan Juni 1963 badai dengan indeks K=7, terlihat kenaikan foF2 sekitar 3 MHz setelah 19 jam peristiwa badai magnet tersebut.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui keterkaitan antara gangguan geomagnet K dengan fOF2 di Biak, lintang rendah, selama bulan Februari 1993, September 1993 dan Oktober 1993 serta menentukan MUF. Data geomagnet di Biak dianalisis untuk pengklasifikasiannya, kemudian dengan menggunakan data foF2 dari stasiun Biak, ditentukan MUF pada saat terjadi gangguan geomagnet. Adapun metode yang digunakan dalam penentuan MUF tersebut adalah metode Katz (1970) dan metode Secant.

## 2. DATA DAN PENGOLAHANNYA.

Untuk menentukan MUF pada saat terjadi gangguan geomagnet digunakan data foF2 dan indeks K (data per jam) yang simultan dari Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional untuk daerah Biak, pada bulan Februari, September dan Oktober 1993. Pemilihan data pada bulan tersebut didasarkan pada pertimbangan kualitas dan kelengkapan data. Hal itu sangat penting diperhatikan dalam pengklasifikasian indeks K (keadaan gangguan geomagnet atau keadaan tenang). Median

bulanan fOF2 dari data yang diteliti merupakan data fOF2 dalam keadaan tenang (tidak ada gangguan geomagnet), sedangkan harga fOF2 pada saat ada gangguan geomagnet dinyatakan sebagai data fOF2 keadaan terganggu.

Analisis data untuk memperoleh harga MUF akibat gangguan geomagnet diperoleh melalui perumusan Katz (1970), yaitu :

$$MUF_D = \frac{foF2_D - foF2_Q}{foF2_Q} MUF_Q + MUF_Q \dots (2-1)$$

dengan ,

MUF<sub>D</sub> adalah MUF pada saat ada gangguan geomagnet (terganggu), MHz

MUF<sub>Q</sub> adalah MUF pada saat tidak ada gangguan geomagnet (tenang), MHz

foF2<sub>D</sub> adalah foF2 terganggu, MHz

foF2<sub>Q</sub> adalah foF2 tenang, MHz

Dan melalui metode Secant

$$MUF_Q = foF2_Q \sqrt{1 + \left(\frac{d}{2h'F2}\right)^2} \dots (2-2)$$

dengan,

d adalah jarak komunikasi, Km

h'F2 adalah ketinggian semu lapisan F2, Km.

Dalam hal ini data jarak komunikasi, d yang dipakai adalah 500 kilometer dengan menganggap Biak adalah titik tengah dari dua tempat yang mengadakan komunikasi. Sedangkan data h'F2 diambil dari harga rata-rata ketinggian lapisan F sebesar 300 km.

## 3. HASIL

Dari data foF2 dalam keadaan geomagnet terganggu dan tenang diperoleh simpangan ( Δ ) maksimum foF2 (simpangan maksimum harian foF2 terganggu dari median bulanan foF2), pada tanggal 8 Februari jam 00.00 (waktu setempat) dengan indeks K = 4 adalah 3.57 MHz (Gambar 3-1a), pada 23 September jam 21.00 dengan K = 4 sebesar 3.76 MHz



pada 8 Oktober jam 07.00 dengan  $K = 3$  (Gambar 3-1c). Dalam aplikasinya, untuk memperoleh hasil  $MUF_Q$  dari persamaan (2-2), ditentukan jarak komunikasi,  $d$  dengan menganggap Biak adalah titik tengah dari dua tempat yang berkomunikasi. Dengan menggunakan metode Katz (1970) dan Secant dalam menentukan MUF untuk jarak 500 km, diperoleh hasil untuk tanggal 8 Februari besarnya antara 3.72 MHz – 15.05 MHz, tanggal 23 September adalah 10.43 MHz – 13.16 MHz dan 4.10 MHz – 15.20 MHz pada 8 Oktober. Sedangkan simpangan maksimum MUF terganggu dari MUF tenang untuk 8 Februari adalah 4.31 MHz terjadi pada jam 00.00 (Gambar 3-2a), untuk 23 September sebesar 3.07 MHz pada jam 21.00 (Gambar 3-2b) dan 2.06 MHz pada tanggal 8 Oktober 1993 jam 07.00 (Gambar 3-2c). Hasil rentang simpangan MUF terganggu dari MUF tenang dengan indeks  $K = 3$  untuk bulan Februari adalah antara 0.28 MHz – 1.15 MHz, dan September sebesar 0.21 MHz – 2.07 MHz, serta 0.14 MHz – 2.06 MHz pada bulan Oktober dengan indeks  $K = 5$  tampak bahwa harga rentang simpangannya sangat kecil yaitu 0.14 MHz – 0.38 MHz (Tabel 3-1).

Tabel 3-1 : INDEKS K DAN VARIASI SIMPANGAN ( $\Delta$ )  $MUF_p$  TERHADAP  $MUF_Q$  TAHUN 1993

JAM	8 FEBRUARI		23 SEPTEMBER		8 OKTOBER	
	K	$\Delta$	K	$\Delta$	K	$\Delta$
00	4	-4.31				
01	4	-3.65				
02	4	-2.13				
03	4	-1.83			3	-0.22
04	4	-1.72			3	0.14
05	4	-0.94			3	-0.36
06	3	0.37			3	0.24
07	3	0.68			3	2.06
08	3	0.29			3	0.64
09	3	-1.09	3	-2.07	4	
10	3	0.28	3	-0.21	4	0.44
11	3		3	-0.97	4	0.58
12	4		3	-0.95	5	0.14
13	4	-0.88	3		5	0.38
14	4	-0.30	3	-1.08	5	0.38
15	4	-0.56			3	1.18
16	4	1.86			3	1.01
17	4	0.22			3	-0.16
18	3	0.45	4	-0.87		
19	3	-0.44	4	-0.88		
20	3	-0.58	4	-1.81		
21	3	-1.15	4	-3.07	4	1.04
22	3	-0.82	4		4	0.56
23	3	-0.38	4	-0.63	4	-0.69

#### 4. PEMBAHASAN

Dari data foF2 dalam keadaan geomagnet terganggu dan tenang diperoleh

simpangan ( $\Delta$ ) maksimum foF2 (simpangan maksimum harian foF2 terganggu dari median bulanan foF2), pada tanggal 8 Februari jam 00.00 (waktu setempat) dengan indeks  $K = 4$  adalah 3.57 MHz (Gambar 3-1a), pada 23 September jam 21.00 dengan  $K = 4$  sebesar 3.76 MHz (Gambar 3-1b), dan sebesar 1.58 MHz terjadi pada tanggal 8 Oktober jam 07.00, dengan  $K = 3$  (Gambar 3-1c).

Dari apa yang telah diteliti oleh Katz (1970) tentang keterkaitan antara indeks gangguan geomagnet  $K$  dengan foF2 di Washington, selama Februari 1963, Maret 1961 dan Juni 1963, diperoleh bahwa pada bulan Februari 1963, peristiwa badai magnet dengan indeks  $K$  maksimum 8, mengakibatkan terjadi kenaikan foF2 sebesar 1-2 MHz segera setelah badai magnet dibandingkan pada hari tenang. Pada bulan Maret 1961, badai magnet dengan indeks  $K$  adalah 7 tampak penurunan yang sangat tajam foF2 setelah 2 jam terjadinya badai. Sedangkan pada bulan Juni 1963 badai dengan indeks  $K = 7$ , terlihat kenaikan foF2 sekitar 3 MHz setelah 19 jam peristiwa badai tersebut. Tampak hasil yang diperoleh dari penelitian ini mempunyai kecenderungan yang sama dengan yang diperoleh oleh Katz (1970).

Dari persamaan (2-1) dan (2-2) tampak bahwa perubahan foF2 yang sangat kecil akibat gangguan geomagnet akan mengakibatkan perubahan pada MUF. Sedangkan perubahan harga h'F2 dalam orde puluhan kilometer tidak terlalu berpengaruh dalam penentuan MUF (hanya berkisar tiga digit dibelakang koma). Dalam komunikasi gelombang radio perubahan frekuensi yang diperhitungkan adalah satu digit dibelakang koma, sehingga harga rata-rata h'F2 sebesar 300 km relevan untuk digunakan. Jarak komunikasi 500 km dengan menganggap Biak sebagai titik tengahnya juga masih relevan untuk digunakan mengingat bahwa karakteristik ionosfer yang diperoleh dari ionosonde variabel IPS 51 yang ada di Biak adalah sama untuk radius 500 kilometer.



Rentang simpangan MUF terganggu dari MUF tenang dengan indeks  $K = 3$  untuk bulan Februari adalah antara 0.28 MHz – 1.15 MHz, dan September sebesar 0.21 MHz – 2.07 MHz, serta 0.14 MHz – 2.06 MHz pada bulan Oktober dengan indeks  $K = 5$  tampak bahwa rentang simpangannya kecil yaitu 0.14 MHz – 0.38 MHz (Tabel 3-1). Dari hasil tersebut tampak bahwa gangguan geomagnet dengan indeks  $K$  yang sama belum tentu mengakibatkan simpangan MUF yang sama juga. Demikian juga halnya untuk perubahan indeks  $K$  yang semakin besar belum tentu mengakibatkan simpangan MUF yang besar.

Dari perhitungan MUF pada saat terjadi gangguan geomagnet menurut perumusan Katz (1970) pada persamaan 2-1, tampak bahwa variasi foF2 pada saat ada gangguan geomagnet sangat dominan (hubungan keduanya dinyatakan dalam bentuk hubungan linier), sebagaimana yang ditunjukkan dari Gambar 3-1a – 3-1c dan Gambar 3-2a – 3-2c. Dari hasil rentang simpangan MUF yang diperoleh, tampak mempunyai kecenderungan yang sama dengan yang diungkapkan oleh Thompson (1988) pada lintang menengah. Sering dianggap bahwa gangguan foF2 atau gangguan MUF terjadi bila ada gangguan geomagnet. Hal ini benar, namun bukan hubungan satu - satu (*one - to - one relationship*). Jadi pada saat gangguan geomagnet kuat dapat hanya berpengaruh kecil terhadap foF2 dan sebaliknya.

Kerumitan hubungan antara foF2 (sebagai parameter dominan untuk menentukan MUF) dengan geomagnet dapat dimengerti, mengingat variasi foF2 dipengaruhi juga oleh antara lain aktivitas matahari dan aktivitas ionosfer itu sendiri.

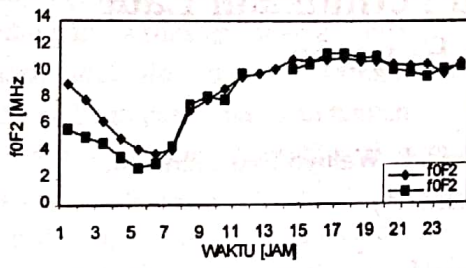
## 5. KESIMPULAN

MUF berbanding lurus foF2, sedangkan foF2 tidak hanya dipengaruhi oleh gangguan geomagnet tetapi antara lain juga oleh aktivitas ionosfer itu sendiri dan parameter aktivitas matahari (bilangan sunspot).

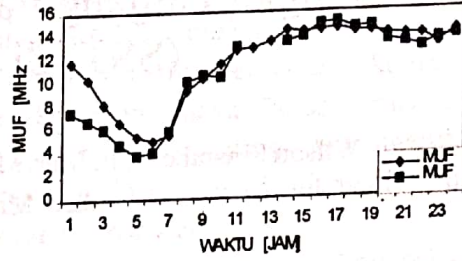
Dengan menggunakan data foF2 dan data geomagnet dari stasiun pengamat LAPAN di Biak diperoleh simpangan MUF maksimum terganggu terhadap MUF tenang tidak sama untuk harga indeks  $K$  yang sama. Untuk jarak komunikasi 500 kilometer dengan menganggap Biak merupakan titik tengah antara dua tempat yang berkomunikasi, diperoleh bahwa untuk indeks  $K = 3$ , rentang simpangan MUF pada bulan Februari adalah 0.21 MHz – 2.07 MHz, serta 0.14 MHz – 2.06 MHz pada bulan Oktober. Sedangkan untuk indeks  $K$  yang lebih besar ( $K=5$ ) pada bulan Oktober diperoleh harga simpangan MUF yang kecil yaitu dengan rentang 0.14 MHz – 0.38 MHz. Ini berarti meningkatnya gangguan geomagnet belum tentu memperbesar simpangan MUF<sub>D</sub> terhadap MUF<sub>Q</sub>.

## DAFTAR PUSTAKA

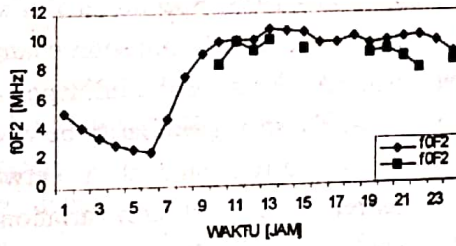
1. Henry, R., Owen K. G., 1969., *Introduction to Ionospheric Physics.*, Academic Press.
2. Katz A.H., 1970., *Ionospheric Forecasting North Atlantic Treaty Organization Advisory Group for Aerospace Research and Development Conference.*, Proceeding No. 49., Hal 31-1 s/d 33-4.
3. Thompson., 1988., *Induced Terrestrial Disturbance a Review Australian Government Department of Administrative Services*, IPS Radio And Space Services.



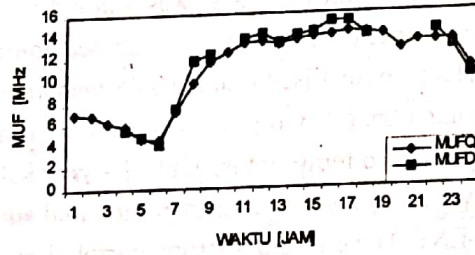
(a)



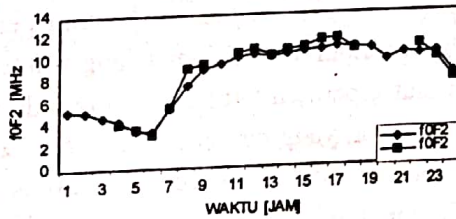
(a)



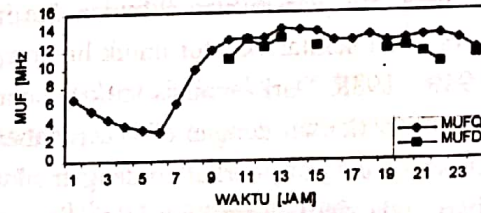
(b)



(b)



(c)



(c)

Gambar 3.1: f0F2 KEADAAN TENANG (f0F2Q) DAN KEADAAN TERGANGGU (f0F2D) PADA TAHUN 1993 UNTUK (a) FEBRUARI, (b) SEPTEMBER DAN (c) OKTOBER.

Gambar 3.2: MUF KEADAAN TENANG (MUFQ) DAN KEADAAN TERGANGGU (MUF) PADA TAHUN 1993 UNTUK (A) FEBRUARI, (B) SEPTEMBER DAN (C) OKTOBER.