

# DETEKSI AWAL PERUBAHAN IKLIM MELALUI ANALISIS TERRESTRIAL VARIASI HUJAN MUSIMAN

## (PRELIMINARY DETECTION OF CLIMATIC CHANGE THROUGH TERRESTRIAL ANALYSIS OF SEASONAL VARIATION OF RAINFALL)

Oleh: Sahid Susanto\*

### ABSTRACT

Climate change has been the main issue in the recent years. However, most researches related to climate change were detected by using global scale approach. In this paper, a terrestrial analysis of seasonal variation of rainfall in tropical monsoon climate was demonstrated to make preliminary detection of climate change. The change was initially detected by using statistical theory of the normal frequency distribution and then verified quantitatively by using the method of time series with additive seasonal variation. Rapidly economic development at Bali, West Java and Central Java, Indonesia that significantly affects the carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) exhaust and landscape change were used as samples analysis. The result proved that the method was valid to detect climate changes terrestrially. The meaning of climate change for risk analysis of agricultural process production and development policy of Indonesia have also been discussed.

**Key words:** Climate change, terrestrial analysis, normal frequency distribution, time series with additive seasonal variation

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Para ilmuwan dari Nasa's Goddard Institute for Space Studies di New York, USA dan British Meteorological Office, England akhir-akhir ini semakin yakin bahwa telah terjadi pemanasan global (The Spokesman-Review and Spokane Chronicle, 1991). Adanya fenomena pemanasan global ini para ilmuwan kemudian mengkaitkannya dengan dengan fenomena perubahan iklim global. Perubahan ini membawa konsekuensi pada berbagai sektor kehidupan. Oleh karena itu sejak pertemuan tingkat internasional The 1992 Earth Summit di Rio de Janeiro, Brasil kemudian diteruskan dengan konferensi di Kyoto, Jepang tahun 1997 dan telah menghasilkan Kyoto Protocol, perhatian para ilmuwan mulai difokuskan pada usaha untuk memproteksi iklim dunia karena adanya efek pemanasan global (Cutajar, 1998; Bals, 1999).

Usaha untuk memproteksi iklim dunia sangatlah tepat dan perlu didukung semua pihak. Dengan demikian,

pemahaman tentang fenomena perubahan iklim menjadi penting karena merupakan kunci utama agar dalam menyusun kebijakan yang ada kaitannya dengan pemanfaatan sumberdaya alam dapat optimal. Bidang ilmu iklim yang diwujudkan dalam peramalan iklim dalam skala musiman dan tahunan maupun dalam bentuk prediksi anasir iklim dalam skala waktu yang lebih panjang pada dasarnya dikembangkan atas dasar asumsi adanya konsistensi pola variabilitas iklim. Model peramalan dan prediksi yang demikian sangat membantu dalam menyusun kebijakan penyediaan air untuk proses produksi pertanian. Oleh karena itu keberhasilan sistem produksi pertanian sangat tergantung pada nilai akurasi prediksi anasir iklim.

Adanya isu perubahan iklim global yang secara substantif berpengaruh pada proses produksi pertanian di Indonesia mendorong untuk mengembangkan penelitian tentang perubahan iklim. Namun demikian dengan pendekatan skala global, pengembangan penelitian di Indonesia menghadapi beberapa kendala khususnya karena terbatasnya kualitas dan kuantitas instrumen penelitian. Mengingat pencatatan data anasir iklim secara terestris cukup tersedia, dalam makalah ini didiskusikan suatu cara deteksi awal perubahan iklim melalui pendekatan analisis terestrial variasi hujan musiman. Diskusi dilanjutkan dengan perlunya analisis resiko proses produksi pertanian kaitannya perubahan iklim.

#### Tujuan dan kegunaan

Tujuan penelitian difokuskan pada pengembangan cara deteksi awal perubahan iklim secara terestris atas dasar variasi hujan musiman. Cara deteksi perubahan iklim secara terestris sangat bermanfaat untuk dipakai sebagai acuan dan/ataupun pembanding hasil penelitian perubahan iklim dalam skala global. Lebih lanjut dapat bermanfaat dalam pengambilan keputusan yang berkaitan dengan arah kebijakan proses produksi pertanian untuk meminimalkan resiko kegagalan produksi karena faktor iklim dan pengembangan kebijakan atas isu pemanasan global.

### METODE PENELITIAN

#### Pendekatan

Data empiris dari akumulasi kenaikan gas buang CO<sub>2</sub> diyakini para ilmuwan merupakan faktor utama yang menyebabkan pemanasan global. Berita dari Science News (1991) (cit. Unesco, 1991) menyebutkan konsentrasi CO<sub>2</sub> saat sekarang telah mencapai 350 ppm. Dari data empiris

\* Staf Pengajar Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada

ini menguatkan teori yang menjelaskan adanya perubahan iklim global yang diturunkan dari teori efek rumah kaca (*green house effect theory*).

Perkembangan deteksi perubahan iklim secara global tersebut masih belum banyak diikuti melalui pendekatan analisis secara terestrial. Di Indonesia malah hampir tidak pernah dilakukan. Mempertimbangkan bahwa variabilitas anasir iklim terjadi secara berulang sehingga terbentuk siklus memberikan peluang untuk mendeteksi awal perubahan iklim melalui pendekatan statistik dengan teori distribusi frekuensi. Namun demikian, pendekatan ini harus didukung oleh adanya pencatatan data yang cukup lengkap dan panjang.

Hujan merupakan bagian dari variabel penting dalam iklim. Adanya fenomena perubahan karakteristik hujan seperti kekeringan dan banjir berkaitan erat dengan dugaan adanya perubahan iklim. Walaupun secara teori statistik hampir dapat dikatakan bahwa semua variabel hidrologi -- seperti hujan -- jarang yang mengikuti distribusi normal, namun dalam batas tertentu distribusi normal masih bisa dipakai. Hal ini masih dimungkinkan bila probabilitas dari suatu variabel acak normal (*probability of a normal random variable*) kurang dari nol sangatlah kecil (Haan, 1977).

Sebagai konsekuensi dari sistim perputaran bumi memberikan fenomena siklus iklim berulang secara penuh dalam kurun waktu satu tahun. Hujan sebagai bagian dari variabel iklim secara alamiah akan mengikuti siklus ini pula. Beberapa studi empiris yang dilakukan membuktikan bahwa hujan tahunan dalam kurun waktu tertentu cenderung mengikuti distribusi normal (Chow, 1988; Susanto, 1998).

Pengertian kurun waktu tertentu dapat diartikan bahwa bila hujan tahunan dalam kurun waktu tersebut mengikuti distribusi normal berarti tidak ada perubahan karakteristik hujan, dan sebaliknya. Dengan logika yang sama, karena hujan merupakan bagian dari variabel iklim membawa pada pemikiran bahwa perubahan siklus hujan memberikan indikasi awal adanya perubahan iklim.

Proses kejadian hujan berlangsung secara siklusal yang secara matematis sebagai fungsi ruang dan waktu. Phenomena ini biasa disebut sebagai proses yang stokastik (*stochastic process*). Dengan demikian hujan menjadi bersifat dapat diprediksi (*predictable*), dapat diperkirakan besarnya (*deterministic*) (Chow, 1988). Dengan sifat yang demikian ini, melalui pendekatan kaidah statistika dalam bentuk fungsi distribusi normal membuka peluang selain dapat dipakai untuk memprediksi juga untuk mendeteksi perubahan pergeseran siklus secara empiris.

Asumsi dasar yang ditempatkan pada fungsi distribusi normal untuk kepentingan deteksi awal perubahan iklim adalah:

- a) Dalam kurun waktu tertentu akan terjadi keseimbangan iklim yang ditunjukkan melalui siklus penuhnya berulang mengikuti distribusi normal.

- b) Pergeseran siklus penuh yang cenderung tidak mengikuti distribusi normal dapat diartikan terjadi perubahan ketidakseimbangan iklim.
- c) Hujan sebagai kesatuan anasir iklim menjadi variabel tunggal dan dijadikan sebagai suatu cara untuk mendeteksi awal adanya indikasi perubahan iklim.

Secara matematis fungsi distribusi normal baku mempunyai fungsi kerapatan probabilitas:

$$P(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2}$$

dimana:

- P(t) = fungsi kerapatan probabilitas sebagai fungsi waktu  
t = waktu

Berdasarkan atas asumsi tersebut dipakai untuk melakukan langkah awal dalam mendeteksi adanya perubahan iklim secara terestrial. Namun demikian aplikasi fungsi distribusi normal ini masih belum bisa menjelaskan seberapa besar pergeseran perubahan yang terjadi. Mempertimbangkan bahwa variabilitas hujan musiman juga merupakan bagian dari fenomena alam yang sifatnya berulang maka dimungkinkan untuk mengidentifikasi besarnya pergeseran dengan menggunakan teori peramalan deret waktu dengan variasi musiman aditif (*forecasting time series with additive seasonal variation*) (Bowerman and O'Conenll, 1979).

Variabilitas hujan musiman di daerah iklim muson tropis pada dasarnya khas. Kekhasan ini dapat dicirikan dari: (i) tegasnya peralihan musim kemarau dan musim hujan, dan (ii) intensitas hujan yang tinggi dan terakumulasi di musin hujan. Periode berulangnya variabilitas hujan musiman ini berputar dalam satu siklus penuh dan berada dalam satu kalang (*loop*) waktu satu tahun kalender air (*water year*).

Dengan tipe variasi musiman secara aditif yang dapat dicirikan dari besarnya goyangan musim atas deret waktu adalah bebas (*independent*) terhadap rata-rata kecenderungannya maka memberikan peluang untuk dipakai dalam peramalan tipe variabilitas hujan musiman di wilayah iklim muson tropis seperti di Indonesia.

Secara matematis dapat ditulis:

$$Y_t = f(TR_t, SN_t) + \epsilon_t$$

Dimana:

- $Y_t$  = nilai observasi dalam deret waktu selama periode waktu t  
 $TR_t$  = faktor kecenderungan dari deret waktu dalam periode waktu t  
 $SN_t$  = faktor musiman dari deret waktu dalam periode waktu t  
f = fungsi yang berkaitan dengan nilai observasi dan deret waktu terhadap factor kecenderungan dan faktor musiman  
 $\epsilon_t$  = faktor residu dalam periode waktu t

## Cara Analisa

Dalam kurun waktu tertentu, hujan tahunannya diuji kesesuaian siklus penuhnya terhadap distribusi normal. Kurun waktu ini pada setiap lokasi wilayah sangat spesifik. Namun demikian, dari pengalaman empiris di wilayah iklim muson tropis menunjukkan bahwa selama kurun waktu 20 sampai 30 tahun goyangan variabilitas hujan tahunannya sudah bisa tercakupi (Susanto, 1998). Oleh karena itu penetapan kurun waktu di setiap lokasi wilayah cuplikan didasarkan atas kecenderungan hujan tahunan sebagai fungsi waktu dari pencatatan data selama kurun waktu yang panjang. Untuk mengetahui pergeseran perubahan goyangan variabilitas dipakai selang waktu 5 tahun. Kesesuaian terhadap fungsi distribusi (*testing the goodness of fit*) dilakukan dengan cara membandingkan nilai cuplikan dengan nilai teoritis dari fungsi frekuensi relatif atau dengan fungsi kerapatan kumulatif (*cumulative density function*). Tingkat kesesuaian fungsi distribusi frekuensi dilakukan melalui uji chi-kuadrat dengan menggunakan tingkat kepercayaan 5%.

Kurun waktu analisis dari hasil uji chi-kuadrat yang tidak mengikuti distribusi normal kemudian diteruskan dengan analisis besarnya pergeseran secara kuantitatif dengan menggunakan teori peramalan deret waktu dengan variasi musiman aditif (*forecasting time series with additive seasonal variation*).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Lokasi

Agar diperoleh hasil yang optimal, cuplikan lokasi yang dipakai diarahkan pada wilayah yang mempunyai pertumbuhan ekonomi yang cukup tinggi. Pertumbuhan ekonomi secara substantif mempengaruhi peningkatan emisi gas buang karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan perubahan peningkatan terbukanya landscape dari penutup vegetasi. Perubahan-perubahan secara regional ini dihipotesiskan memberikan kontribusi pada perubahan iklim mikro, khususnya hujan. Dengan pertimbangan ini, stasiun hujan di empat lokasi dipakai sebagai wilayah studi dengan kurun waktu analisis dan pergeserannya seperti disajikan dalam Tabel 1.

**Tabel 1. Lokasi stasiun hujan dan kurun waktu analisis**

Wilayah / propinsi	Lokasi stasiun hujan	Tahun data tersedia	Kurun waktu analisis (tahun)	Pergeseran (tahun)
Jawa Barat	Sukabumi	1954-1996	30	5
Jawa Tengah	Purworejo	1951-1997	20	5
Bali	Gianyar	1952-1997	20	5
Bali	Tabanan	1952-1997	20	5

### Hasil deteksi awal perubahan iklim

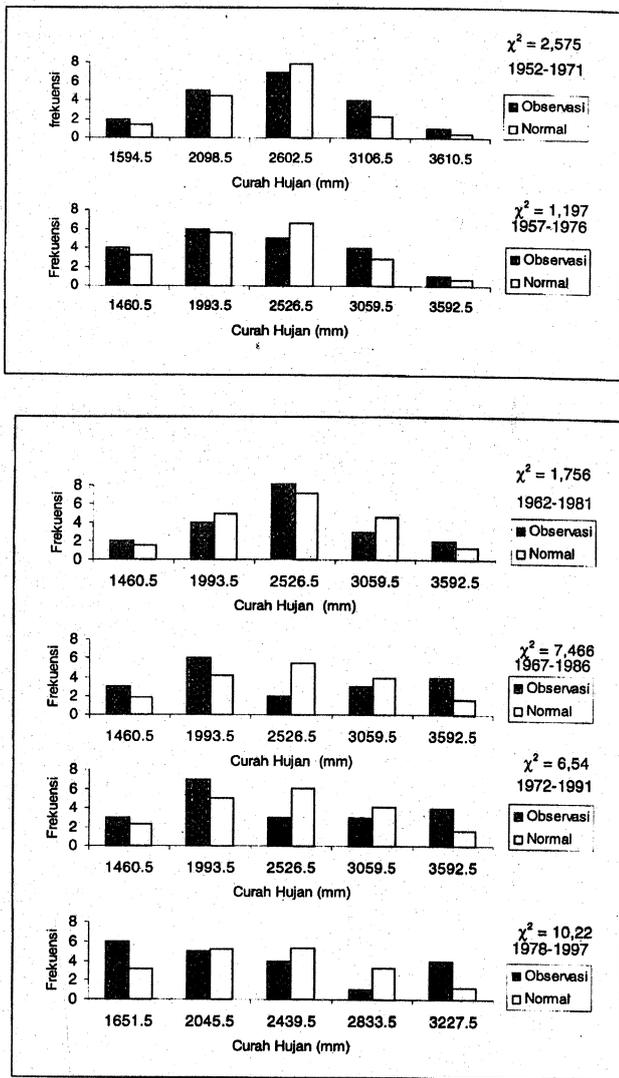
Tabel 2 menyajikan hasil uji kesesuaian fungsi distribusi normal pada setiap kurun waktu dengan

pergeseran selama 5 tahun di empat lokasi wilayah studi. Dengan nilai kritik uji chi kuadrat pada tingkat kepercayaan  $\alpha = 5\%$  (5,991) diperoleh hampir di setiap lokasi studi terdapat kurun waktu dengan hujan tahunannya tidak mengikuti distribusi normal. Temuan di empat lokasi studi tersebut memperlihatkan telah terjadi perubahan iklim yang diwujudkan oleh perubahan karakteristik hujan tahunannya yang tidak mengikuti distribusi normal. Untuk lokasi studi di Gianyar dan Tabanan, Bali masing-masing dimulai tahun 1978 dan tahun 1967. Untuk lokasi studi di Purworejo, Jateng dan Sukabumi, Jabar masing-masing dimulai tahun 1961 dan 1963. Contoh hasil analisis yang disajikan dalam bentuk grafis dituangkan dalam Gambar 1 untuk lokasi Tabanan, Bali dan Gambar 2 untuk lokasi Sukabumi, Jawa Barat.

Yang menarik dari hari hasil analisis hujan musiman tersebut bahwa dilihat dari sisi kurun waktu mulainya terjadi perubahan iklim, di wilayah Jawa Tengah dan Jawa Barat relatif lebih dulu dibanding dengan wilayah Bali. Walaupun demikian masih perlu dibuktikan lebih lanjut. Namun masuk akal bila perubahan tersebut dikaitkan masa Pelita I sampai Pelita VI yang fokus pembangunannya dititik beratkan pada industri primer dan tersier dan dikonsentrasikan di pulau Jawa. Kenaikan yang tajam pembangunan sektor industri diduga kuat ikut berperan dalam perubahan iklim mikro. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Goldeember (1980) yang menyatakan bahwa energi bahan bakar fosil menghasilkan gas buang CO<sub>2</sub> mendominasi 57% dalam pemanasan global, kemudian diikuti konsumsi klorofluorokarbon (CFC) sebesar 17%, pertanian 14%, penebangan hutan dan perubahan tataguna lahan 9% dan lainnya 3%.

**Tabel 2: hasil analisis kesesuaian uji distribusi normal**

Lokasi	Kurun waktu	Nilai chi-kuadrat	Status
Gianyar, Bali	1952-1971	1,660	Diterima
	1957-1976	0,887	Diterima
	1962-1981	0,463	Diterima
	1967-1986	3,092	Diterima
	1972-1991	1,482	Diterima
	1978-1997	6,775	Tidak diterima
Tabanan, Bali	1952-1971	2,575	Diterima
	1957-1976	1,197	Diterima
	1962-1981	1,756	Diterima
	1967-1986	7,466	Tidak diterima
	1972-1991	6,540	Tidak diterima
	1978-1997	10,220	Tidak diterima
Purworedjo, Jateng	1951-1970	2,089	Diterima
	1956-1975	0,391	Diterima
	1961-1980	12,389	Tidak diterima
	1966-1985	15,048	Tidak diterima
	1971-1990	15,226	Tidak diterima
	1977-1997	7,400	Tidak diterima
Sukabumi, Jabar	1954-1983	1,125	Diterima
	1959-1988	2,359	Diterima
	1963-1993	9,174	Tidak diterima
	1966-1996	10,017	Tidak diterima



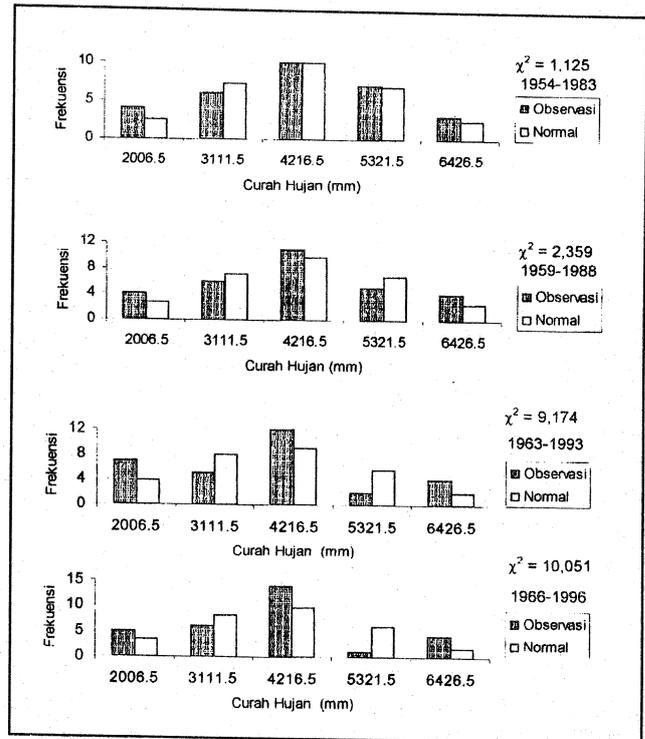
Gambar 1 : Hasil analisis kesesuaian fungsi distribusi normal untuk lokasi Kabupaten Tabanan, Bali

Analisis kemudian dilanjutkan untuk mengetahui besarnya pergeseran secara kuantitatif atas perubahan karakteristik hujan tersebut dengan menggunakan deret waktu dengan variasi musiman aditif. Contoh hasilnya untuk masing-masing lokasi studi disajikan dalam **Gambar 3 sampai 5**.

Dari gambar tersebut nampak bahwa besarnya pergeseran hujan secara musiman berbeda secara kuantitatif dari di setiap lokasi studi dengan arah perubahan di semua lokasi studi cenderung selalu lebih kecil dari kondisi normalnya.

Untuk lebih memberi keyakinan adanya perubahan secara kuantitatif, dilakukan uji t dengan mengambil tingkat kepercayaan 5%. Dari uji yang dilakukan diperoleh nilai  $t_{hitung}$  = untuk setiap lokasi studi selalu lebih besar dari nilai kritik dari tabel pada tingkat kepercayaan 5% sebesar 1,796. Hasil uji ini membuktikan bahwa perubahan tersebut secara statistik dapat diterima. Nilai korelasi hubungan observasi dan prediksi cukup tinggi, antara 0,9946 – 0,9996. Hubungan secara secara

grafis yang disajikan pada **Gambar 6 sampai Gambar 8** memperkuat hasil analisis.



Gambar 2 : Hasil analisis kesesuaian fungsi distribusi normal untuk lokasi Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat.

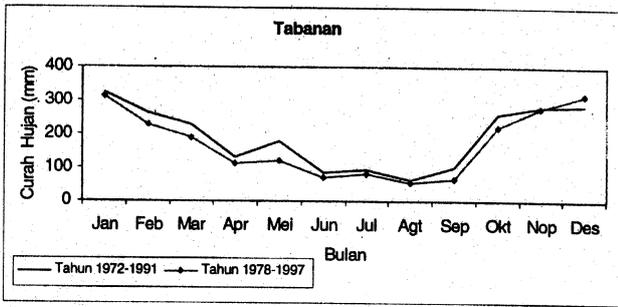
## Diskusi

### a) Pemaknaan perubahan iklim

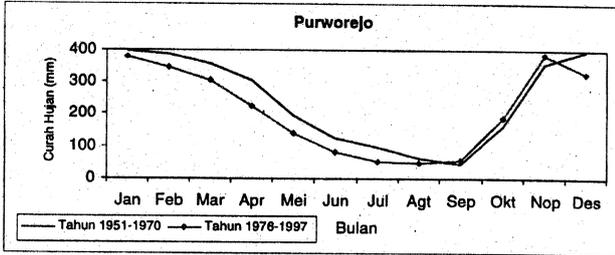
Dari hasil analisis cara deteksi awal perubahan iklim secara terestris menunjukkan bisa dipergunakan untuk memperkuat hasil penelitian skala global tentang isu perubahan iklim. Namun hal yang lebih memerlukan perhatian dalam skala empiris adalah:

**Pertama**, perlunya analisis resiko. Pemikiran ini lebih menuju kearah mempersiapkan diri dan mengambil langkah nyata secara internal, khususnya keterkaitannya dengan proses produksi pertanian. Cukup bisa dipahami bahwa iklim merupakan faktor yang menentukan atas keberhasilan proses produksi pertanian. Akan tetapi faktor iklim masih sulit dikontrol sepenuhnya. Hal yang bisa dilakukan hanyalah mempertinggi akurasi dalam prediksi. Dari data empiris untuk PG Takalar, Sulawesi Selatan, seperti disajikan dalam **Gambar 9** memberikan contoh bahwa terdapat keterkaitan yang erat antara lama periode kering dengan penurunan produksi. Dengan dapat dilakukannya deteksi awal perubahan iklim seperti disajikan di atas akan bermanfaat dalam usaha melakukan peramalan resiko kegagalan produksi pertanian karena faktor iklim.

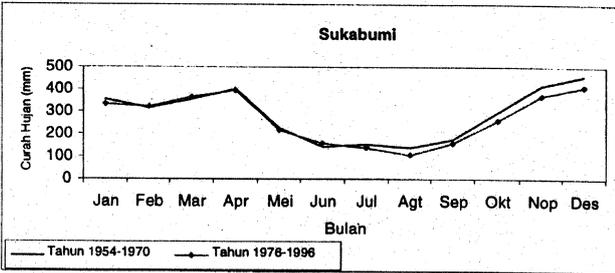
**Kedua**, pengembangan kebijakan atas isu perubahan iklim global. Pemikiran ke arah eksternal ini didasarkan atas adanya dua konvensi: Konvensi Perubahan Iklim (*Convention on Climate Change*) dan Konvensi Hutan Sedunia (*World Forest Convention*). Kedua konvensi tersebut didasarkan atas pandangan dari negara-negara



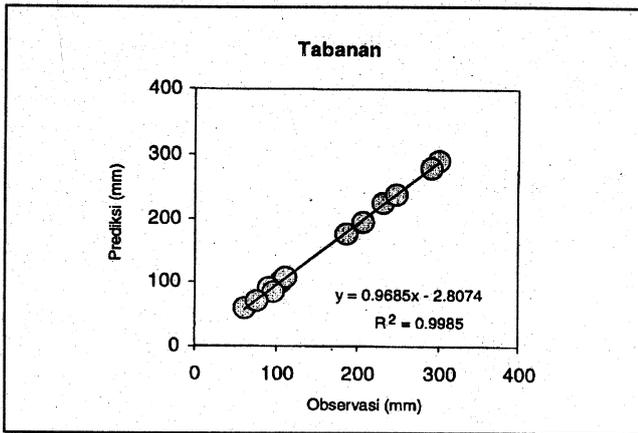
Gambar 3. Hasil analisis hujan musiman untuk aditif kabupaten Tabanan Periode 1972-1991: normal; Periode 1978-1997: perubahan



Gambar 4. Hasil analisis hujan musiman untuk aditif kabupaten Purworejo Periode 1951-1970: normal; Periode 1976-1997: perubahan



Gambar 5. Hasil analisis hujan musiman untuk aditif kabupaten Sukabumi Periode 1954-1970: normal; Periode 1978-1996: perubahan



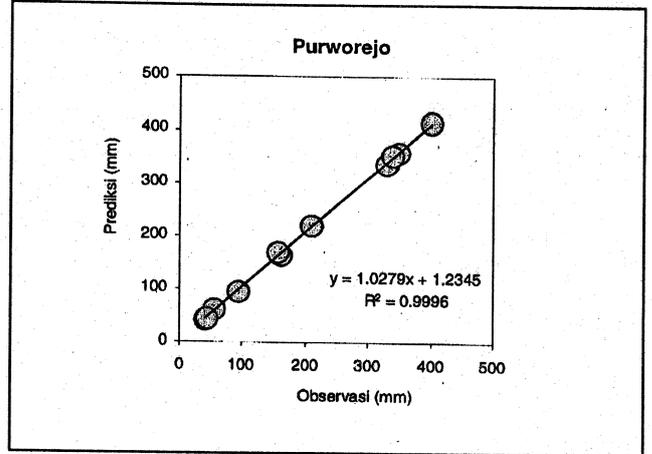
Gambar 6. Korelasi hujan musiman observasi dan prediksi periode perubahan (1978-1997) di Tabanan Bali

maju bahwa pemanasan global bersumber dari pembakaran bahan bakar fosil dan perlunya melindungi keanekaragaman hayati yang ada di dunia.

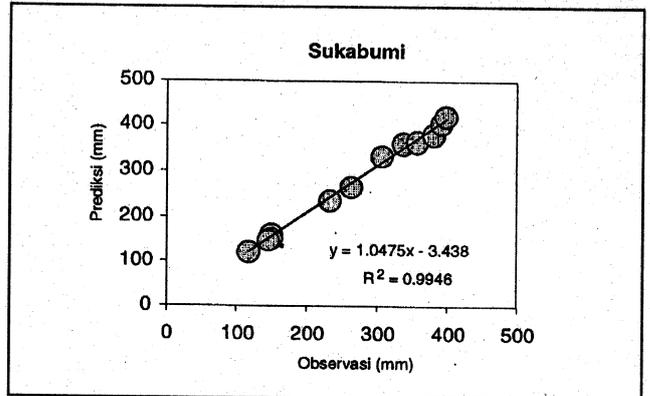
Indonesia sebagai bagian negara berkembang yang sedang membangun, dua konvensi ini sangat berpengaruh pada arah kebijakan pembangunan ekonomi yang meletakkan industri sebagai fokus pembangunan

dengan dukungan tangguh dari pertanian. Oleh karena itu dalam menanggapi dua konvensi tersebut perlulah dilihat sebaran emisi gas CO<sub>2</sub> diberbagai belahan dunia. **Tabel 3** menyajikan emisi gas CO<sub>2</sub> dari bahan bakar fosil dan industri semen pada tahun 1987. Nampak dari tabel tersebut bahwa negara-negara maju justru paling banyak mengeluarkan emisi CO<sub>2</sub>, sebesar 2.555,2 juta karbon.

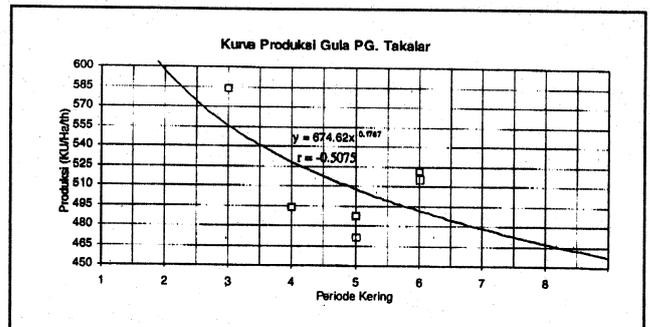
Jauh sekali perbedaannya dengan negara Eropa Timur (1378,4 juta karbon) maupun negara berkembang (785,9 juta karbon).



Gambar 7. Korelasi hujan musiman observasi dan prediksi periode perubahan (1976-1998) di Purworejo, Jawa Tengah



Gambar 8. Korelasi hujan musiman observasi dan prediksi periode perubahan (1976-1996) di Sukabumi, Jawa Barat



Gambar 9. Hubungan empiris antara lama periode kering dengan produksi gula di PG Takalar, Sulawesi Selatan.

Angka di atas memberikan inspirasi bahwa negara berkembang, termasuk Indonesia yang sebagian besar secara alami terletak di wilayah tropis dan kaya akan sumberdaya hayati perlu hati-hati dalam menanggapi isu pemanasan global. Negara manuju cenderung ingin memberikan tekanan pada negara berkembang untuk ikut berpartisipasi mengatasi masalah pemanasan global. Suatu ajakan yang sangat masuk akal tetapi perlu ditanggapi secara hati-hati, khususnya bila diletakkan dalam konteks pembangunan. **Tabel 3** yang menyajikan tidak seimbangnnya emisi gas CO<sub>2</sub> dapat dijadikan sebagai bagian dalam mengembangkan posisi tawar dengan negara maju dalam mengembangkan kebijakan pembangunan di negara berkembang, termasuk Indonesia.

**Tabel 3: Emisi CO<sub>2</sub> dari konsumsi bahan bakar fosil dan industri semen, 1987**

Negara	Emisi karbon		
	Juta ton karbon	% dunia	Kg/kapita
<b>A. Negara maju</b>			
Amerika Serikat	1 221,6	21,5	5,0
Kanada	110,0	1,9	4,2
Masyarakat Eropa	836,5	14,7	2,5
Austria	14,8	0,3	2,0
Eslandia	0,5	0,009	2,5
Finlandia	14,6	0,3	3,0
Malta	0,4	0,007	1,0
Norwegia	12,3	0,2	2,9
Swedia	15,5	0,3	1,9
Swiss	10,9	0,2	1,7
Australia	64,7	1,1	4,0
Selandia Baru	5,9	0,1	1,7
Jepang	247,5	4,4	2,0
Total	2 555,2	45,0	3,3
<b>B. Negara Eropa</b>			
Timur Albania	2,6	0,005	0,8
Bulgaria	33,7	0,6	3,7
Cekoslowakia	65,6	1,2	4,2
Hongaria	20,9	0,4	2,0
Polandia	128,7	2,3	3,4
Rumania	58,4	1,0	2,5
Rusia	1034,1	18,2	3,6
Yugosllovakia	34,4	0,6	1,5
Total	1 378,4	24,2	3,4
<b>C. Negara Berkembang</b>			
India	154,9	2,7	0,2
Indonesia	34,9	0,6	0,2
RRC	596,1	10,5	0,5
Total	785,9	13,8	0,4
Total Dunia	5 690,0	100,0	1,1

Masyarakat Eropa: Belgia, Denmark, Inggris, Irlandia, Jerman, Luksemburg, Nederland, Perancis, Portugal, Spanyol dan Yunani

Sumber: World Resources 1990/91, WRI & IIED, 1990 (Sumarwoto, 1991)

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat ditarik adalah:

- Dengan karakteristik hujan sebagai fungsi waktu yang mempunyai siklus berulang memberi peluang untuk menganalisis perubahannya melalui pendekatan statistika. Melalui analisis kesesuaian fungsi distribusi normal, hujan tahunan dari suatu wilayah dapat dipakai untuk mendekteksi awal perubahan iklim.

- Besarnya perubahan secara kuantitatif dapat diprediksi melalui pendekatan peramalan deret waktu dengan variasi musiman aditif (*forecasting time series with additive seasonal variation*).
- Pendekatan terestris membuktikan peranannya dalam mendukung adanya temuan perubahan iklim global.

### Saran

- Secara internal, adanya fenomena perubahan iklim perlu ditanggapi dengan mengantisipasinya dengan melakukan langkah nyata, khususnya dalam peramalan resiko kegagalan produksi pertanian karena faktor iklim.
- Secara eksternal, perlu ditanggapi dengan mempersiapkan daya tawar terhadap negara maju melalui pengembangan kebijakan atas isu perubahan iklim global agar pelaksanaan pembangunan tidak mengalami hambatan karena faktor ini.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Makalah dapat terealisasi atas bantuan analisis data dari Ir Suratno dan masukan dari Dr Ir Putu Sudira, MSc, masing-masing alumni dan staf pengajar Fakultas Teknologi Pertanian, UGM. Untuk itu diucapkan terima kasih.

## DAFTAR PUSTAKA

- Atlanta/INPROMA, 1987. **Wood Raw Material Supply**, vol III of the Wood Processing Industry Sector Study, Hamburg/Jakarta.
- Bals, C., (1999). Caught in the Battle of Lobbyists. The Difficult Road Towards Climate Protection. Dalam: **Development and Cooperation No. 2/1999**.
- Bowerman, B. and O'Connell, R., 1979. **An Applied Approach. Time Series and Forecasting**. Duxbury Press. North Scituate Massachusetts, USA.
- Chow, V.T., Maidment, D.R. and Mays, L.W., 1988. **Applied Hydrology**. McGraw-Hill International Editions.
- Cutajar, M.Z., 1998. The Complex Process Towards Consensus. The State of the Climatic Talks before the Buenos Aires Meeting. Dalam: **Development and Cooperation No. 6/1998**.
- Haan, C. T., 1977. **Statistical Method in Hydrology**. The Iowa University Press / Ames. USA.
- Spokesman-Review and Spokane Chronicle, 1991. Earth in 1990 warmest ever. Data demonstrate climate change real. Dalam: **The Disappearing Tropical Forests**. Unesco, May 1991.
- Sudira P. dan Mawardi, M., 1999. **Development of Rural Community. A historical perspective of Subak System**. Dalam: A Study of the Subak as an indigenous Cultural, Social and Technological System to Establish A Culturally Based Intergrated Water Resources

- Management, Volume II. Faculty of Agricultural Technology, UGM.
- Sumarwoto, O., 1991. **Indonesia dalam isu lingkungan global**. Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Susanto, S., 1998. Keberlanjutan Aset Lahan Sawah Beririgasi. Bagian I: Efektivitas Penyediaan Air. **Visi, Majalah Sumberdaya Air, Lahan dan Pembangunan**, No. 15, eptember 1998.
- Unesco, 1991. **The Disappearing Tropical Forests**. Water-Related Issues and Problems of the Humid Tropics and Other Warm Humid Regions, May 1991.
- World Bank Wasington, D.C., 1990.. Indonesia. Sustainable Development of Forest, Land and Water. **A World Bank Country Report Study**.
- World Resources, 1990-1991. Oxford University Press, New York.