

TELAAH HUBUNGAN FLUKS RADIO MATAHARI (F10.7) DAN BILANGAN SUNSPOT (R) DENGAN FREKUENSI KRITIS LAPISAN F2 (foF2) IONOSFER

Suratno*), Sarmoko Saroso**), Budiyanto***),
Suprijatno Jasman*)

RINGKASAN

Pada periode aktivitas matahari tingkat menengah (1992/1993), telah diperoleh hubungan fluks radio matahari 10.7 cm (F10.7) dan bilangan sunspot (R) dengan frekuensi kritis lapisan F2 (foF2) ionosfer secara harian untuk pukul 12.00 waktu lokal. Masing-masing berbentuk :

$$foF2 = 0.0196 F10.7 + 8.421, \quad \text{dan} \quad foF2 = 0.0171 R + 9.756$$

dengan koefisien korelasi berturut-turut 0.67 dan 0.52. Tingkat aktivitas matahari ternyata berpengaruh pada ketinggian foF2. Untuk F10.7 = 150 dan R = 100, foF2 hanya terjadi pada ketinggian <300 km.

1. PENDAHULUAN

Aktivitas matahari bervariasi secara periodik dengan siklus rata-rata 11 tahun, merupakan sumber radiasi elektro magnetik yang intensitasnya bervariasi sesuai dengan tingkat aktivitasnya. Tingkat aktivitas matahari dapat ditinjau dari jumlah sunspot yang terlihat di permukaan matahari. Area di sekitar (grup) sunspot menandai adanya daerah aktif yang intensitas radiasi elektromagnetiknya juga

meningkat. Fluks energi ultraviolet meningkat dengan meningkatnya bilangan sunspot. Peningkatan fluks energi semakin tinggi pada panjang gelombang radiasi yang semakin pendek mendekati sinar-X (de Ja-ger, 1964, Gordon, 1978, Ratcliffe, 1972, Sakurai, 1974). Dalam kaitannya dengan atmosfer bumi, radiasi matahari yang berperan dalam pembentukan lapisan F1 dan F2 ionosfer adalah gelombang rentang 20-35 nm (Ratcliffe 1972). Untuk lapisan F2 berperan juga gelombang pada rentang 45-65 nm (Ratcliffe, 1972, Herbert, 1964, Ivanov Kholodny, 1986). Selain bilangan sunspot, indikator

*) Peneliti Bidang Matahari dan Lingkungan Antariksa
**) Peneliti Bidang Dinamika Ionosfer
***) Peneliti Bidang Komunikasi HF.

tingkat aktivitas matahari lain adalah radiasi pada panjang gelombang 10.7 cm (selanjutnya disebut F10.7). Fluks 107 cm bervariasi menurut siklus sunspot. Meskipun F10.7 dan bilangan (R) memiliki korelasi yang kuat, namun untuk keperluan penelitian dengan selang waktu pendek (harian atau bulanan) lebih tepat digunakan F10.7. Hal itu disebabkan karena sumber emisi F10.7 berasal di atas daerah aktif di mana sunspot tidak atau belum teramati (Lean, 1991). Ivanov-Kholodny (1986) mengemukakan bahwa F10.7 berkorelasi linear terhadap luas permukaan sunspot. Dikatakan pula bahwa keterkaitan F10.7 dengan luas sunspot pada saat matahari aktif lebih erat dibandingkan dengan untuk saat matahari tenang.

Suprijatno, J. dkk. (1984), telah melakukan penelitian tentang hubungan antara rata-rata bulanan bilangan sunspot (R) dan F10.7, diperoleh hasil yang cukup baik dengan koefisien korelasi mencapai 0.84. Demikian pula penelitian tentang hubungan F10.7 dengan intensitas radiasi ultraviolet matahari dikemukakan secara lengkap oleh Ivanov-Kholodny (1986).

Dalam kaitannya dengan pengaruh aktivitas matahari pada perubahan frekuensi kritis lapisan F2 (foF2), Rustam, E. dkk. (1993), juga telah meneliti hubungan antara bilangan sunspot dan foF2, yang dikaitkan secara rata-rata data bulanan; diperoleh hasil yang sangat baik dengan koefisien korelasi mencapai 0.95.

Hubungana erat antara F10.7 dan R serta F10.7 dan radiasi ultraviolet ekstrem (EUV) maka sangat

memungkinkan bahwa rapat fluks radio matahari pada 10.7 cm dipergunakan sebagai salah satu parameter untuk memprediksi besar frekuensi kritis lapisan F2 (foF2). Karena aktivitas matahari tidak hanya bervariasi sesuai siklusnya, tetapi juga bervariasi dari hari ke hari, maka dalam hal penelitian pengaruh radiasi matahari pada atmosfer bumi perlu dilihat variasinya secara harian. Penelitian ini akan mengungkapkan hubungan antara perubahan aktivitas matahari dengan menggunakan F10.7 dan bilangan sunspot (R) sebagai indikator dengan perubahan frekuensi kritis lapisan F2 ionosfer (foF2).

Untuk keperluan komunikasi radio HF, dengan ionosfer sebagai media pemantul gelombang, dan mengingat bahwa untuk prediksi frekuensi komunikasi tidak cukup dilakukan secara bulanan maka perlu diteliti pula hubungan antara aktivitas matahari (dengan indikator F10.7 dan bilangan sunspot) dan foF2 secara harian.

2. DATA YANG DIGUNAKAN

Data frekuensi kritis lapisan F2 ionosfer (foF2) diperoleh dari hasil pengamatan ionosonda variabel IPS 42 / DBD43 Stasiun Pengamat Dirgantara Biak (-1,10 LS, 136.07 BT) pada periode Juni 1992 sampai dengan Juli 1993. Karena besar frekuensi kritis lapisan F2 berubah terhadap posisi matahari, maka untuk keperluan analisis yang dikaitkan dengan aktivitas matahari data foF2 ditetapkan waktu tengah hari atau pukul 12.00 (waktu lokal).

Data aktivitas matahari adalah fluks radio 10.7 cm dan bilangan sunspot. Data fluks radio matahari pada panjang gelombang 10.7 cm (F10.7) di ambil dari Ionospheric Data in Japan, dikeluarkan oleh Radio Research Laboratory, Ministry of Post and Telecommunications, Tokyo, Japan. F10.7 adalah fluks radio matahari, merupakan data hasil pengamatan aktivitas matahari dengan menggunakan teleskop radio yang beroperasi pada panjang gelombang 10.7 cm atau pada frekuensi 2800 MHz. Fluks F10.7 dinyatakan dalam satuan fluks matahari [$1 \text{ solar flux unit (sfu)} = 10^{-22} \text{ Watt m}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$], merupakan data rata-rata harian, hasil pengamatan stasiun Hiraiso. Sementara, data Sunspot diperoleh dari hasil pengamatan sunspot Stasiun Pengamat Dirgantara Watukosek dan/atau Stasiun Pengamat Matahari dan Ionosfer Sumedang.

Dalam periode Juni, 1992 sampai dengan Juli, 1993 diperoleh sebanyak 149 data foF2 untuk pukul 12.00 (waktu Lokal). Pada periode waktu tersebut matahari berada pada periode aktivitas menengah peralihan dari waktu aktivitas maksimum (1989/1990) ke waktu aktivitas minimum (diperkirakan 1995/ 1996). Data F10.7 tertinggi yang diperoleh adalah 204.9 menandakan matahari tidak dalam aktivitas maksimum (Ivanov-Kolodny, 1986).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses ionisasi di atmosfer atas oleh radiasi merupakan proses pem-

buatkan ion sehingga terbentuk lapisan ion (ionosfer). Proses ini mencapai puncak pada ketinggian tertentu, sedemikian sehingga pada lapisan tersebut dalam kaitannya dengan frekuensi plasma merupakan frekuensi maksimum dan disebut frekuensi kritis. Untuk lapisan F2 frekuensi kritisnya (foF2) bervariasi sebagai fungsi dari waktu lokal, musim dan tingkat aktivitas matahari.

Ratcliff (1972) membedakan secara garis besar spektra radiasi, ketinggian produksi ion dan pembagian daerah (D, E, dan F) dan jenis molekul-molekul udara yang terionisasi (gambar 3.1). Spektrumnya dapat dibedakan menjadi 3 macam, (a) $\leq 14 \text{ nm}$, (b) $> 14 - 80 \text{ nm}$, dan (c) $> 80 - 102.7 \text{ nm}$ yang merupakan batas ionisasi O_2 . Elektron yang di hasilkan di daerah E oleh radiasi (a) dan (c) mengionisasi molekul N_2 , O_2 dan O , sementara daerah F terionisasi oleh radiasi (b) terutama mengionisasi molekul N_2 dan O . Sementara ionisasi yang terjadi di ionosfer bahwa (lapisan D) adalah ionisasi oleh radiasi Lyman-Alpha (121.6 nm) dan oleh sinar -X kuat.

Parameter utama yang perlu ditinjau dalam kaitannya dengan perubahan frekuensi kritis yang terjadi pada lapisan F2 (foF2), adalah intensitas radiasi matahari. Parameter - parameter lain yang umumnya bervariasi oleh perubahan waktu, ketinggian dan keadaan helio-geofisika (matahari, aktivitas geomagnetik, musim tahunan dan lain-lain) dapat dieliminasi dan atau diabaikan.

Dalam kaitannya dengan penelitian hubungan aktivitas matahari dengan

variasi perilaku ionosfer khususnya variasi frekuensi kritis lapisan F2 dan mengingat pula bahwa peran utama pembentuk ion-ion di ionosfer adalah radiasi ultraviolet maka perlu diungkapkan hubungan antara aktivitas matahari dan peningkatan intensitas ultraviolet. Fluks F10.7 memiliki hubungan erat dengan radiasi ultraviolet dengan didasarkan bahwa sumber radiasi matahari pada gelombang 10.7 cm dan ultraviolet, keduanya bersumber dari daerah transisi. Selanjutnya, Ivanov-Kolodny menggunakan F10.7 sebagai indikator aktivitas matahari. Dengan menetapkan aktivitas matahari minimum pada $F10.7=80$ dan untuk aktivitas maksimum $F10.7 = 200$ sampai 250, diperoleh bahwa fluks total radiasi pengionisasi pada interval spektral antara 0.1-102.7 nm bervariasi antara 2.5 mW/m^2 pada aktivitas matahari minimum dan 7.5 mW/m^2 pada aktivitas maksimum.

Dengan hanya meninjau aktivitas matahari sebagai parameter utama dan parameter lainnya dieliminasi atau diabaikan (dalam hal ini fluks F10.7 dianggap sebagai parameter utama). Parameter lain yang dapat dieliminasi adalah posisi matahari yaitu bahwa foF2 ditinjau hanya yang terjadi pada pukul 12.00 waktu lokal atau pada tengah hari, dan arena koordinat stasiun pengamatan ionosfer SPD Biak berada di ekuator, maka diabaikan parameter musim tahunan. Sedangkan parameter-parameter lain (aktivitas geomagnet, medan listrik, fluks panas dll.) diabaikan.

Dengan data yang ada, untuk foF2 pada pukul 12.00 (waktu lokal), diper-

oleh hubungan :

$$foF2 = 0.0196 F10.7 + 8.421$$

(satuan foF2 dalam MHz dan F10.7 dalam $10^{-22} \text{ Watt m}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$). Hubungan tersebut memiliki koefisien korelasi sebesar 0.67. Jika digunakan bilangan sunspot (R) harian sebagai indikator aktivitas matahari, terhadap foF2 yang sama diperoleh hubungan berbentuk :

$$foF2 = 0.0171 R + 9.756$$

Koefisien korelasinya hanya sebesar 0.52 yang lebih kecil dari koefisien korelasi dari hubungan antara F10.7 dan foF2. Kedua hubungan tersebut diperlihatkan pada gambar (3.2a dan 3.2b).

Ketinggian foF2 untuk setiap peristiwa juga bervariasi. Gambar 3.3 dan gambar 3.4 berturut-turut menyatakan hubungan F10.7 dan bilangan sunspot (R) dengan foF2 dengan ketinggian (a) <300 km (b) 300-400 km dan (c) >400 km. Jika diperhatikan Gambar 3.3, terlihat bahwa pada tingkat keaktifan matahari yang menghasilkan fluks F10.7 kurang dari kira-kira 150 sfu, foF2 tidak pernah berada pada ketinggian lebih dari 300 km, sementara jika fluks matahari lebih dari 150 sfu foF2 bisa berada pada ketinggian di atas 400 km. Hal yang sama, juga terlihat untuk hubungan bilangan sunspot (R) dengan foF2, di mana keaktifan matahari pada batas bilangan sunspot sebesar kira-kira 100 (gambar 3.4).

Dalam penelitian ini diperlihatkan juga kaitan erat antara bilangan sunspot (R) dan F10.7 seperti terlihat pada gambar 3.5. Ternyata bahwa

secara harian hubungan tersebut cukup baik, berbentuk :

$$F10.7 = 0.647 R + 82.76$$

dengan koefisien korelasi sebesar 0.82, suatu hasil yang hampir sama dengan korelasi rata-rata bulanan seperti yang telah dikemukakan oleh Suprijatno, J. dkk. (1984).

4. PENUTUP

Hasil analisis hubungan antara F10.7 dan foF2 yang diambil pada periode di mana matahari dalam aktivitas menengah telah diperoleh bentuk hubungan dengan koefisien korelasi yang relatif rendah (0.67). Hal ini dimungkinkan karena F10.7 merupakan parameter yang hanya sebagai indikator aktivitas matahari, walaupun memiliki hubungan erat dengan intensitas radiasi ultraviolet sebagai parameter pengionisasi utama atmosfer. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa sekitar 32% variasi frekuensi kritis lapisan F2 disebabkan oleh dinamika atmosfer yang melibatkan antara lain aktivitas geomagnet, temperatur, gelombang planetary dan lain-lain proses dinamika. Namun demikian, masih lebih baik jika dibandingkan dengan hubungan foF2 dengan bilangan sunspot (R) yang hanya memiliki koefisien korelasi sebesar 0.52.

Kesimpulan lain yang dapat disampaikan adalah bahwa ternyata tingkat aktivitas matahari berpengaruh pada ke-

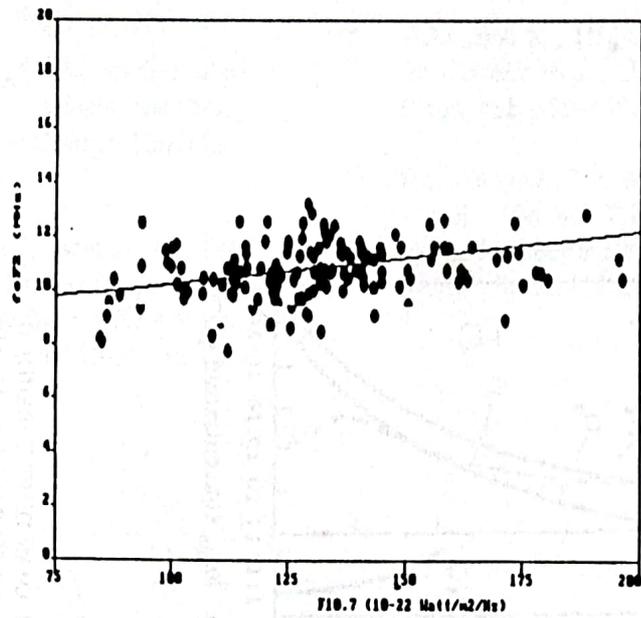
tinggian foF2. Dari hasil analisis pada penelitian ini, untuk fluks <150 sfu tidak pernah foF2 terjadi pada ketinggian lebih dari 300 km. Demikian pula jika digunakan bilangan sunspot sebagai parameter aktivitas matahari terdapat batas bilangan kira-kira 100 untuk ketinggian foF2 < 300 km. Sebagai penutup, penulis mengusulkan bahwa dalam keperluan prediksi frekuensi komunikasi HF harian lebih baik digunakan fluks F10.7 dari pada bilangan sunspot (R).

DAFTAR PUSTAKA

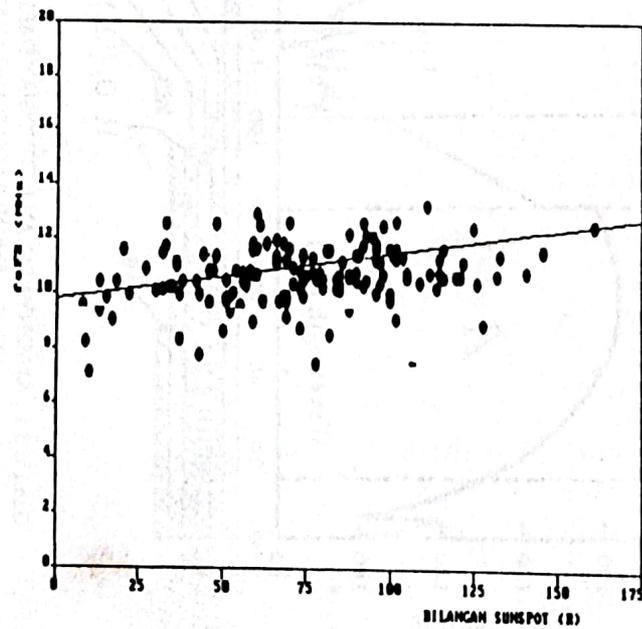
1. de Jeger C., 1974. *Solar UV and X-Ray Radiation*. Research in Geophysics ed. Hugh Odishaw. hal. 2-38.
2. Gordon, A., Emsile, and Johan C. Brown and Richard F. Donelly, 1978. *Solar Physics* 57, hal.175-190.
3. Herbert Friedman, 1964. *Ionospheric Constitution and Solar Control*. Research in Geophysics, ed. Hugh Odishaw, hal. 197-238.
4. Ivanov-Kholodny G.S. and A.V. Mikhailov, 1986. *The Prediction of Ionospheric Condition*, D. Reidel Publ. Co.
5. Judith Leaan, 1991. *Reviews of Geophysics*, 29,4/November 1991, hal 505-535.

6. Ratcliffe, J.A., 1972. *An Introduction to the Ionosphere and Magnetosphere*. Cambridge University Press. hal. 9-40.
7. Rustam, E., S.L. Manurung, Wilson S., 1993. Proceeding Program Penelitian Dirgantara LAPAN, no. D-III/16-93, Maret 1993, Hal. 41-43
8. Sakaurai K., 1974. *Physics of solar Cosmic Ray*. Univ. of Tokyo Press, hal. 105-139.
9. Suprijatno J., S.L Manurung, Wilson S., Hariadi T.E. dan Effendi, 1984. Proceeding Program Penelitian PUSRIGAN LAPAN. hal.11-17.

--- o0o ---

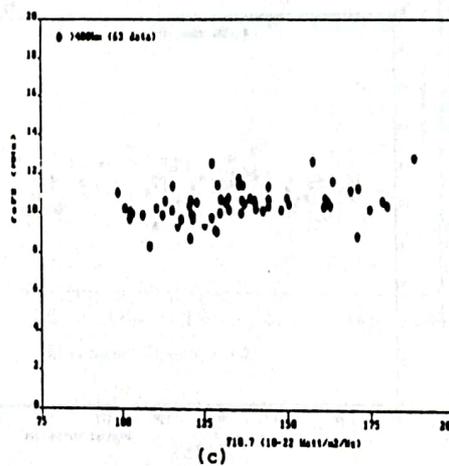
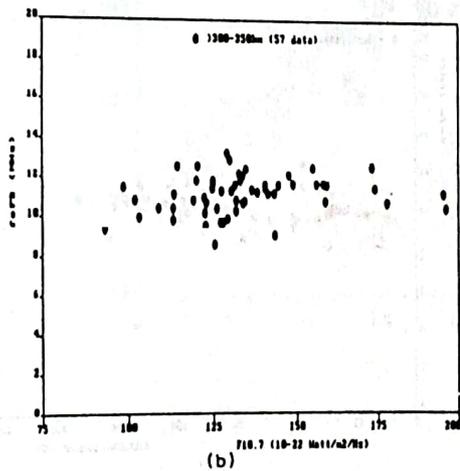
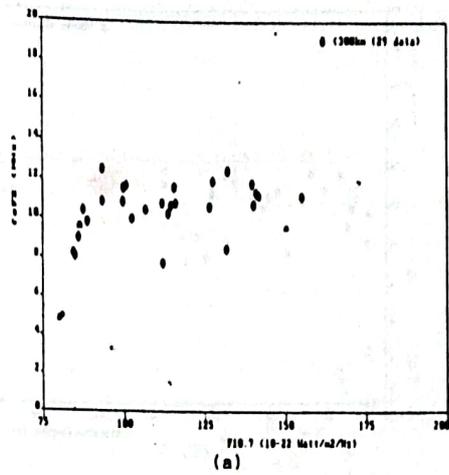


(a)

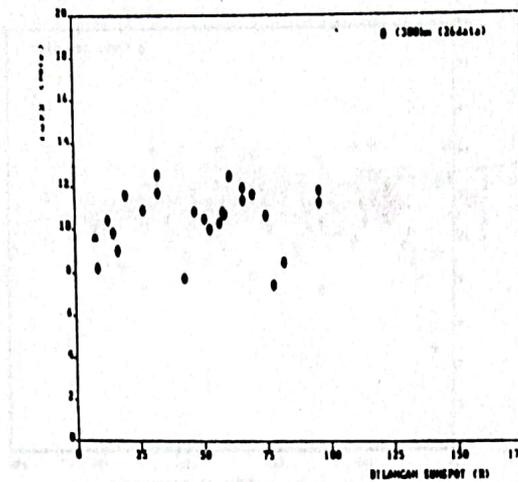


(b)

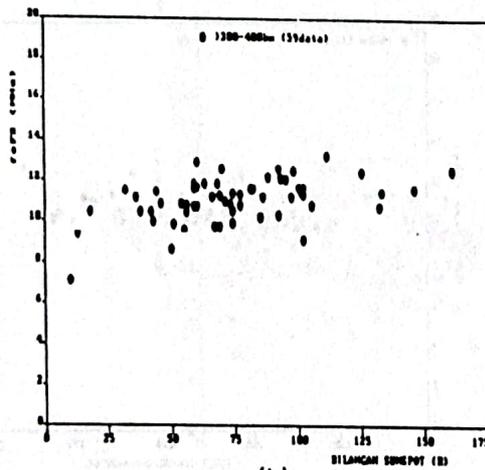
Gambar 3.2 : HUBUNGAN FREKUENSI KRITIS LAPISAN IONOSFER F2 (foF2) DENGAN A) FLUKS RADIO MATAHARI F10.7 B) BILANGAN SUNSPOT (R). GARIS LURUS MENYATAKAN KURVA KORELASI TERBAIK.



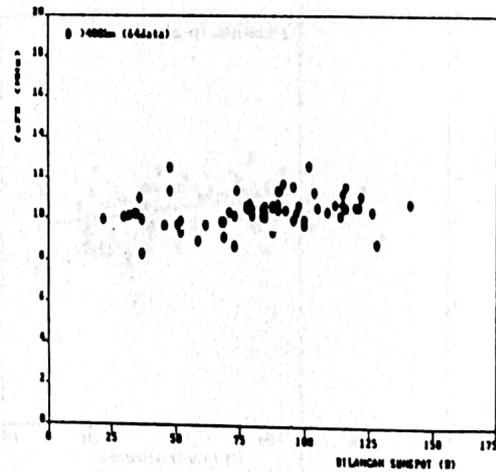
Gambar 3.3 : HUBUNGAN ANTARA FREKUENSI KRITIS foF2 DAN F10.7 BERTURUT-TURUT UNTUK KETINGGIAN < 300 KM (A), 300 KM SAMPAI 400 KM (B) DAN >400 KM (C).



(a)

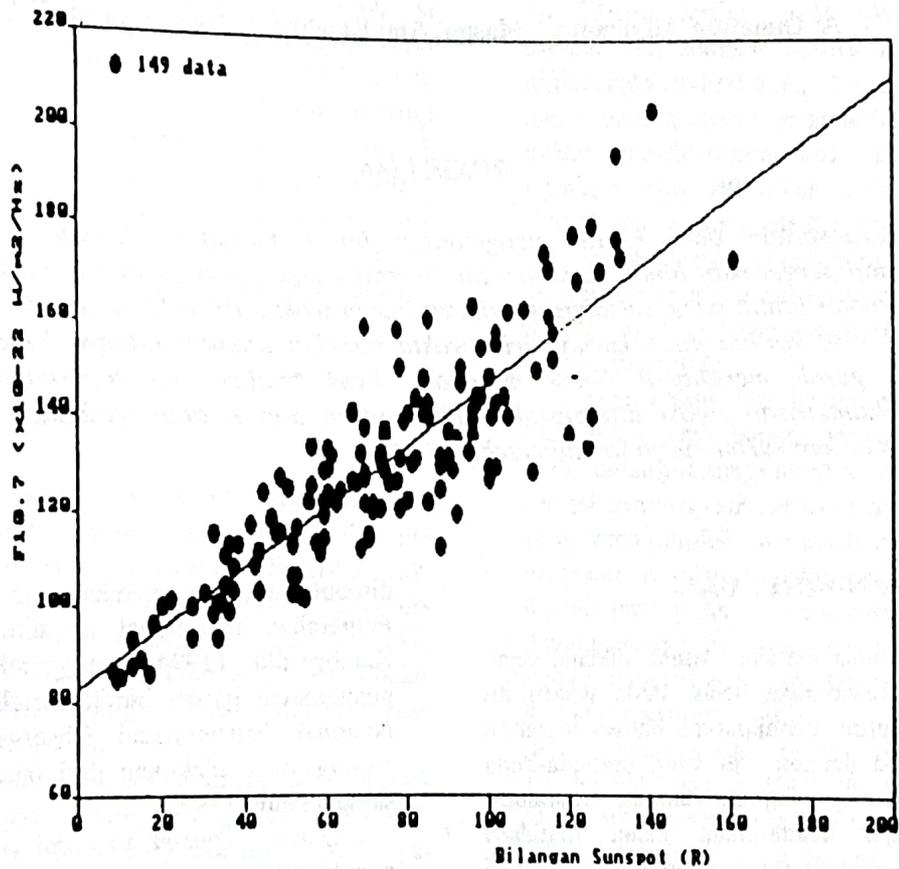


(b)



(c)

Gambar 3.4 : HUBUNGAN ANTARA FREKUENSI KRITIS f_oF_2 DAN BILANGAN SUNSPOT (R) BERTURUT-TURUT UNTUK KETINGGIAN < 300 KM (A), 300 SAMPAI 400 KM (B) DAN > 400 KM (C).



Gambar 3.5 : HUBUNGAN ANTARA BILANGAN SUNSPOT (R) DAN FLUKS RADIO MATAHARI (F10.7) SECARA HARIAN.