

ANALISIS PERIODISITAS BERBAGAI PARAMETER AKTIVITAS MATAHARI DAN KEMUNGKINAN PENERAPANNYA PADA PRAKIRAAN CUACA ANTARIKSA

T. Djamaluddin dan S. L. Manurung
Peneliti Matahari dan Lingkungan Antariksa
Bidang Matahari dan Antariksa

Ringkasan

Data time series berbagai aktivitas matahari dianalisis secara sistematis periodisitasnya untuk memahami lebih dalam perilaku dan karakteristik aktivitas matahari. Analisis periodisitas sembilan parameter aktivitas matahari menjawab beberapa masalah sebagai berikut: (a) Periodisitas parameter aktivitas matahari yang berasal dari daerah di matahari yang relatif sama cenderung mempunyai sifat mirip, seperti bilangan sunspot, grup sunspot, faculae, dan F10.7. Parameter aktivitas yang berasal dari daerah yang berbeda atau indeks turunan cenderung mempunyai sifat periodisitas yang berbeda dan nilai periodenya sangat bervariasi. (b) Sifat muncul dan hilangnya periode tertentu (misalnya sekitar 11 tahun) tidak sama untuk semua parameter aktivitas matahari. Bilangan sunspot, grup sunspot, dan faculae mempunyai sifat evolusi yang mirip. (c) Periodisitas sekitar 11 tahun merupakan karakteristik yang muncul pada semua parameter aktivitas matahari tersebut. Hal ini tampaknya bisa menggambarkan sifat umum aktivitas matahari. Periode jangka panjang dan jangka pendek hanya muncul pada parameter-parameter tertentu, yang evolusinya cepat muncul dan hilang. (d) Dari sifat umum dan sifat khas masing-masing parameter aktivitas matahari, sifat periodisitas bilangan sunspot atau grup sunspot tampaknya yang paling baik untuk digunakan dalam prakiraan cuaca antariksa. Periodisitasnya sangat menonjol dan evolusinya dapat diprakirakan.

Abstract

The periodicities of time series data of solar activities have been analyzed systematically to understand thoroughly the properties and the characteristics of solar activities. The analysis of 9 solar activity parameters answer several questions as follows: (a) Periodicity of solar activities originating from relatively the same region on the sun tends to be having similar properties, such as sunspot number, sunspot groups, faculae, and F10.7. Activity parameters originating from different area or derivative index tend to have different properties and the period vary a lot. (b) The properties of emergence and vanish any period (e.g. about 11 years) is not the same for all solar activities parameters. Sunspot number, sunspot groups, and faculae have similar properties of the periodicity evolution. (c) The periodicity about 11 years is the characteristic shown by all solar activity parameters. It seems to be able to describe general properties of solar activities. Long term- and short term - periods emerge only from certain parameters, in which the evolution is fast to emerge and then vanish. (d) From general and specific properties of solar activity parameters, the periodicity of sunspot number or sunspot groups seems to be the best for space weather prediction. The periodicity is clearly identified and the evolution can be predicted.

1. Pendahuluan

Cuaca antariksa yang menggambarkan kondisi lingkungan antariksa saat ini mendapat perhatian besar berkaitan dengan pengaruhnya pada telekomunikasi, teknologi antariksa, teknologi terkait di bumi, dan perubahan iklim di bumi. Salah satu faktor penting yang mempengaruhi cuaca antariksa adalah aktivitas matahari. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengidentifikasi karakteristik aktivitas matahari dan membuat prakiraan aktivitasnya.

Saat ini data time series berbagai aktivitas matahari telah banyak terkumpul. Maka analisis sistematis periodisitas berbagai parameter aktivitas matahari itu sangat diperlukan untuk memahami lebih dalam perilaku dan karakteristik aktivitas matahari. Tentunya, dengan pemahaman yang lebih baik itu, upaya prakiraan aktivitas matahari, dan pada gilirannya prakiraan cuaca antariksa, diharapkan dapat dilakukan lebih baik lagi.

Selama ini periodisitas aktivitas matahari yang banyak dikenal adalah sekitar 11 tahun (siklus Schwabe) dan 100 tahun (siklus Gleissberg) (Frick, et al. 1997) serta sekitar 22 tahun (siklus Hale). Namun periode tersebut tidak tetap. Analisis pendahuluan menunjukkan siklus Schwabe pada sunspot bervariasi antara 9-13 tahun dan siklus Gleissberg memanjang dari 79 tahun ke 110 tahun. Sementara itu periode jangka pendek, walaupun menunjukkan sinyal yang lemah, diperkirakan mempunyai pengaruh yang besar pada perubahan cuaca antariksa. Periode jangka pendek, dalam analisis pendahuluan, ternyata tidak selalu ada.

Beberapa pertanyaan menarik yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Samakah periodisitas berbagai parameter aktivitas matahari?
- b. Samakah sifat muncul dan hilangnya periode jangka pendek pada semua parameter aktivitas matahari?
- c. Adakah karakteristik yang muncul pada semua parameter aktivitas matahari tersebut yang bisa menggambarkan sifat umum aktivitas matahari?
- d. Mungkinkah diturunkan sifat umum dan sifat khas masing-masing parameter aktivitas matahari tersebut yang mungkin bisa digunakan dalam prakiraan cuaca antariksa?

Penelitian ini, pada tahap sekarang, bertujuan mengkaji secara sistematis perilaku periodisitas berbagai parameter aktivitas matahari, bukan secara parsial sunspot saja atau salah satu parameter lainnya.

2. Data dan Pengolahannya

Data sembilan parameter aktivitas matahari yang dianalisis meliputi bilangan sunspot (bulanan), grup sunspot (tahunan), umbra-penumbra (U/P) ratio (tahunan), kejadian flare (bulanan), fluks 10.7 (harian), Baur's solar index (bulanan), solar faculae (tahunan), solar proton, dan solar irradiance (harian).

Untuk memudahkan perbandingan, mengingat ketersediaan data, maka data dikelompokkan dalam tiga kelompok: data jangka panjang, jangka menengah, dan data

jangka pendek. Pengelompokan data, rentang data yang dianalisis, dan sumber data ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Untuk menganalisis periodisitas parameter aktivitas matahari dengan metode Weighted Wavelet Z-Transform (WWZ, Foster 1996) yang dikembangkan oleh the American Association of Variable Star Observer (AAVSO). Evolusi periodisitas ditunjukkan dengan kontur yang menggambarkan perubahan periodisitasnya dari tahun ke tahun. Kemunculan periode dominan dan evolusi bagi masing-masing parameter aktivitas matahari kemudian dianalisis dan dibandingkan satu sama lainnya.

Tabel 2.1: Pengelompokan data, rentang data, dan sumber data

Data jangka panjang (1875-1964)		Data jangka menengah (1965-1981)	
Jenis Data	Sumber	Jenis Data	Sumber
Bilangan sunspot	SIDC (2000)	Bilangan sunspot	SIDC(2000)
Grup sunspot	Hoyt (1985)	Grup sunspot	Hoyt (1985)
U/P ratio	Hoyt (1985)	U/P ratio	Hoyt (1985)
Baur's Solar Index	Lamb (1972)	Kejadian Flare	NAO (1995)
Faculae	Lamb (1972)	F10.7	DRAO (2000)

Data jangka pendek (1986-1993)			
Jenis Data	Sumber	Jenis Data	Sumber
Bilangan sunspot	SIDC (2000)	Solar Proton	NOAA (1999)
Kejadian Flare	NAO (1995)	Solar Electron	NOAA (1999)
F10.7	NAO (1995)	Solar Electron	NOAA (1999)
Solar Irradiance	Kyle et al. (1998)	Solar Electron	NOAA (1999)

3. Hasil dan Pembahasan

Periodisitas sembilan parameter aktivitas matahari yang dianalisis ditunjukkan dengan kontur-kontur evolusinya. Ada beberapa sifat umum yang tampak, antara lain munculnya periodisitas sekitar 11 tahun, tetapi dengan sifat evolutif yang agak berbeda. Pada gambar 3.1 ditunjukkan periodisitas antara 1-80 tahun untuk bilangan sunspot, grup sunspot, Faculae, U/P ratio, dan Baur's Solar Index. Pada umumnya tampak adanya periodisitas sekitar 11 tahun, walau pun pada U/P ratio dan solar index tampak kurang jelas. Periode jangka panjang sekitar 80 tahun, sekitar 25 tahun, dan sekitar 18 tahun, juga muncul, tetapi bukan merupakan sifat umum.

Evolusi periodisitas secara lebih jelas ditunjukkan pada gambar 3.2. Tampak bahwa periodisitas sekitar 11 tahun, tidak konstan, tetapi berevolusi. Hal yang menarik dari penelitian ini, adalah adanya kemiripan sifat evolusi periodisitas bilangan sunspot, grup sunspot, dan faculae. Pada U/P ratio dan solar index, periodisitas sekitar 11 tahun tidak tampak jelas. Pada solar index periodisitas sekitar 11 tahun baru muncul sekitar tahun 1940, saat periodisitas sunspot mulai menguat.

Karena masalah ketersediaan data kejadian flare dan F10.7, kedua parameter aktivitas matahari itu dibandingkan dengan bilangan sunspot, grup sunspot, dan U/P ratio untuk rentang waktu 1965-1988. Secara umum, periodisitas sekitar 11 tahun muncul pada ke lima parameter tersebut. Namun, evolusinya menunjukkan kekhasan masing-masing. Bilangan sunspot, grup sunspot, dan F10.7 menunjukkan periodisitas relatif konstan sekitar 11 tahun. Sedangkan flare cenderung menurun dari 11.5 tahun ke 10,5 tahun dan U/P ratio cenderung meningkat dari 12 tahun ke 13 tahun.

Terlihat bahwa ada kemiripan sifat periodisitas untuk fenomena di fotosfer (bilangan sunspot, grup sunspot, dan faculae), F10.7 yang berasal dari daerah sekitar sunspot dan korona bawah (Tapping dan DeTracey, 1990) juga menunjukkan sifat yang mirip. Flare yang tampak dari daerah kromosfer mempunyai sifat periodisitas yang berbeda. Parameter-parameter lainnya yang berupa indeks, Braur's solar index yang menggambarkan selisih luas faculae dan sunspot serta U/P ratio yang menggambarkan perbandingan luas umbra sunspot dan penumbra sunspot, tampaknya tidak menunjukkan periodisitas yang konstant. U/P ratio bahkan cenderung terus meningkat periodisitasnya dari sekitar 9,5 tahun pada tahun 1920 (gambar 3.2.d.) menjadi sekitar 13 tahun pada tahun 1980 (gambar 3.3.e.).

Periodisitas jangka pendek tampak tidak mempunyai pola umum (gambar 3.4). Masing-masing parameter mempunyai kekhasannya. Periode sekitar 3-4 tahun, muncul pada beberapa parameter, tetapi evolusinya sangat berbeda.

Untuk kepentingan prakiraan cuaca antariksa, parameter aktivitas matahari yang digunakan semestinya mempunyai periodisitas yang relatif jelas evolusinya. Dari sembilan parameter aktivitas matahari yang dianalisis, bilangan sunspot dan grup sunspot memenuhi kriteria tersebut. Dengan analisis evolusi periodisitas, dapat diprakirakan periode aktivitas matahari kira-kira dalam 10 tahun mendatang. Namun untuk penerapan dalam prakiraan cuaca antariksa masih diperlukan penelitian lebih lanjut, sebagai kelanjutan penelitian ini.

4. Kesimpulan

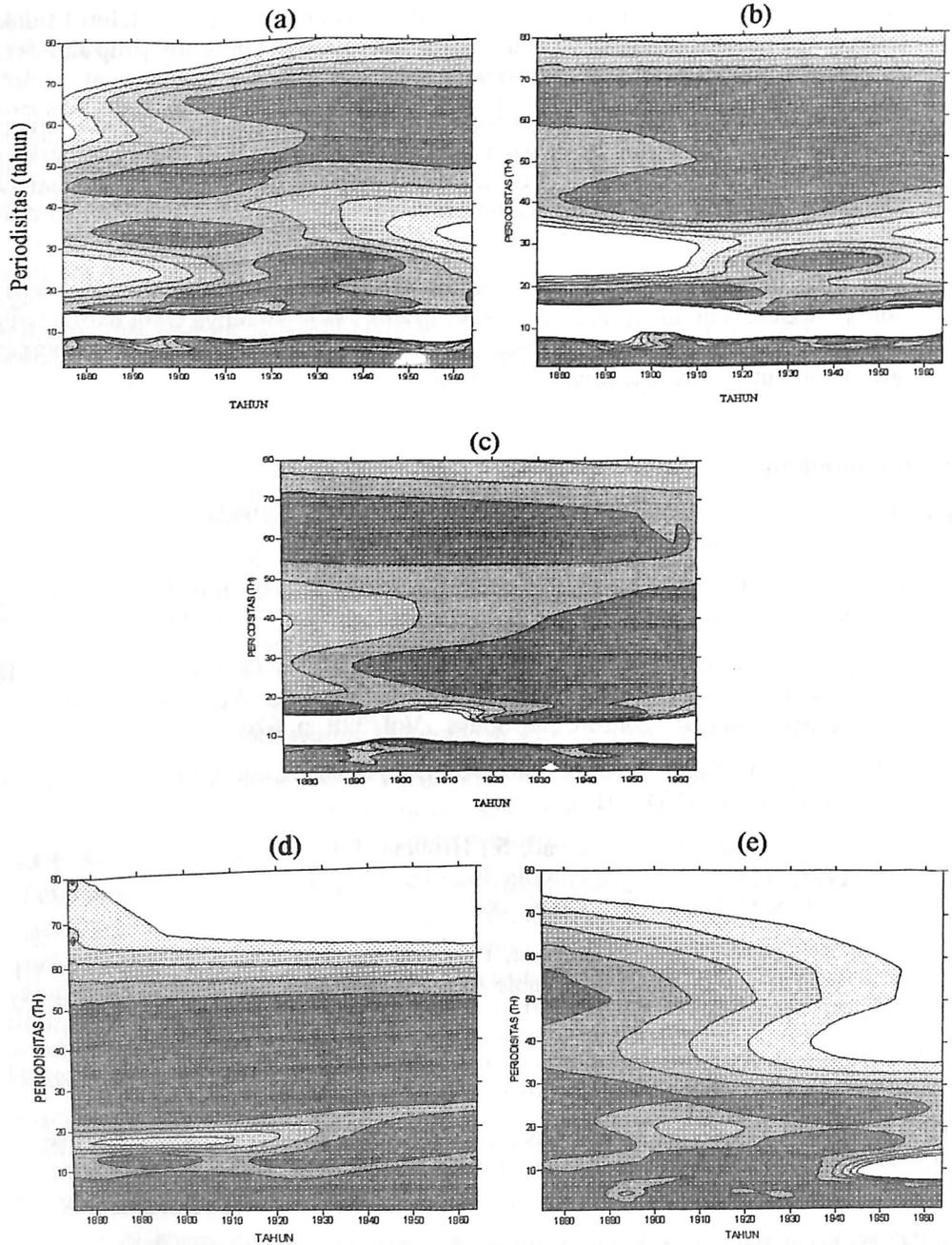
Analisis periodisitas sembilan parameter aktivitas matahari menjawab beberapa masalah sebagai berikut:

- a. Periodisitas parameter aktivitas matahari yang berasal dari daerah di matahari yang relatif sama cenderung mempunyai sifat mirip, seperti bilangan sunspot, grup sunspot, faculae, dan F10.7. Parameter aktivitas yang berasal dari daerah yang berbeda atau indeks turunan cenderung mempunyai sifat yang berbeda dan nilai periodenya sangat bervariasi.

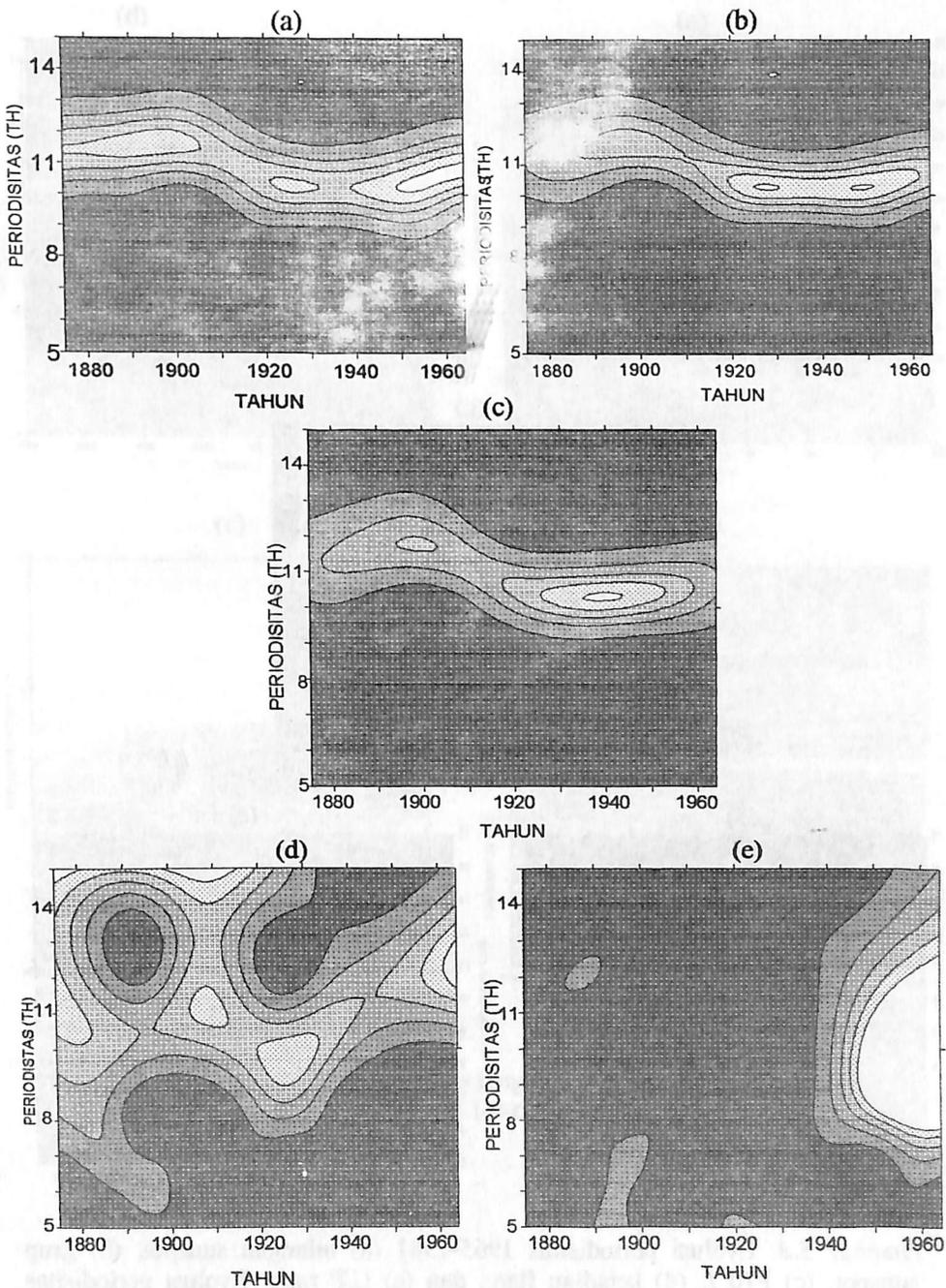
- b. Sifat muncul dan hilangnya periode tertentu (misalnya sekitar 11 tahun) tidak sama untuk semua parameter aktivitas matahari. Bilangan sunspot, grup sunspot, dan faculae mempunyai sifat evolusi yang mirip.
- c. Periodisitas sekitar 11 tahun merupakan karakteristik yang muncul pada semua parameter aktivitas matahari tersebut. Hal ini tampaknya bisa menggambarkan sifat umum aktivitas matahari. Periode jangka panjang dan jangka pendek hanya muncul pada parameter-parameter tertentu, yang evolusinya cepat muncul dan hilang.
- d. Dari sifat umum dan sifat khas masing-masing parameter aktivitas matahari, sifat periodisitas bilangan sunspot atau grup sunspot tampaknya yang paling baik untuk digunakan dalam prakiraan cuaca antariksa. Periodisitasnya sangat menonjol dan evolusinya dapat diprakirakan.

Daftar Rujukan

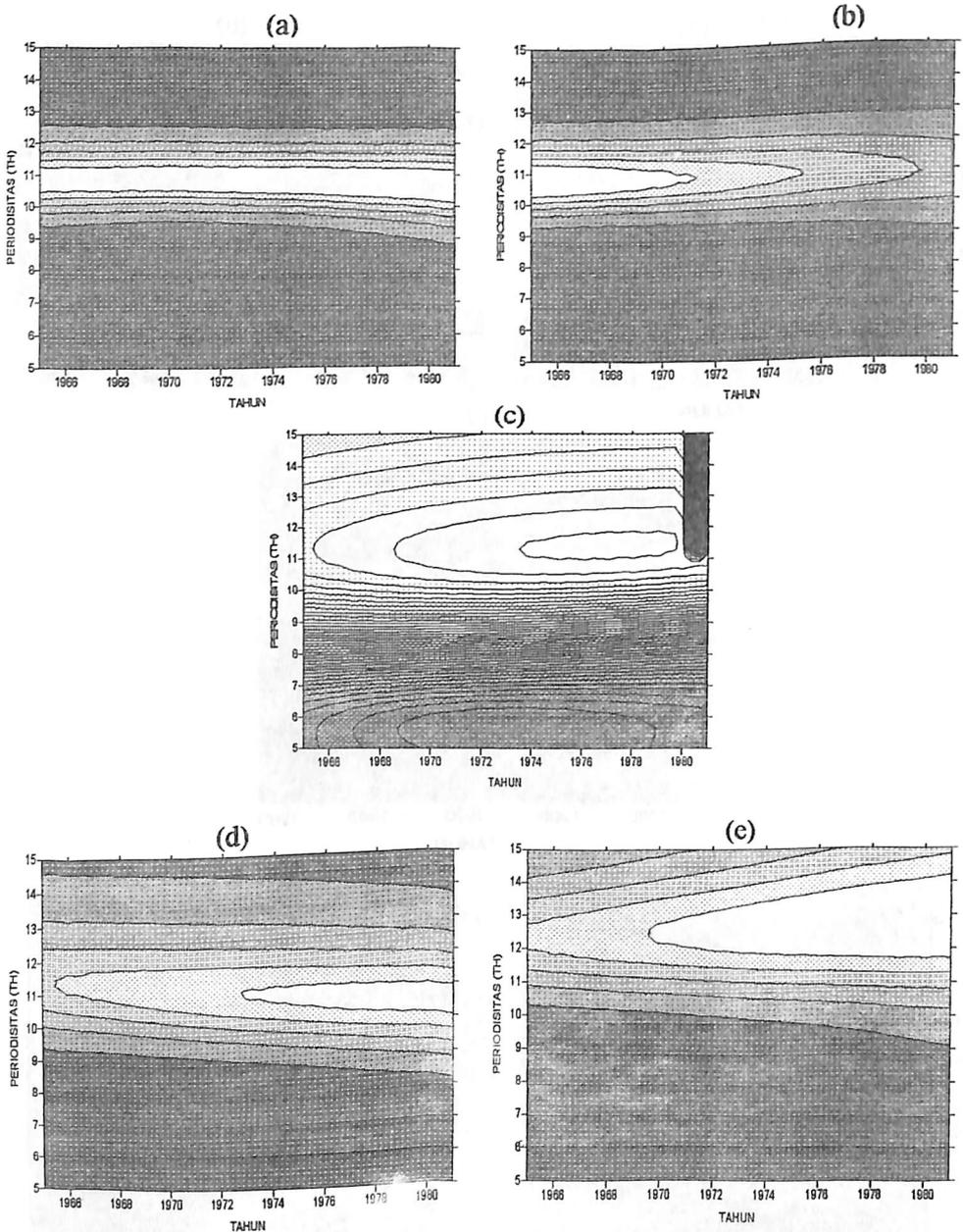
- DRAO, 2000, "Flux10.7cmData", National Research Council, Canada
(www.drao.nrc.ca/icarus/www/sol_home.shtml).
- Foster, G. 1996, "Wavelets for Period Analysis of Unevenly Sampled Time Series", *Astronomical Journal*, Vol. 112, p. 1709
- Frick P., Galyagin D., Hoyt D.V., Nesmes-Ribes E., Schatten K.H., Sokoloff D., Zakharov V., 1997, "Wavelet Analysis of Solar Activity Recorded by Sunspot Groups", *Astron. Astrophys.*, Vol. 328, p. 670.
- Hoyt, D. V., 1985, "Solar Records: The Wolf Sunspot Index and Umbral/Penumbral Ratio", CDIC (NDP-014).
- Kyle, H.L.; McManus, J. M.; Ahmad, S.; Hrubciak, P.L.; Kafatos, M.; Yang, R.; Li, Z., 1998, "(CD-ROM) Climatology Interdisciplinary Data Collection (CIDC)", USA_NASA_GDAAC_CIDC_003.
- Lamb, H. H., 1972, "Climate: Present, Past and Future", Vol. I (Table App. I.1. "BAUR's Solar Index dan Table App. I.2. "Solar Faculae"), Methuen & Co. Ltd., London.
- NAO (National Astronomical Observatory), 1995, "Rika Nenpyo: Chronological Scientific Tables 1996", Maruzen Co. Ltd., Tokyo.
- NOAA, 1999, "Geosynchronous Operational Environmental Satellites (GOES) – Space Environment Monitor (SEM) data", NOAA Space Environment Service Center) [<http://julius.ngdc.noaa.gov:8080/production/html/GOES/>]
- SIDC (Sunspot Index Data Center), 2000, "Monthly Sunspot Number", Royal Obs. of Belgium (www.oma.be/KSB-ORB/SIDC/DATA/monthssn.dat).
- Tapping, K.F. & DeTracey, B., 1990, "The Origin of the 10.7 cm flux", *Solar Physics*, Vol. 127, hlm. 321.



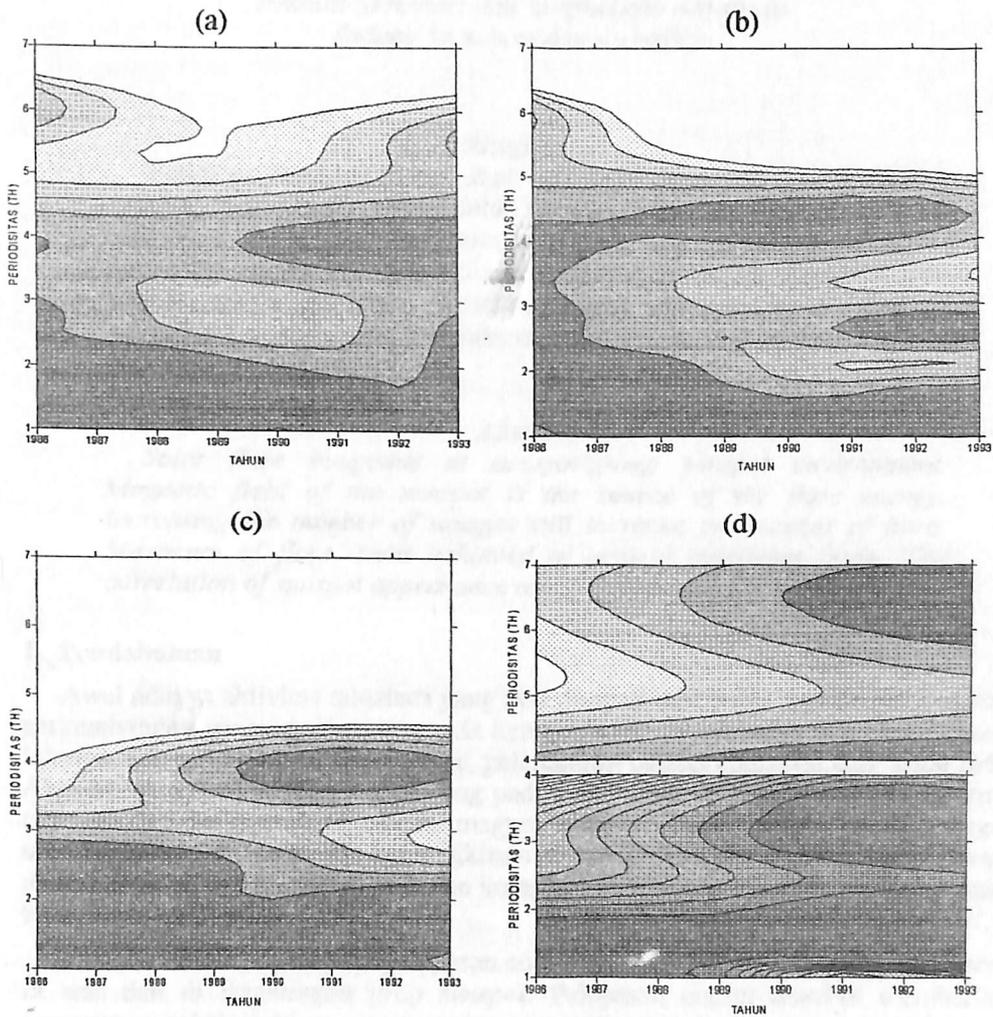
Gambar 3.1: Periodisitas (a) bilangan sunspot, (b) grup sunspot, (c) faculae, (d) U/P ratio dan (e) Baur's solar index. Pada umumnya tampak adanya periodisitas sekitar 11 tahun, walau tak jelas pada U/P ratio dan solar index .



Gambar 3.2. Evolusi periodisitas 1875-1964 (a) bilangan sunspot, (b) grup sunspot, (c) faculae, (d) U/P ratio, dan (e) Baur's Solar Index. Evolusi periodisitas sekitar 11 tahun tampak sangat mirip pada bilangan sunspot, grup sunspot, dan faculae. Sedangkan pada U/P ratio dan solar index tidak teratur polanya.



Gambar 3.3: Evolusi periodisitas 1965-1981 (a) bilangan sunspot, (b) grup sunspot, (c) F10.7, (d) kejadian flare, dan (e) U/P ratio. Evolusi periodisitas sekitar 11 tahun tampak sangat mirip pada bilangan sunspot, grup sunspot, (c) F10.7, (d) kejadian flare, dan (e) U/P ratio. Evolusi periodisitas sekitar 11 tahun tampak sangat mirip pada bilangan sunspot, grup sunspot, dan F10.7 yang relatif konstan. Pada flare ada kecenderungan menurun pada U/P ratio ada kecenderungan meningkat.



Gambar 3.4: Evolusi periodisitas jangka pendek (a) bilangan sunspot, (b) kejadian flare, (c) F10.7, dan (d) solar proton.