

DAMPAK PERUBAHAN POLA CURAH HUJAN TERHADAP TANAMAN PANGAN LAHAN TADAH HUJAN DI JAWA BARAT

Impacts of Rainfall Patterns Changes on Rainfed Land Cropping In West Java

Ruminta* dan T. Nurmala

Staf Pengajar Departemen Budidaya Pertanian Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung Sumedang KM 21, Jatinangor, 45363

*Alamat korespondensi: r_ruminta@yahoo.com

ABSTRAK

Perubahan iklim dan pemanasan global sangat mempengaruhi perubahan pola curah hujan. Perubahan pola curah hujan tersebut berdampak pada sistem pertanian tanaman pangan lahan tadah hujan. Sehubungan dengan hal itu telah dilakukan penelitian mengenai perubahan pola curah hujan dan dampaknya terhadap sistem pertanian tanaman pangan lahan tadah hujan di Jawa Barat. Penelitian menggunakan data curah hujan dan produksi tanaman pangan yang dianalisis menggunakan model Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola curah hujan di wilayah Jawa Barat pada 30 tahun terakhir mengalami perubahan dan cenderung menurun. Lama musim hujan menjadi lebih pendek dan curah hujan ekstrim (kekeringan atau banjir) semakin meningkat. Lama musim hujan berubah dari 6-7 bulan menjadi 4-6 bulan dan menyebabkan periode masa tanam lebih pendek. Awal tanam mengalami perubahan dan mundur sekitar 1-2 dasarian dari awal tanam sebelumnya yang biasa dilakukan pada dasarian ke 14. Di wilayah Jawa Barat, produksi tanaman padi dan jagung cenderung meningkat sedangkan produksi tanaman kedelai cenderung menurun. Model produksi tanaman pangan hasil analisis ANFIS sangat akurat dan dapat dipergunakan untuk memproyeksikan produksi padi, jagung, dan kedelai.

Kata kunci : perubahan iklim, pola curah hujan, sistem tanaman lahan tadah hujan

ABSTRACT

Climate changes and global warming had a great impacts on rainfall patterns. The rainfall patterns changes can influence on rainfed land cropping system. In relation to that fact, study on change of rainfall pattern and it's impacts on rainfed land cropping system had been carried out at the West Java. The study based on rainfall and crop production data that was analyzed by Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System. The results showed that the pattern of rainfall at West Java region in the last 30 years has changed and tend to decline. Long rainy season becomes shorter and extreme rainfall (droughts or floods) has increase. Long rainy season changed from 6-7 months to 4-6 months and led to a shorter period of growing season. Early planting changed and back about 1-2 dasarian of early planting is usually done in 14th dasarian. In the area of West Java, production of rice and corn trend to increase while soybean production tends to decline. Model production of food crops which were analyzed by ANFIS very accurate and can be used for projecting the production of rice, corn, and soybeans.

Key words: climate change, rainfall pattern, rainfed land cropping system

PENDAHULUAN

Iklim telah mengalami perubahan yang sangat signifikan sebagai akibat dari perubahan lingkungan, ekosistem, dan gas efek rumah kaca. Indikasi perubahan iklim terlihat dari adanya peningkatan suhu udara, perubahan pola curah hujan, peningkatan intensitas cuaca ekstrim, dan peningkatan

muka air laut (IPCC, 2007). Adanya perubahan iklim yang berdampak pada perubahan pola curah hujan sangat berpengaruh pada tata air tanah hal itu tentu saja berdampak pula terhadap sistem pertanian tanaman pangan lahan tadah hujan.

Curah hujan sangat mempengaruhi kegiatan pertanian dan produksi tanaman pangan lahan tadah hujan di Jawa Barat. Di sisi lain, curah hujan mempunyai variabilitas yang besar baik secara spasial maupun temporal oleh karena itu seringkali curah hujan tersebut menjadi faktor pembatas dalam kegiatan pertanian dan produksi tanaman pangan lahan tadah hujan. Salah satu upaya agar curah hujan tersebut tidak menjadi faktor pembatas atau sedikitnya tidak menjadi kendala dalam kegiatan pertanian dan produksi tanaman adalah menyelaraskan semua kegiatan pertanian dengan karakteristik curah hujan yang ada (Oldeman, 1975; Amin, 2003; Boer, 2003). Dalam upaya menyelaraskan kegiatan pertanian dengan karakteristik curah hujan yang ada tersebut harus didukung oleh basis informasi karakteristik pola curah hujan yang memadai sebagai masukan dalam perencanaan dan kegiatan pertanian pada lahan tadah hujan dimana sumber air pertaniannya berasal dari hujan.

Pola curah hujan sangat mempengaruhi ketersediaan air tanah, lama masa tanam, awal tanam, dan pola tanam serta pemilihan komoditi tanaman pangan lahan tadah hujan atau lahan kering. Oleh karena itu, diperlukan informasi yang memadai dari kajian tentang perubahan pola curah hujan untuk memahami dengan baik ketersediaan air tanah, awal tanam, lama masa tanam, dan pola tanam; wilayah

rawan kekeringan; dan informasi agroklimat lainnya (Koesmaryono *et al.*, 1999, Irianto dan Heryani, 2003). Sehingga dapat dijadikan acuan yang cukup valid dalam perencanaan dan pelaksanaan kegiatan pertanian dan pengembangan tanaman pangan bagi para petani, pengusaha agribisnis, maupun pemerintah.

Berdasarkan hal tersebut di atas, dapat diidentifikasi dua masalah sebagai berikut: (1) bagaimana dampak dari perubahan lingkungan seperti perubahan penutupan dan penggunaan lahan, penggundulan hutan, perubahan iklim global, dan pemanasan global terhadap perubahan pola curah hujan dan produksi tanaman pangan lahan kering di wilayah Jawa Barat; dan (2) bagaimana pengembangan dan peningkatan kajian perubahan pola curah hujan dapat memberikan informasi perubahan ketersediaan air tanah, awal tanam, lama masa tanam, dan pola tanam serta pemilihan komoditi tanaman pangan dalam menunjang pengembangan tanaman pangan berkelanjutan di wilayah Jawa Barat.

Tulisan ini disajikan untuk memberikan informasi tentang perubahan pola curah hujan, pengaruh perubahan pola curah terhadap produksi tanaman, dan model sistem produksi tanaman pangan pada lahan tadah hujan. Dalam tulisan ini juga disajikan dampak perubahan pola curah hujan terhadap perubahan

ketersediaan air tanah, awal tanam, lama masa tanam, dan pola tanam serta pemilihan komoditi tanaman pangan lahan tadah hujan di Jawa Barat.

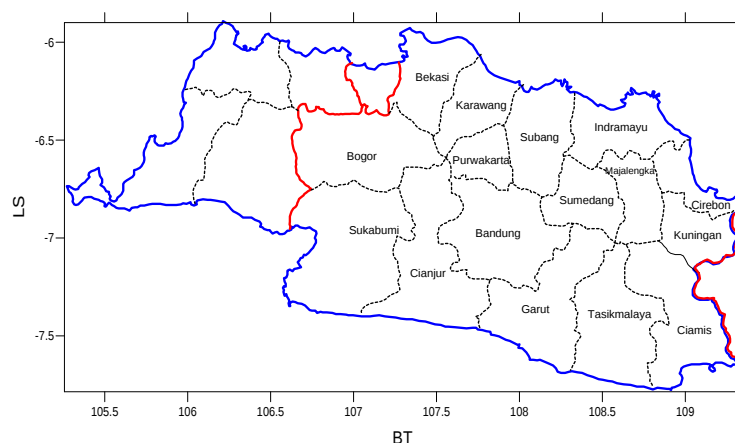
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di wilayah Jawa Barat (Gambar 1) menggunakan data curah hujan (dasarian, bulanan, dan tahunan), data produktivitas dan produksi tanaman pangan (padi, jagung, dan kedelai), data luas lahan pertanian, data masa tanam (growing season), pola tanam, dan awal tanam.

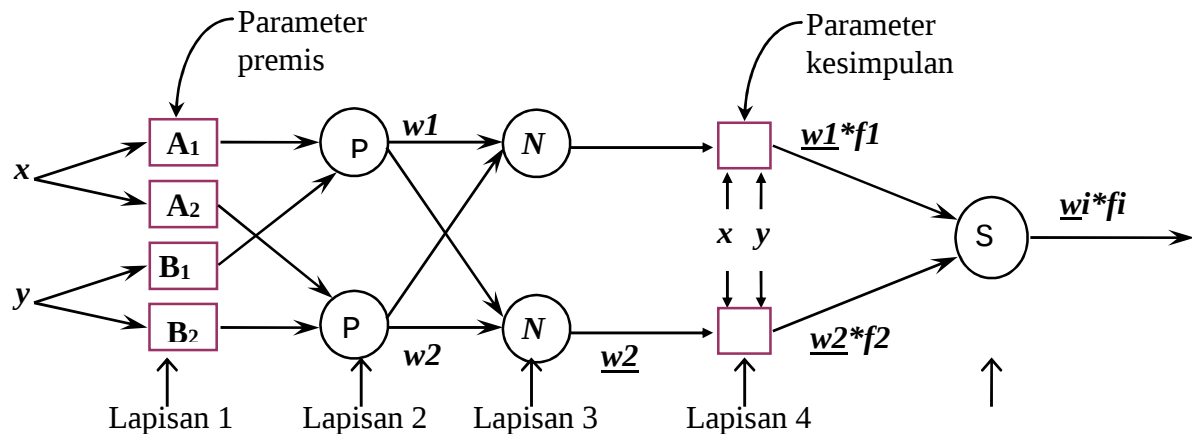
Metode pengumpulan data menggunakan survey, observasi, dan arsip dari lembaga terkait (BMKG, BPS, dan Dinas Pertanian Jawa Barat). Observasi dan survey menggunakan alat pengukur unsur curah hujan (Ombrometer), suhu (Termograf) dan penguapan (Pan Evaporimeter).

Analisis data menggunakan metode gabungan kuantitatif dan kualitatif yang disajikan secara deskriptif eksplanatori

menggunakan model *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS). Analisis data numerik dan penyajian hasil analisis menggunakan *Software Minitab 16*, *Mathlab 15*, dan *Surfer 8.0*. Aplikasi ANFIS terhadap inpu-output dan produksi tanaman pangan menggunakan ANFIS Sugeno yang terdiri dari dua tahap (Jang, 1993; Zhu, 2000; Shapiro, 2002; Ruminta *at al.*, 2007). Tahap pertama adalah training ANFIS yaitu menggambarkan data deret waktu dalam bentuk input dan output pada jejaring ANFIS untuk mendapatkan bobot simpul (*node*) antar penghubung dalam jejaring tersebut (Gambar 2). Pada tahap training input digunakan oleh sistem ANFIS untuk menghasilkan output yang kemudian dibandingkan dengan data hasil observasi. Training ANFIS yang paling baik diperoleh jika RMSE (*root mean square error*) dan MAPE (*mean absolute percentage error*) mempunyai nilai paling kecil. Ketika tahap training telah selesai, ANFIS digunakan untuk testing data.



Gambar 1. Lokasi penelitian



Gambar 2. Arsitektur ANFIS .

Kelayakan model hasil identifikasi ANFIS diuji dengan menggunakan RMSE (*Root Mean Square Error*) dan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) (Salehfar *et al.*, 2000) yang dinyatakan oleh persamaan berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (Y'_t - Y_t)^2}$$

$$MAPE = \frac{1}{N} \left[\sum_{t=1}^N \frac{(Y'_t - Y_t)}{Y_t} \right] 100\%$$

di mana Y'_t adalah output model ANFIS; Y_t adalah data hasil observasi; dan N adalah banyaknya data deret waktu yang dianalisis.

Kelayakan model hasil indentifikasi ANFIS Sugeno juga dapat diuji dengan menggunakan nilai χ^2 yang dinyatakan oleh persamaan di bawan ini. Model numerik akan menjadi layak untuk dipergunakan menduga curah hujan dan debit sungai, jika nila $\chi^2_{hitung} \leq \chi^2_{tabel}$ pada taraf nyata dan derajat bebas masing-masing a dan $l-p$,

$$c^2 = N(N+2) \sum_{l=1}^N \frac{(r_{(e)_i})^2}{(N-l)}$$

di mana l adalah banyaknya *lag* autokorelasi (biasanya $l = N/4$); $r_{(e)_i}$ adalah autokorelasi galat pada *lag* ke- i ; dan N adalah banyaknya data deret waktu yang dianalisis.

Sementara itu tingkat ketelitian (*precision*) model atau kualitas model hasil identifikasi ANFIS dikaji menggunakan nilai E yang dinyatakan pada persamaan:

$$E = 1 - \frac{S_c^2}{S_o^2}$$

dimana S_o adalah variasi data observasi dan S_c adalah variasi perbedaan antara data hasil observasi dan data hasil output model.

Proyeksi model produksi tanaman pangan dilakukan menggunakan model temporal hasil identifikasi ANFIS dari data numerik yang telah diuji kelayakannya melalui persmaan empirik:

$$F_t = O_5 = \sum_i v_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} = \frac{w_1 f_1 + w_2 f_2}{w_1 + w_2}$$

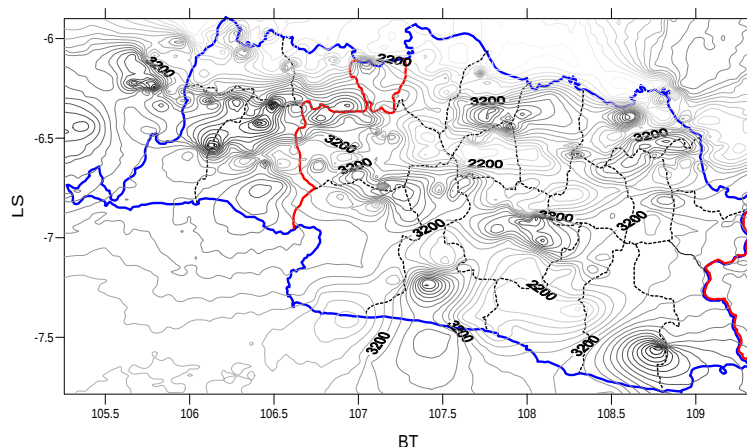
di mana F_t adalah output hasil prediksi; v adalah nilai normalisasi; dan f adalah himpunan logika samar (*fuzzy logic*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

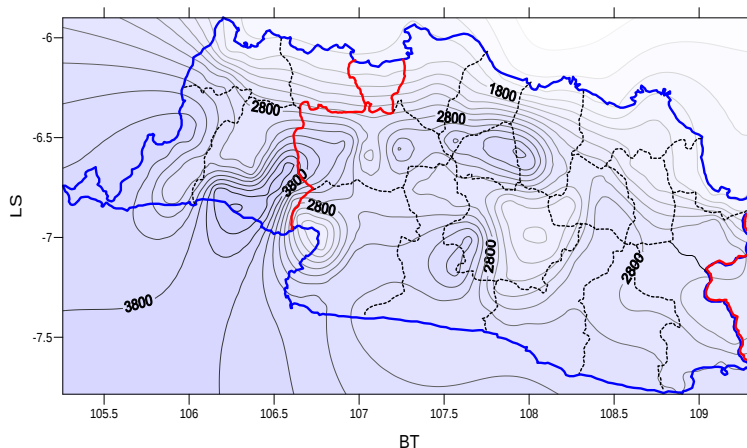
Perubahan Pola Curah Hujan

Hasil analisis spasial distribusi curah hujan di wilayah Jawa Barat menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan pola curah hujan. Hal ini sesuai dengan hasil beberapa penelitian lain yang mengindikasikan telah terjadi perubahan pola curah hujan di Indonesia (Hamada, *et al.*, 2002). Pola distribusi curah hujan periode 1929 hingga

1980 menunjukkan bahwa curah hujan masih cukup tinggi terutama di bagian selatan dan barat Gambar 3. Pada periode 1929-1980 wilayah Jawa Barat mempunyai rata-rata akumulasi curah hujan JJA, DJF dan tahunan masing-masing adalah 341 mm, 1108 mm dan 2930 mm dengan lama musim hujan umumnya antara 6-7 bulanan, sementara pada periode 1980-2005 -rata akumulasi curah hujan JJA, DJF dan tahunan masing-masing adalah 288 mm, 1009 mm dan 2638 mm dengan lama musim hujan antara 4-6 bulanan (Gambar 4).



Gambar 3. Distribusi spasial curah hujan tahunan periode 1929-1980 (dalam mm)

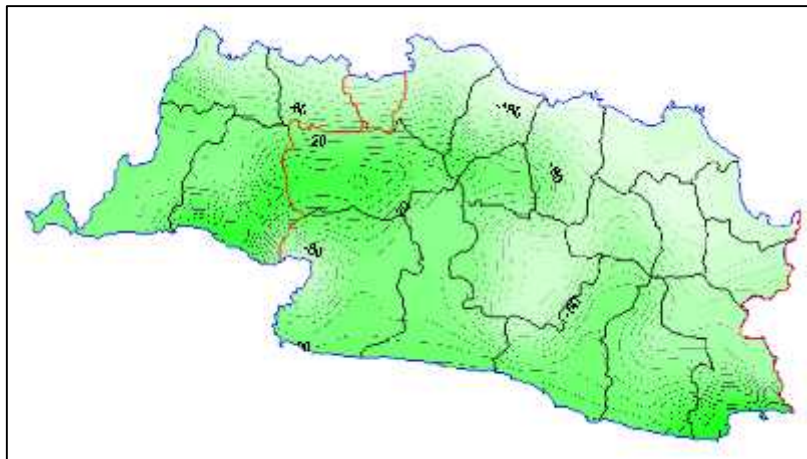


Gambar 4. Distribusi spasial curah hujan tahunan periode 1975-2005 (dalam mm)

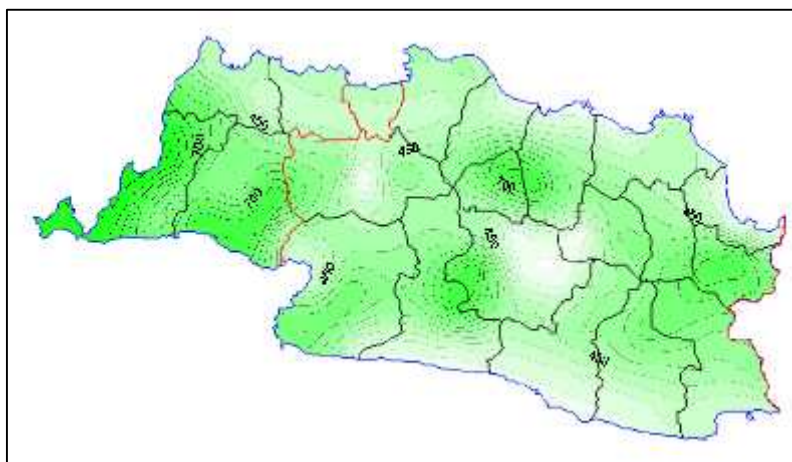
Adanya perubahan distribusi curah hujan tersebut mengindikasikan pula telah terjadi perubahan neraca air dan ketersediaan air lahan seperti juga telah diindikasikan sebelumnya oleh Syahbudiddin *et al.* (2004), sehingga mengganggu masa dan pola tanam pangan terutama tanaman pangan lahan kering di wilayah Jawa Barat.

Potensi ketersediaan air tanah untuk akumulasi JJA (musim kemarau) dan DJF (musim hujan) di wilayah Jawa Barat bagian selatan dan barat seperti Garut,

Tasikmalaya, Cianjur, Sukabumi, dan Bogor menunjukkan masih atas 0 mm atau surplus (Gambar 5 dan 6). Sementara itu untuk sebagian besar wilayah Jawa Barat lainnya berpotensi mengalami defisit ketersediaan air tanah terutama pada periode JJA. Fakta tersebut mengindikasikan bahwa pada periode musim kemarau kegiatan pertanian di sebagian besar wilayah Jawa Barat mempunyai potensi kekeringan kecuali untuk daerah-daerah yang mempunyai sistem air irigasi.



Gambar 5. Distribusi spasial potensi ketersediaan air tanah akumulasi JJA (dalam mm)



Gambar 6. Distribusi spasial potensi ketersediaan air tanah akumulasi DJF (dalam mm)

Perubahan Masa dan Pola Tanam

Lama musim tanaman pangan di sebagian besar wilayah Jawa Barat berkisar antara 18-24 dasarian (6 hingga 7 bulan) dengan rata-rata 22 dasarian, kecuali di wilayah Jawa Barat bagian utara dan timur seperti Subang dan Cirebon lama masa tanam kurang dari 15 dasarian (kurang dari 5 bulan) (Gambar 7). Awal musim tanam di sebagian besar wilayah Jawa Barat rata-rata dimulai pada dasarian (dekade) ke 29 (awal Oktober), kecuali di wilayah Jawa Barat bagian utara dan timur awal tanam terjadi mulai dasarian ke 30 hingga 32 (awal Nopember) (Gambar 8).

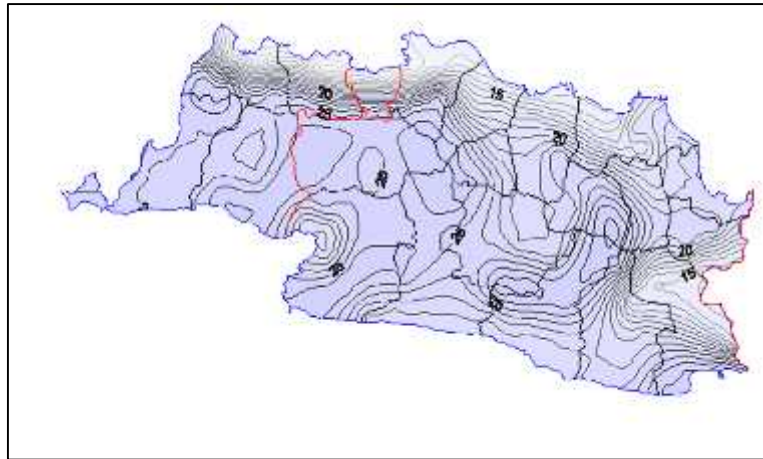
Berdasarkan analisis lama musim tanam dikaitkan dengan umur tanaman pangan dapat diindikasikan bahwa sebagian besar wilayah Jawa Barat berpotensi untuk tanaman padi (gogo) dan palawija, hanya sebagian kecil yang berpotensi kekeringan seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Tanaman padi bisa di tanam 2 atau 3 kali terutama di wilayah Jawa Barat bagian tengah seperti Garut, Sumedang, Cianjur. Sementara itu untuk sebagian besar wilayah lainnya padi dapat ditanam antara 1 hingga 2 kali.

Sebagian besar wilayah Jawa Barat berpotensi untuk tanaman palawija, hanya sebagian kecil yang berpotensi kekeringan

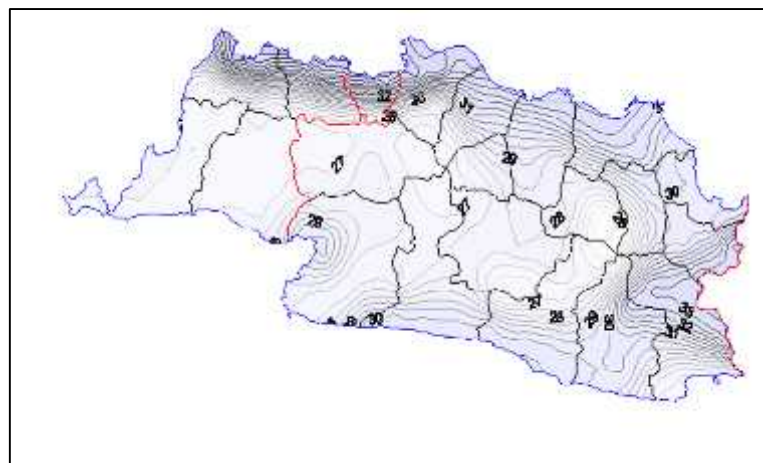
seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Daerah yang rawan kekeringan tersebut adalah Subang bagian utara, Indramayu, Cirebon, dan Ciamis bagian selatan. Tanaman palawija bisa di tanam 1 atau 2 kali terutama di wilayah Jawa Barat bagian tengah seperti Garut, Sumedang, Cianjur, Majalengka, Kuningan, dan Cianjur. Sementara itu untuk sebagian besar wilayah lainnya dapat ditanam palawija 1 kali seperti Subang Indramayu, Cirebon, Purwakarta, Bandung, dan Ciamis.

Perubahan Potensi Produksi Taman Pangan

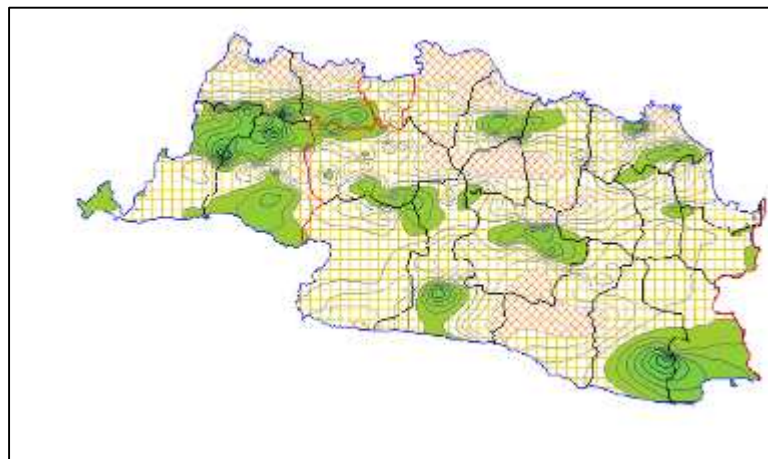
Berdasarkan analisis spasial produksi tanaman pangan di wilayah Jawa Barat menunjukkan bahwa potensi pusat produksi tanaman padi terdapat di wilayah Karawang, Subang, Majalengka, Sumedang, Garut, dan Cianjur (Gambar 10). Wilayah Garut, Sumedang, dan Cianjur berpotensi untuk produksi tanaman jagung (Gambar 11). Potensi tanaman kedelai juga terdapat di wilayah Garut, Sumedang, Cianjur, Subang, dan Cirebon (Gambar 12). Potensi produksi tanaman pangan di daerah tersebut tentu didukung oleh potensi curah hujan dan ketersediaan air tanah yang memadai di daerah tersebut seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.



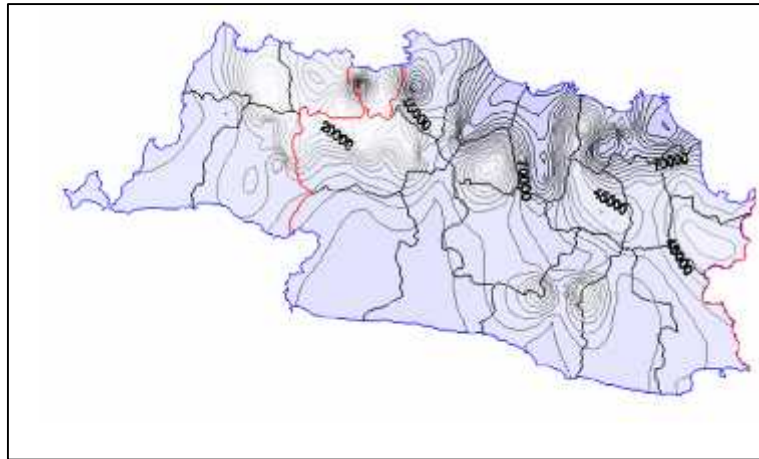
Gambar 7. Distribusi spasial lama tanam (*dasarian ke*).



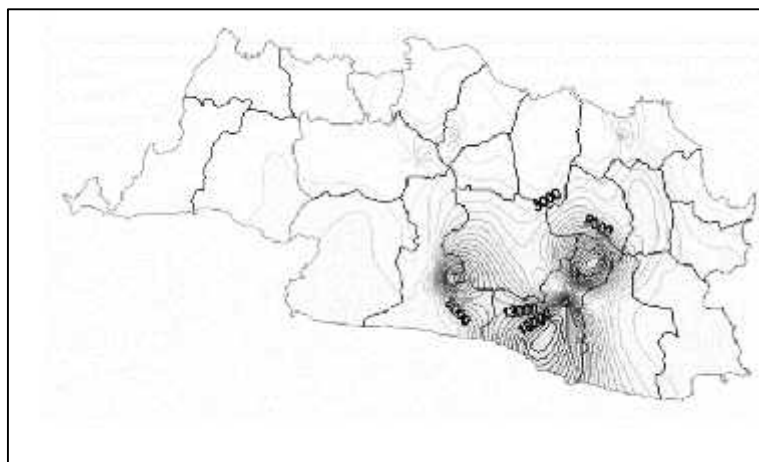
Gambar 8 distribusi spasial awal tanam (*dasarian ke*)



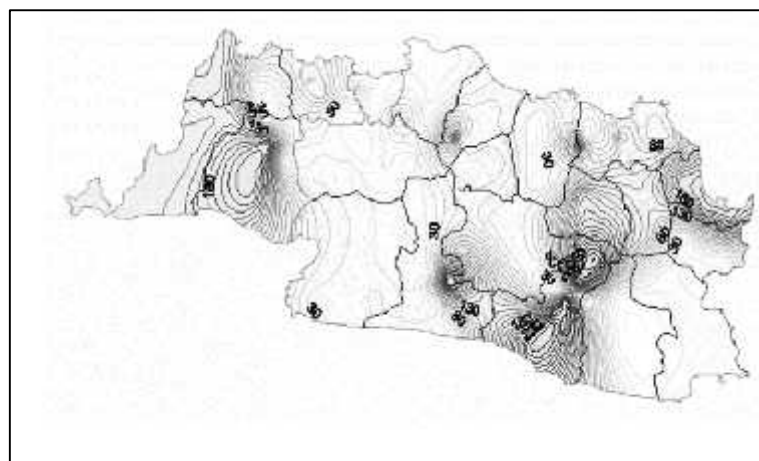
Gambar 9. Distribusi potensi pola tanam tanaman pangan (*kontur warna hijau, garis persegi, dan garis silang masing- masing menunjukkan untuk padi, palawija, dan bera*)



Gambar 10. Potensi produksi tanaman padi (dalam 1000 ton)



Gambar 11. Kontur potensi produksi tanaman jagung (dalam 1000 ton)



Gambar 12. Kontur potensi produksi tanaman kedelai (dalam 1000 ton)

Model Produksi Tanaman Pangan

Model produksi tanaman di wilayah Jawa Barat dapat dibangkitkan dengan baik dari data numerik curah hujan, lama

penyinaran, luas lahan dan produktivitas tanaman (Gambar 13). Selama simulasi model produksi tanaman pangan mempunyai bias sangat kecil yang

ditunjukkan oleh nilai RMSE maupun MAPE yang sangat kecil. Model produksi tanaman tersebut mempunyai presisi (E) yang sangat tinggi (Tabel 1). Hasil ini mengindikasikan bahwa model produksi tanaman pangan tersebut mempunyai potensi yang baik untuk dipergunakan memprediksi produksi pangan ke depan. Selama simulasi kurva data observasi berhimpit dengan dengan data hasil simulasi, hal ini menunjukkan bahwa

analisis ANFIS sangat akurat dalam merekonstruksi model produksi tanaman pangan di wilayah Jawa Barat.

Nilai prediksi dari model produksi tanaman pangan dengan data hasil pengamatan mempunyai perbedaan yang relatif kecil. Produksi tanaman pangan minimum, rerata, dan maksimum maupun standar deviasi antara data pengamatan dan data prediksi berbeda cukup dekat (Tabel 2).

Tabel 1. Nilai statistik analisis model ANFIS produksi tanaman pangan

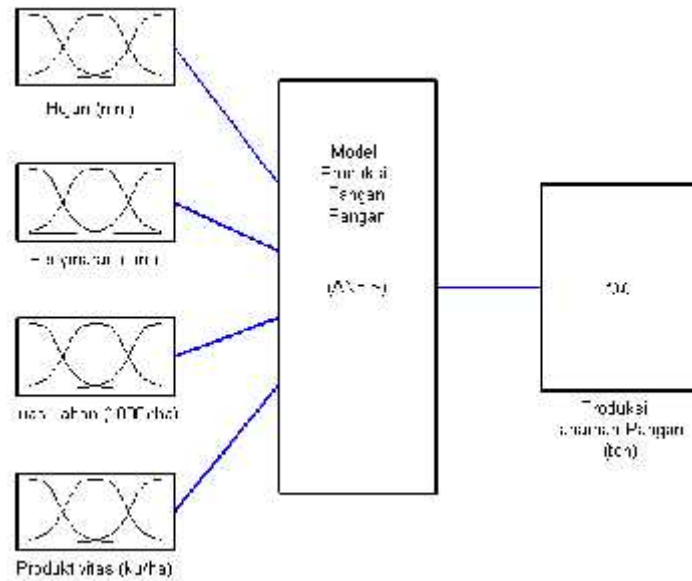
Model ANFIS	Training Simulasi		Presisi (E) (%)	Korelasi (r)
	RMSE	MAPE		
Padi	20,0679	0,0622	99,95	0,998*
Jagung	8,11121	0,0491	99,93	0,996*
Kedelai	0,03797	0,0903	99,99	0,999*

Keterangan: * = Signifikan

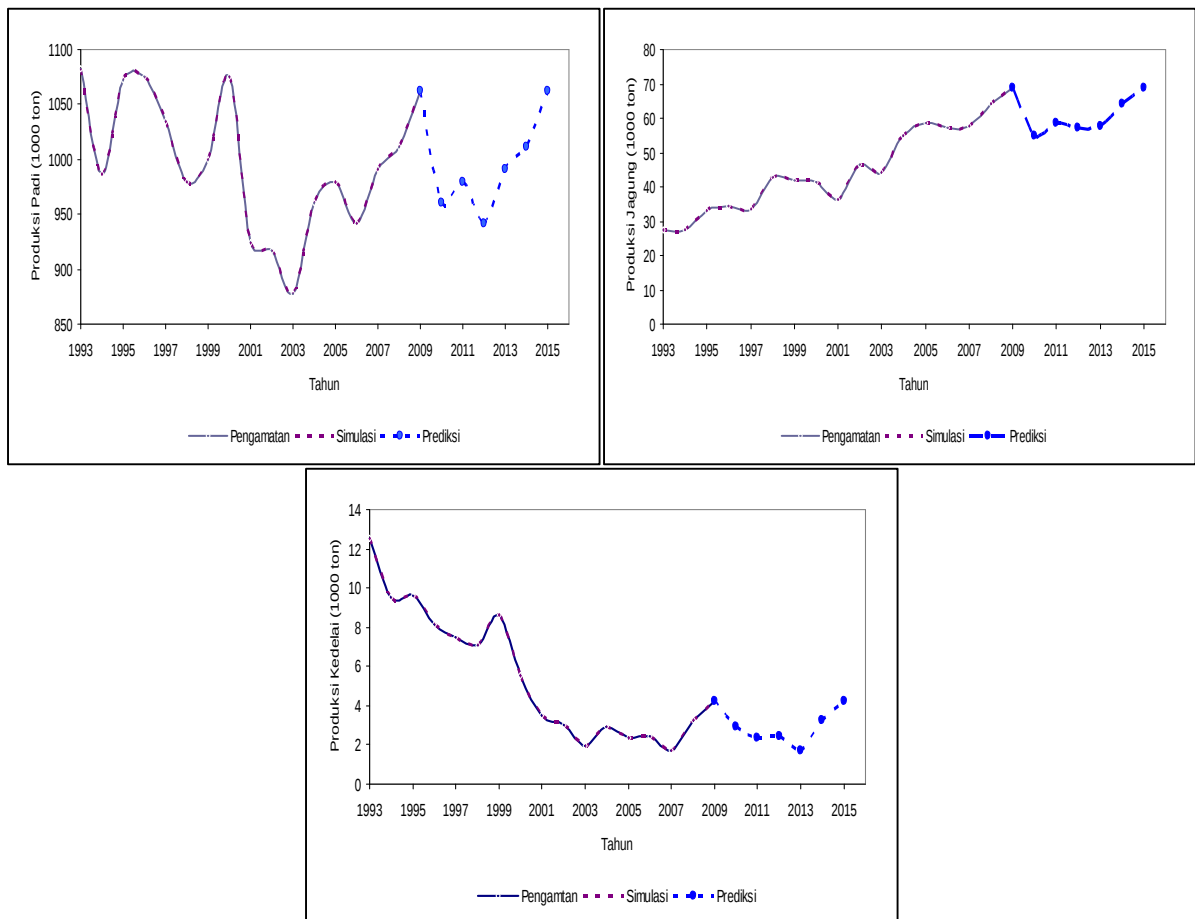
Tabel 2. Nilai Statistik Prediksi Produksi Tanaman Hasil Model ANFIS.

Model ANFIS	Data Pengamatan (x1000 ton)				Data Proyeksi (1000 ton)			
	Min	Rerata	Mak	StDev	Min	Rerata	Mak.	St.Dev
Padi	877,69	998,08	1082,09	62,36	941,90	1001,07	1062,10	47,11
Jagung	27,39	45,29	68,66	12,82	54,94	61,43	68,66	5,64
Kedelai	1,74	5,52	12,55	3,30	1,74	3,03	4,2	0,94

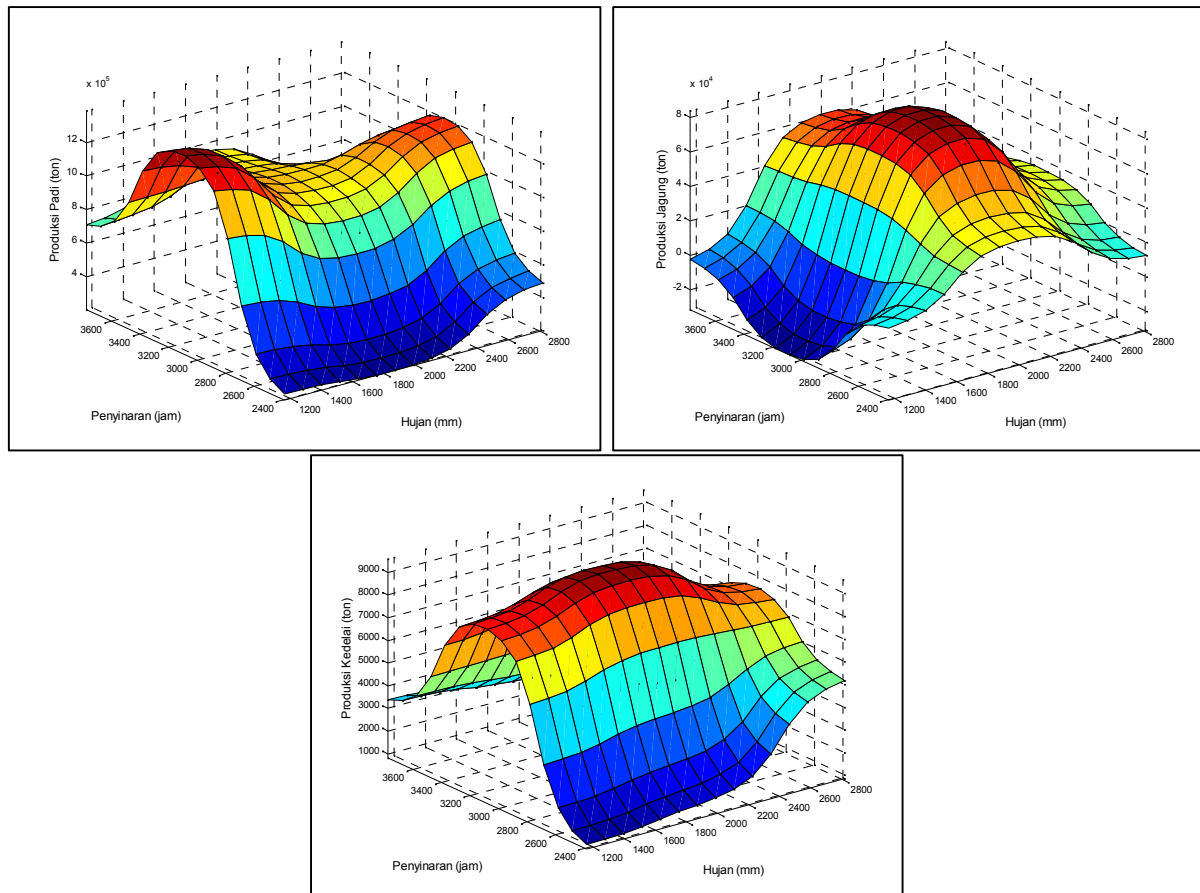
Keterangan: Min = minimum, Mak = maksimum, StDev = Standar Deviasi



Gambar 13. Sistem input dan output model produksi padi



Gambar 14. Model produksi tanaman pangan



Gambar 15. Model input-output produksi tanaman pangan

Model tersebut dipergunakan untuk memproyeksikan produksi tanaman pangan tahunan selama 6 tahun ke depan seperti ditunjukkan pada Gambar 14. Sementara itu respon input-output model produksi tanaman pangan padi, jagung, kedelai, kacang hijau, kacang tanah, ubi kayu, dan ubi jalar masing-masing ditunjukkan pada Gambar 15. Model numerik produksi ke tujuh tanaman pangan penting tersebut di wilayah Jawa Barat sangat bervariasi, namun demikian produksi tanaman jagung cenderung naik sangat signifikan dan produksi tanaman kedelai sebaliknya cenderung turun secara signifikan. Sementara itu pola produksi tanaman

pangan lainnya tidak mempunyai kecenderungan yang jelas.

Model produksi tanaman padi menunjukkan bahwa produksi padi di Jawa Barat mengalami perubahan yang sangat variatif. Hal ini tentu berkaitan dengan adanya fakta bahwa tanaman padi lebih peka terhadap perubahan pola curah hujan di wilayah tersebut sehingga produksi sangat tergantung pada fluktuasi curah hujan. Penurunan produksi padi di wilayah Jawa Barat pada tahun 1993, 1997, dan 2003 berkaitan dengan adanya fenomena EL Nino.

KESIMPULAN

Pola curah hujan di wilayah Jawa Barat pada 30 tahun terakhir telah mengalami perubahan dan cenderung turun. Lama musim hujan menjadi relatif lebih pendek dengan curah hujan ekstrim (banjir atau kekeringan) semakin meningkat. Pada periode 1929-1980 wilayah Jawa Barat mempunyai lama musim hujan antara 6-7 bulanan, sementara pada periode 1975-2005 lama musim hujan antara 4-6 bulanan. Lama musim hujan semakin pendek berimplikasi terhadap makin pendeknya periode masa tanam untuk tanaman pangan. Awal tanam tanaman pangan pada lahan tadah hujan mengalami perubahan mudur sekitar 1-2 dasarian dari awal tanam sebelumnya yang biasa dilakukan oleh para petani pada dasarian ke 14.

Hasil kajian menunjukkan bahwa Karawang, Subang, Majalengka, Sumedang, Garut, dan Cianjur berpotensi untuk pengembangan produksi tanaman padi sedangkan Sukabumi, Cianjur, Tasikmalaya, dan Garut berpotensi untuk pengembangan produksi jagung dan kedelai. Di wilayah Jawa Barat produksi tanaman padi dan jagung cenderung meningkat sedangkan produksi tanaman kedelai cenderung menurun. Model ANFIS dapat mensimulasi produksi tanaman pangan di wilayah Jawa Barat dengan sangat akurat dan berpotensi untuk dipergunakan sebagai salah satu model

alternatif untuk memproyeksikan produksi tanaman pangan seperti padi, jagung, dan kedelai.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, I. 2003. Aplikasi iklim dalam menunjang pertanian berkelanjutan. *Prosiding Seminar dan Lokakarya Aspek Klimatologi dan Lingkungan serta Pemanfaatannya*. LAPAN Bandung.
- Boer, R. 2003. Penelitian aplikasi iklim di sektor pertanian saat ini dan mendatang. *Prosiding Seminar dan Lokakarya Aspek Klimatologi dan Lingkungan serta Pemanfaatannya*. LAPAN Bandung.
- Braak, C. 1929. *Het Klimaat van Nederlands-Indie*. Verhandelingen, Koninklijk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium, Batavia, No. 8, 545 p.
- Doorenbos, J. and W. O. Pruitt. 1977. Guideliness for predicting crop water requirement. FAO Irrigation and Drainage. *Paper No. 24*. Rome.
- Hamada Jun Ichi, M.D. Yamanaka, Jun Matsumoto, Shoichiro Fukao, Paulus Agus Winarso, and Tien Sribimawati. 2002. Spatial and temporal variation of the rainy season over Indonesia and their link to ENSO". *JMS*, 80(2): 285-310.
- IPCC, 2007. *Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press. New York
- Irianto, G. dan N. Heryani. 2003. Teknologi pemanfaatan iklim untuk menunjang pertanian skala mikro. *Prosiding Seminar dan Lokakarya Aspek Klimatologi dan Lingkungan*

- serta Pemanfaatannya. LAPAN Bandung.
- Jang, J.S.R. 1993. ANFIS: Adaptive-network-based fuzzy inference system, IEEE Trans. on Systems. *Man and Cybernetics*, 23(3): 665-685.
- Koesmaryono, Y., Rizaldi Boer, Hidayat Pawitan, Yusmin, dan Irsal Las. 1999. Pendekatan Iptek dalam mengantisipasi penyimpangan iklim. *Prosiding Diskusi Panel Strategi Antisipatif Menghadapi Gejala Alam La-Nina dan El-Nino untuk Pembangunan Pertanian*. Bogor, 1 Desember 1998. PERHIMPI, FMIPA-IPB, Puslittanak, dan ICSEA BIOTROP Bogor. Bogor. hal 43-58.
- Oldeman, J. R. 1975. *An agro-climatic map of Java*. C. R. J. Agr. Bogor. Contr. Centr. Res. Inst. Agric. Bogor, No.16/1975.
- Ruminta, Bayong, T.H.K., Liong, T.H., dan Soekarno, I. 2007. Kecenderungan hidrometeorologi di daerah aliran sungai Citarum. *Padjadjaran Journal of Life and Physical Sciences*. 9(1): 23-37.
- Shapiro, A F. 2002. *From neural networks, fuzzy logic, and genetic algorithms to ANFIS and beyond*. A Proposal for the American Risk and Insurance Association 2002 Annual Meeting, University Park, USA.
- Syahbuddin, H., Manabu D. Yamanaka, and Eleonora Runtunuwu. 2004. Impact of climate change to dry land water budget in Indonesia: observation during 1980-2002 and smulation for 2010-2039. *Graduate School of Science and Technology*. Kobe University. Publication.
- Zhu, Y. 2000. ANFIS: Adaptive neuro fuzzy inference system. EE Dept., Univ. of Missouri, Rolla.