

METODE PEMBACAAN DATA IONOSFER HASIL PENGAMATAN MENGUNAKAN IONOSONDA FMCW

Jiyo

Peneliti Bidang Ionosfer dan Telekomunikasi, LAPAN
Email : jiyo@bdg.lapan.go.id; jiyolpnbkg@yahoo.com

RINGKASAN

Pada makalah ini dibahas metode atau langkah-langkah dalam melakukan pembacaan ionogram (*scaling*) yang dihasilkan oleh ionosonda tipe FMCW (*Frequency Modulation Continuous Wave*) di Kototabang. Hal ini perlu dilakukan mengingat belum tersedia piranti lunak untuk melakukan *scaling*. Ukuran (*pixel*) dari citra ionogram dalam bentuk file PNG ternyata konsisten. Dengan demikian dapat diturunkan perhitungan untuk menentukan harga frekuensi dan ketinggian lapisan ionosfer. Dari contoh-contoh penerapan diketahui bahwa parameter ionosfer hasil *scaling* dengan metode ini sesuai dengan ionogram dan harga median bulannya menunjukkan ciri umum variasi harian frekuensi dan ketinggian lapisan ionosfer. Dengan demikian metode *scaling* yang dibahas dapat menghasilkan data yang tidak menyimpang dari ciri umum lapisan ionosfer.

1 PENDAHULUAN

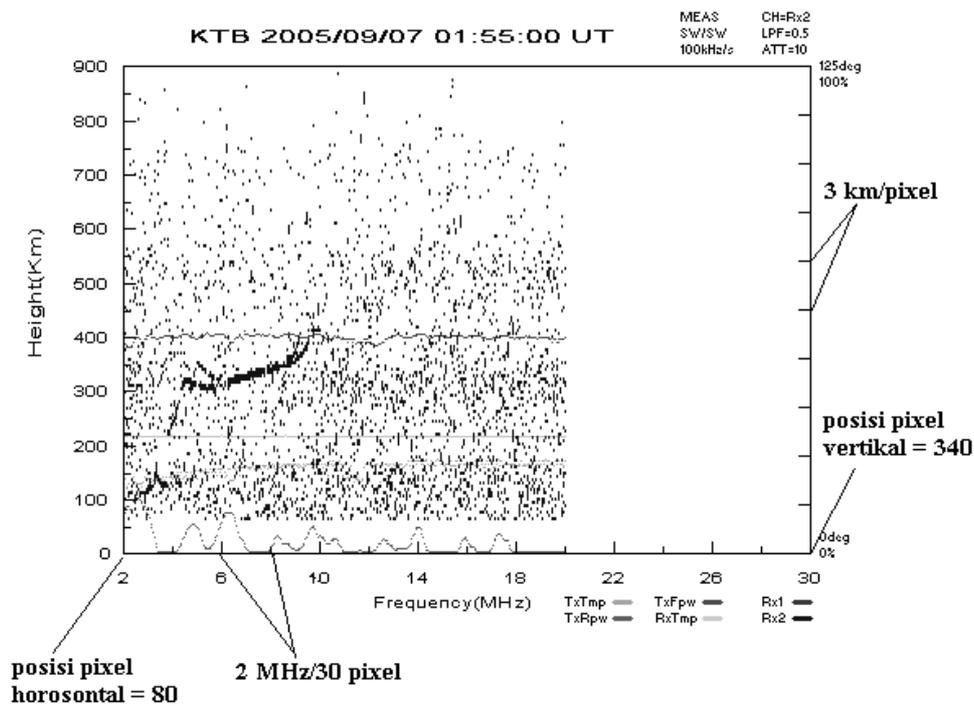
Dalam rangka penelitian perilaku lapisan ionosfer di kawasan Asia Tenggara, maka NICT (*National Institute of Communication Technology*), Jepang bekerjasama dengan beberapa negara di kawasan Asia Tenggara telah memasang perangkat pengamatan ionosfer. Salah satu jaringan perangkat pengamat ionosfer tersebut adalah ionosonda tipe FMCW (*Frequency Modulation Continuous Wave*) di SPD (Stasiun Pengamat Dirgantara) Kototabang (0,30 LS, 100,35 BT) yang merupakan wujud kerja sama antara NICT dengan LAPAN. Perangkat ionosonda tersebut telah dipasang dan beroperasi sejak bulan Maret 2004 serta telah menghasilkan data sampai sekarang.

Hasil pengamatan berupa citra ionogram dalam format file PNG dapat diolah menggunakan beberapa piranti lunak (*software*) seperti *Microsoft Paint*, *Corel Draw*, dan perangkat lain yang sejenis. Namun disayangkan dari pihak pembuat ionosonda FMCW tersebut belum menyediakan piranti lunak untuk melakukan pembacaan (*scaling*). Untuk itu, agar diperoleh data baku parameter ionosfer seperti frekuensi minimum (f_{min}), frekuensi kritis lapisan E (f_oE),

frekuensi kritis lapisan Es (f_oEs), frekuensi kritis lapisan F (f_oF2), ketinggian lapisan E ($h'E$), ketinggian lapisan E-Sporadis ($h'Es$), ketinggian lapisan F ($h'F$), dan ketinggian lapisan F2 ($h'F2$), maka diperlukan pengembangan metode dan piranti tambahan. Dalam rangka menyediakan metode atau piranti lunak tersebut, maka kegiatan ini dilakukan.

2 IONOGRAM HASIL PENGAMATAN DENGAN IONOSONDA FMCW

Pengamatan dengan ionosonda FMCW menghasilkan ionogram dalam bentuk citra dalam format PNG (Gambar 2-1). Berdasarkan tampilan citra pada paket program *Microsoft Paint* maka diperoleh data berikut : Ukuran bidang ionogram adalah 420 *pixel* untuk sumbu horizontal dan 300 *pixel* untuk sumbu vertikal. Sejumlah 420 *pixel* horizontal mewakili selang frekuensi 28 MHz. Sedangkan 300 *pixel* pada sumbu vertikal merepresentasikan selang ketinggian 900 km. *Pixel* ke-80 sumbu horizontal merupakan posisi titik 2 MHz pada sumbu yang menyatakan frekuensi. Sedangkan *pixel* ke 340 pada sumbu horizontal merupakan titik ketinggian 0 km.



Gambar 2-1: Ionogram hasil pengamatan menggunakan ionosonda FMCW di Kototabang, Bukittinggi

3 METODE SCALING

Dari penjelasan pada bab 2 diperoleh data titik-titik acuan dari ionogram. Untuk menentukan frekuensi, maka acuan yang digunakan adalah titik awal frekuensi 2 MHz dengan posisi *pixel* awalnya 80, kenaikan MHz terhadap *pixel* adalah 2 MHz/30 *pixel*. Dari data ini dapat diturunkan perumusan untuk menghitung frekuensi seperti persamaan (3-1). Jika *x* posisi *pixel* horizontal, maka harga frekuensi pada posisi tersebut adalah :

$$f(x) = 2 + 2\left(\frac{x-80}{30}\right) \dots\dots\dots [\text{MHz}] \quad (3-1)$$

Selanjutnya pada posisi vertikal, ketinggian 0 km terletak pada posisi *pixel* ke-340 dan 3 kilometer ketinggian terwakili oleh 1 *pixel*. Dengan mengacu kepada data tersebut, maka dapat diturunkan persamaan (3-2). Jika *y* adalah posisi *pixel* vertikal, maka ketinggiannya fungsi dari *pixel* vertikal *h(y)* adalah :

$$h(y) = 3(340 - y) \dots\dots [\text{km}] \quad (3-2)$$

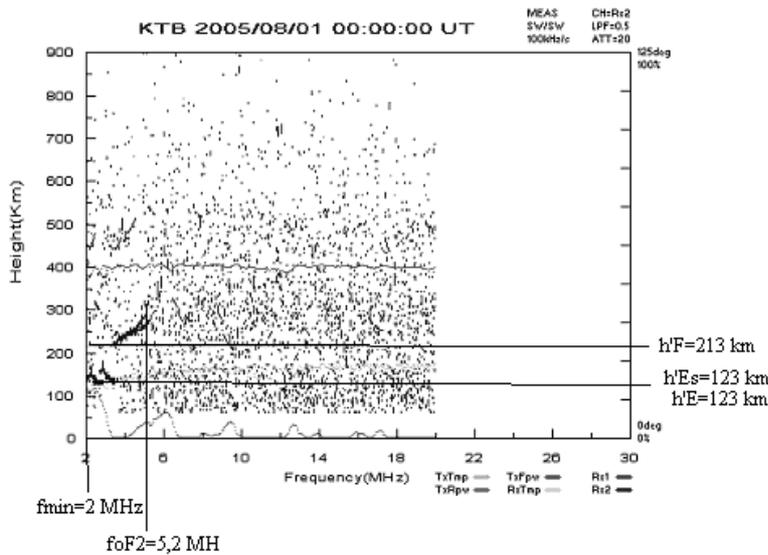
Perumusan (3-1) dan (3-2) dapat diterapkan dengan menggunakan piranti lunak aplikasi *Microsoft Excel*. Sedangkan harga *x* dan *y* diper-

oleh menggunakan piranti lunak *Microsoft Paint*. Jadi dengan menggunakan rumus (3-1), (3-2), dan dua paket program aplikasi tersebut, maka *scaling* dapat dilakukan. Aturan baku *scaling* ionogram sesuai dengan Report UAG-23A (1978).

4 PENERAPAN DAN PEMBAHASAN

Di sini akan dibahas contoh penerapan metode *scaling* yang telah dibahas pada metode *scaling* dan hasilnya.

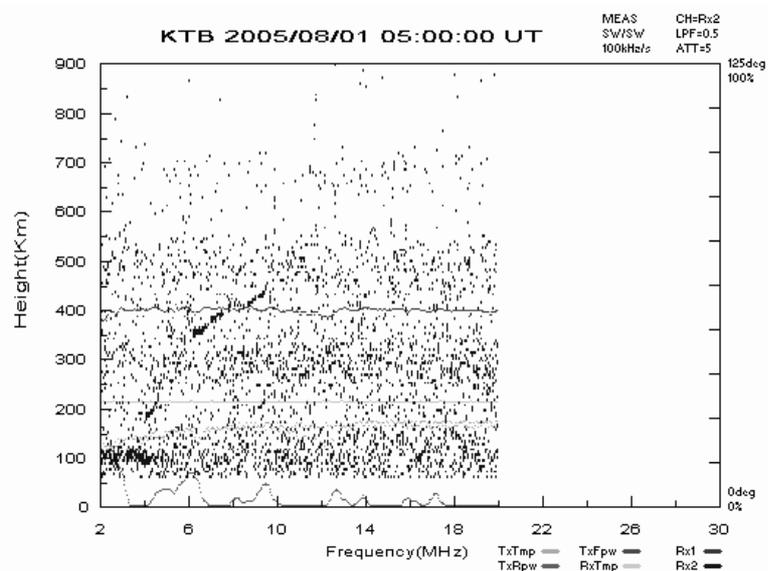
Gambar 4-1 menunjukkan gambar ionogram FMCW yang diamati pada tanggal 1 Agustus 2005, pukul 7 WIB (0 UT) di SPD Kototabang. Panel kanan merupakan tabel parameter ionosfer hasil *scaling*. Secara umum harga setiap parameter hasil *scaling* tidak meleset jauh dari posisi *trace* (garis) ionogram. Frekuensi minimum (*fmin*) menunjukkan angka 2 karena memang angka itulah batas bawah frekuensi yang diamati oleh peralatan ionosonda FMCW. Kemudian ketinggian lapisan E dan Es juga sama yaitu 123 km, dengan nilai frekuensi kritis masing-masing 2,1 MHz untuk *foE* dan 3,0 MHz untuk *foEs*. Ketinggian lapisan F (*h'F*) menunjukkan angka 213 km dengan frekuensi kritisnya (*foF2*) 5,2 MHz.



Parameter hasil scaling :

- f_{min} : 2,0 MHz.
- $h'E$: 123 km.
- f_oE : 2,1 MHz.
- $h'Es$: 123 km.
- f_oEs : 3,0 MHz.
- $h'F$: 213 km.
- f_oF1 : -
- $h'F2$: -
- f_oF2 : 5,2 MHz.

Gambar 4-1: Ionogram hasil pengamatan dengan ionosonda FMCW di Kototabang tanggal 1 Agustus 2005, pukul 07.00 WIB (0 UT) (panel kiri) dan hasil *scaling* menggunakan metode yang dibahas (panel kanan)



Parameter hasil scaling :

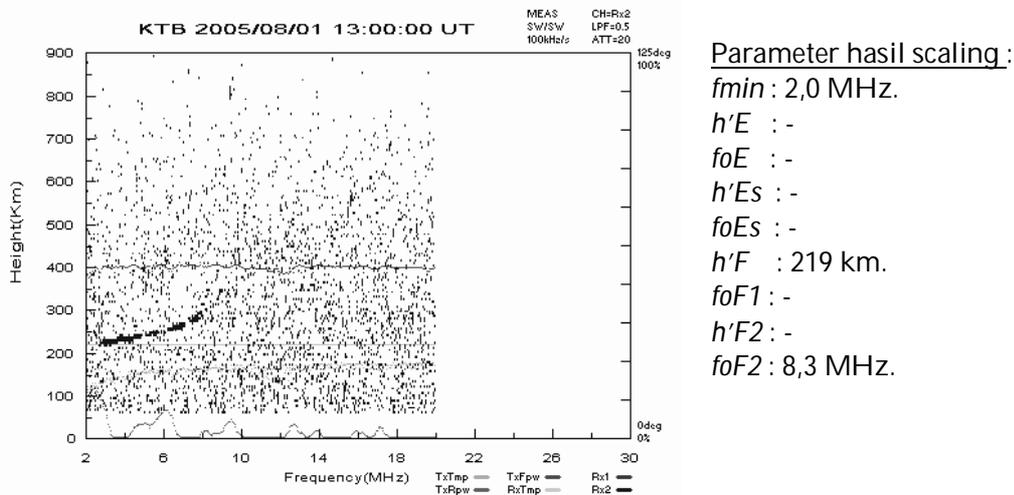
- f_{min} : 2,0 MHz.
- $h'E$: 82 km.
- f_oE : 3,3 MHz.
- $h'Es$: 87 km.
- f_oEs : 4,5 MHz.
- $h'F$: 189 km.
- f_oF1 : 4,9 MHz.
- $h'F2$: 348 km
- f_oF2 : 9,6 MHz.

Gambar 4-2: Ionogram hasil pengamatan dengan ionosonda FMCW di Kototabang tanggal 1 Agustus 2005, pukul 12.00 WIB (5UT) (panel kiri) dan hasil *scaling* menggunakan metode yang dibahas (panel kanan)

Gambar 4-2 menunjukkan kondisi lapisan ionosfer di atas Kototabang pada tanggal 1 Agustus 2005 tengah hari. Pada saat itu muncul lapisan lengkap yaitu E, Es, F1, dan F2 sekaligus. Dan hasil *scaling*-nya seperti terlihat pada panel sebelah kanan. Secara visual, harga-harga parameter ionosfer yang dihasilkan dapat dibandingkan dengan gambar ionogram (panel kiri), dan hasil antara keduanya tidak saling bertentangan atau berbeda. Sebagai contoh

harga f_oF2 yang 9,6 MHz, jika dilihat *trace* ionogram memang harganya sekitar 10 MHz.

Ionogram hasil pengamatan pada malam hari terlihat seperti pada Gambar 4-3. Pada pukul 20.00 WIB, tanggal 1 Agustus 2005 lapisan ionosfer di atas Kototabang hanya muncul satu lapisan yaitu lapisan F saja. Frekuensi minimum 2 MHz, frekuensi kritisnya 8,3 MHz, dengan ketinggian lapisan 219 km. Seperti halnya dua contoh sebelumnya, hasil *scaling* ini cukup konsisten dan logis dengan gambar ionogramnya.



Gambar 4-3: Ionogram hasil pengamatan dengan ionosonda FMCW di Kototabang tanggal 1 Agustus 2005, pukul 20 WIB (13UT) (panel kiri) dan hasil *scaling* menggunakan metode yang dibahas (panel kanan)

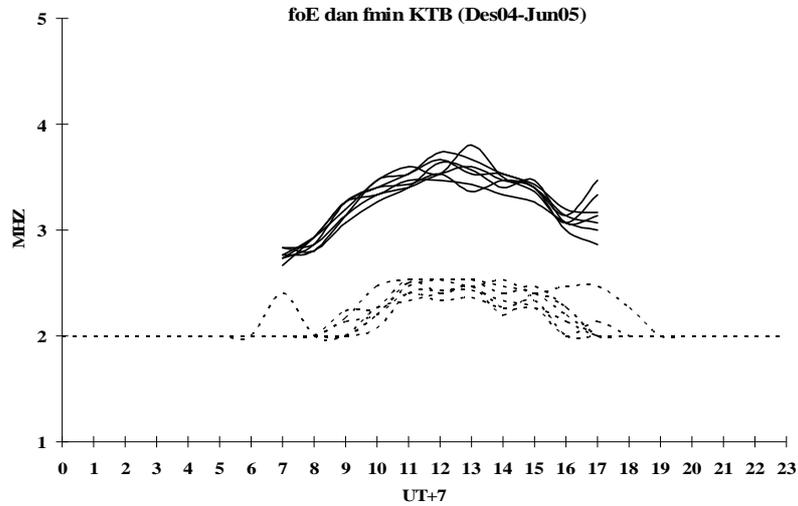
5 PEMBAHASAN

Metode yang dibahas ini telah diterapkan untuk membaca data ionosfer di atas Kototabang yang diamati dari bulan Desember 2004 sampai dengan Juni 2005. Salah satu parameter ionosfer yang dihasilkan seperti pada Gambar 5-1. Gambar 5-1 tersebut menunjukkan variasi harian frekuensi minimum (f_{min}) lapisan ionosfer dan frekuensi kritis (maksimum) lapisan E (foE) di atas lokasi tersebut. Pola median f_{min} dan foE tersebut mengikuti pola variasi harian ionosfer lintang rendah yang telah diketahui (misalnya Mathews, et al, 1982 dan Jiyo, 1996). Pada malam hari f_{min} mencapai harga minimum karena proses ionisasi di lapisan D mencapai kondisi minimum. Sementara pada siang hari terjadi peningkatan harga f_{min} seiring dengan peningkatan intensitas energi matahari yang mencapai lapisan D dan memacu proses ionisasi. Demikian pula yang terjadi di lapisan E. Pada malam hari intensitas energi matahari tidak cukup untuk proses ionisasi di lapisan tersebut. Sedangkan pada siang hari terjadi sebaliknya dengan ditandai peningkatan harga foE .

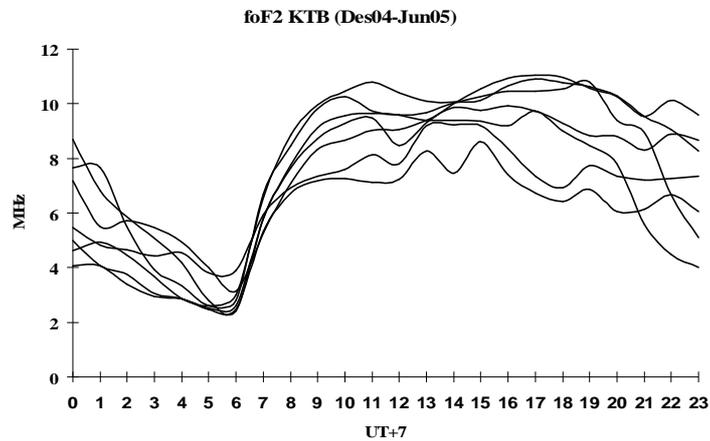
Selanjutnya Gambar 5-2 menunjukkan variasi harian frekuensi kritis (maksimum) lapisan ionosfer di atas lokasi tersebut. Grafik median $foF2$ tersebut polanya sesuai dengan pola variasi harian yang telah dikenal (misalnya

Kholodny-Ivanov dan Mikhailov, 1986; dan Jiyo, 1996). Pada tengah malam menjelang pagi hari harga $foF2$ menurun dan mencapai nilai terendah sekitar pukul 05.00 WIB. Harga ini kemudian naik secara cepat menjelang tengah hari dan kemudian menurun secara perlahan sampai tengah malam.

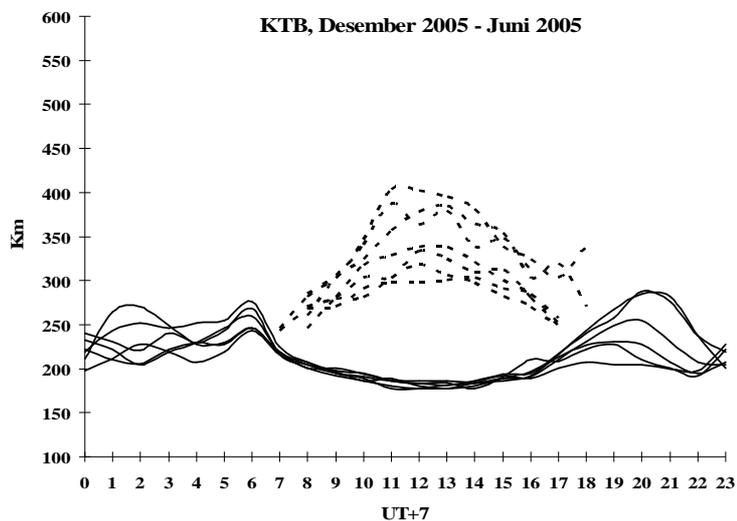
Kemudian Gambar 5-3 menunjukkan grafik ketinggian lapisan ionosfer di atas Kototabang dari bulan Desember 2004 sampai dengan Juni 2005. Pola grafik pada gambar ini menunjukkan ciri umum variasi ketinggian ionosfer (Kholodny-Ivanov dan Mikhailov, 1986). Ketinggian lapisan F ($h'F$) adalah ketinggian terendah dari lapisan F pada malam hari atau ketinggian lapisan F1 yang muncul pada siang hari. Sedangkan ketinggian F2 ($h'F2$) adalah ketinggian lapisan F₂ pada siang hari. Pada malam hari lapisan ionosfer yang muncul umumnya hanya satu lapisan dan disebut lapisan F (Gambar 4-3). Sesuai dengan aturan baku *scaling* ionogram (Report UAG-23A), maka ketinggian lapisan ionosfer adalah $h'F$. Sedangkan pada siang hari lapisan F yang muncul pada umumnya lebih dari satu (Gambar 4-2). Lapisan yang di bawah disebut F1 dan yang di atas lapisan F2. Dalam kondisi seperti ini, maka ketinggian lapisan F1 disebut $h'F$ dan ketinggian lapisan F2 dinamakan $h'F2$.



Gambar 5-1: Median fmin (garis terputus) dan foEs (garis tersambung) di atas Kototabang bulan Desember 2004 sampai dengan Juni 2005, yang merupakan hasil *scaling* dengan metode yang dibahas



Gambar 5-2: Median foF2 di atas Kototabang bulan Desember 2004 sampai dengan Juni 2005, yang merupakan hasil *scaling* dengan metoda yang dibahas



Gambar 5-3: Median h'F dan h'F2 di atas Kototabang bulan Desember 2004 sampai dengan Juni 2005

Persamaan kontinuitas di lapisan ionosfer menunjukkan bahwa laju perubahan kerapatan elektron sebanding dengan produktivitas (ionisasi) dikurangi *loss* (rekombinasi) dan perpindahan (konvergensi) (Rishbeth, 1998). Seperti terlihat pada Gambar 5-3, $h'F_2$ di atas Kototabang hanya muncul pada siang hari. Hal ini disebabkan intensitas energi matahari yang memasuki lapisan ionosfer lebih besar sehingga produktivitas elektron meningkat dan akhirnya terbentuk dua lapisan (lapisan F1 dan F2). Sedangkan pada malam hari terjadi sebaliknya, intensitas energi matahari yang memasuki lapisan ionosfer lebih rendah dan proses rekombinasi meningkat sehingga hanya terbentuk satu lapisan saja.

Jadi data yang dihasilkan dengan metode *scaling* yang dibahas menunjukkan kesesuaian dengan gambar ionogram yang dihasilkan oleh ionosonda FMCW. Median bulanan frekuensi kritis (f_oF_2) dan ketinggian lapisan ionosfer ($h'F$ dan $h'F_2$) menunjukkan ciri umum variasi harian lapisan tersebut. Dengan demikian metode *scaling* yang dibahas tidak menunjukkan adanya penyimpangan hasil *scaling* dengan ciri-ciri umum variasi lapisan ionosfer.

Satu hal yang menjadi catatan adalah penentuan faktor MUF (*Maximum Usable Frequency*), yakni faktor pengali untuk mendapatkan frekuensi maksimum untuk sirkit komunikasi radio dengan jarak 3000 km (M(3000) F2). Untuk menentukan parameter ini diperlukan bantuan garis singgung terhadap garis ionogram (*trace*) dengan perumusan tertentu. Dengan perangkat lunak *Microsoft Paint* dan *Microsoft Excel* langkah ini belum bisa dilakukan. Tidak seperti parameter baku yang telah disebutkan pada bab 1, dalam kegiatan

penelitian M(3000)F2 jarang digunakan, sehingga perhitungannya bisa ditunda lebih dahulu.

6 PENUTUP

Dari pembahasan pada bab 5 maka dapat disimpulkan bahwa metode *scaling* ionogram FMCW yang dibahas dapat menghasilkan data yang tidak menyimpang dari sifat umum lapisan ionosfer. Dengan demikian maka metode ini dapat digunakan untuk melakukan pembacaan ionogram FMCW dari SPD Kototabang.

DAFTAR RUJUKAN

- Ivanov-Kolodny, G. S. dan Mikhailov, A. V., 1986. *The Prediction of Ionospheric Conditions*, D. Reidel Publ. Co., hal 113.
- Jiyo, 1996. *Variasi Harian dan Musiman foF2 di Atas Biak Selama Periode Aktivitas Matahari Menurun (1992-1995)*, Proc. Seminar Media Dirgantara dalam rangka HUT LAPAN ke-33, hal. 181-188.
- Mathews, J. D.; Breakall, J. K.; dan Ganguly, S., *The Measurement of Diurnal Variations of Electron Concentration in 60-100 km Ionosphere at Arecibo*, J. Atmospheric and Terrestrial Physics, Vo. 44, No. 5, hal. 441-448.
- Rishbeth, H., 1988. *Basic Physics of The Ionosphere : A Tutorial Review*, J. Institution on Electric and Radio Engineers, Vol. 58, No. 6 (Supplement), hal. S207-S223.
- , 1978, *URSI Handbook of Ionogram Interpretation and Reductions*, Revision of Chapters 1-4, WDC for Solar-Terrestrial-Physics, (Report UAG-23A).