

Technical Paper

Aplikasi Model Artificial Neural Network Terintegrasi dengan Geographical Information System untuk Evaluasi Kesesuaian Lahan Perkebunan Kakao

Application of Integrated Model Artificial Neural Network and Geographical Information System for Land Suitability Evaluation of Cocoa Estate

Hermantoro¹, Rudiyanto², dan Slamet Suprayogi³

Abstract

Land evaluation for specific purpose in plantation sector become very important due to increasing the competition in land use and the development of plantation sector. Land evaluation produces information of land economic values for specific land use. The objective of the research is to develop land evaluation method for cocoa estate using integrated model Artificial Neural Network (ANN) and Geographical Information System (GIS). Back propagation ANN model were used to predict cocoa yield base on land qualities parameter. The result shows that the best of ANN model to predict cocoa yield have 15 input layer, 15 hidden layer, and 1 output layer. with the determination coefficient (r^2) of 0.99 and Root Mean Square Error (RMSE) of 93.83 in the training process, otherwise in the testing found the r^2 of 0.76 and RMSE of 113.83. In verification stage the integrated model of ANN and GIS was used to evaluate land suitability of Wijayaarga Cocoa Plantation is seem accurate in predicting cocoa yield and easers to mapping the land suitability unit.

Keyword: ANN, GIS, Land Evaluation, Cocoa

Diterima: 04 Juni 2007; Disetujui: 18 September 2007

Pendahuluan

Evaluasi kesesuaian lahan yang bersifat kuantitatif yang berkaitan dengan tingkat produksi yang dapat dicapai dari suatu penggunaan lahan tertentu sangat diperlukan dalam perencanaan penggunaan lahan (*land use planning*) untuk mengurangi resiko kegagalan investasi, mengeliminir unsur kelatihan dalam penggunaan lahan dan meningkatkan produktivitas serta untuk memperoleh nilai ekonomi penggunaan lahan terbaik.

Pertumbuhan dan produksi tanaman yang terjadi dalam satu periode ditentukan oleh interaksi antara iklim, tanah, tanaman dan pengelolaannya. Pada lingkungan tanah dan iklim tertentu dapat dikatakan bahwa produksi tanaman merupakan fungsi dari berbagai karakteristik lahan disekitarnya.

Artificial Neural Network (ANN) merupakan suatu struktur komputasi yang dikembangkan berdasarkan proses sistem jaringan syaraf biologi dalam otak. *Artificial Neural Network* merupakan penjabaran fungsi otak manusia (*biological neuron*) dalam bentuk fungsi matematika yang menjalankan proses

perhitungan secara paralel (Ashish, 2002). Sementara itu Pham (1995) menyatakan bahwa ANN bersifat fleksibel terhadap masukan data dan menghasilkan respon yang konsisten. Jaringan yang terdiri dari beberapa lapisan (*multilayer*) dapat menunjukkan kapabilitasnya yang sempurna untuk memecahkan berbagai permasalahan. Pembelajaran ANN dapat menyelesaikan perhitungan paralel untuk tugas-tugas yang rumit, seperti prediksi dan pemodelan; klasifikasi dan pola pengenalan; pengklasteran; dan optimisasi.

Menurut Petterson (1996) *Multilayer feedforward backpropagation* terdiri 3 layer yaitu input layer, hidden layer dan output layer. Input layer mempunyai n node, hidden layer mempunyai h node dan output layer mempunyai m node, seperti pada Gambar 1.

Penggunaan metode ANN diperkirakan dapat memberikan jawaban yang lebih akurat dalam dalam memprediksi produksi tanaman kakao dengan parameter karakteristik/ kualitas lahan. Sifat non-linier yang merupakan kekuatan jaringan syaraf tiruan dapat mengatasi kekurangan dari metode konvensional yang rumit dan tidak disukai apabila memasuki model yang non-linier.

¹ Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Stiper, Kampus Pusat Jl. Nangka II Maguwoharjo Depok Sleman 55283, her_mantr@yahoo.com

² Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680, lupusae@yahoo.com

³ Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta 55283, slametsuprayogi@yahoo.com

Dengan notasi yang dipakai adalah sebagai berikut:

- x_i : Vektor masukan dimana $i = 1, 2, 3 \dots n$
- v_{ji} : Pembobot penghubung Input layer dengan hidden layer dimana $i=1, 2, 3 \dots n$ dan $j=1, 2, 3 \dots h$
- w_{kj} : Pembobot penghubung hidden layer dengan output layer dimana $k=1, 2, 3 \dots m$
- x_p : Data input training dimana $p=1, 2, 3 \dots p$
- y_{pj} : Output pada hidden layer unit ke- j dengan input x_p
- z_{pk} : Output pada output layer unit ke- k
- t_{pk} : Target output
- f : Fungsi aktivasi

Data input Training (x_p) terdiri dari 15 neuron, yaitu: Kandungan unsur C, N – total, Kalium dapat ditukar, Calcium dapat ditukar, Magnesium dapat ditukar, Kapasitas Tukar Kation, Kejenuhan Basa, pH, unsur P tersedia, curah hujan/tahun, bulan kering/tahun, temperatur rerata, Jeluk medan tanah, kadar pasir tanah, dan kadar lempung + debu tanah.

Teknologi Geographical Information System (GIS) adalah sistem komputer yang digunakan untuk memasukkan (*capturing*), menyimpan, memeriksa, mengintegrasikan, memanipulasi, menganalisa dan menampilkan data-data yang berhubungan dengan posisi di muka bumi (Prahasta, 2002). Informasi yang dihasilkan dari analisa perhitungan dapat dipresentasikan secara visual melalui sistem informasi dengan mengintegrasikan basis data spasial (peta digital) dan basis data non spasial (atribut). Pembuatan software model ANN yang diintegrasikan dengan GIS akan mampu menghasilkan metode evaluasi kesesuaian lahan yang fleksibel dengan berbagai masukan keadaan variabel

karakteristik/kualitas lahan, lebih handal dalam memprediksi produksi, lebih mudah, cepat dan akurat dalam menampilkan peta kesesuaian lahan secara visual dalam berbagai bentuk tampilan.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat dan mengembangkan model ANN untuk memprediksi produksi kakao, dan mengintegrasikan model ANN sebagai ekstensi dalam Arcview GIS untuk mengevaluasi kesesuaian lahan perkebunan kakao.

Bahan dan Metode

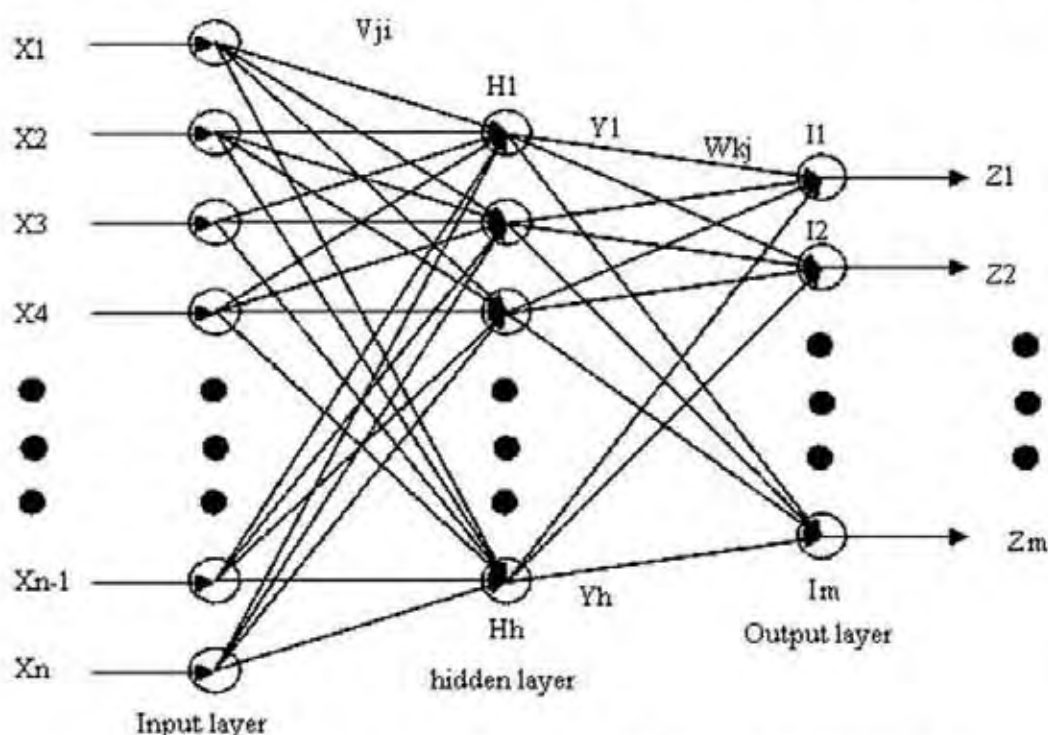
Bahan dan Alat

Kegiatan penelitian ini dilakukan di laboratorium dan pengambilan data dari instansi terkait dan beberapa survey di lapang. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah perangkat laboratorium untuk analisis contoh tanah, Global Positioning System (GPS) dan perangkat untuk analisis SIG.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah pasangan data produksi dan karakteristik/kualitas lahan (tanah dan iklim), contoh tanah untuk melengkapi data sekunder, peta-peta tematik (jenis tanah, kontur, Jeluk medan, dsb), bahan-bahan kimia untuk analisis sifat fisik dan kimia tanah.

Tahapan Penelitian

Penelitian dilaksanakan melalui empat tahap yaitu: tahap persiapan, tahap kerja lapang, tahap kerja laboratorium, dan tahap penyelesaian. Langkah-langkah operasional penelitian adalah : 1) membuat program ANN, 2) pembelajaran dan test model ANN untuk memperoleh model yang optimal, 3)



Gambar 1. Ilustrasi model ANN *Multilayer feedforward backpropagation*.

mengintegrasikan program ANN yang telah dihasilkan ke dalam *software arcview GIS*, 4) kalibrasi dan verifikasi model ANN terintegrasi GIS dengan data dari perkebunan terpilih (dengan mempertimbangkan kelengkapan data karakteristik dan peta-peta). Diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 2.

Secara ringkas penulisan algoritma backpropagation neural network ke dalam bahasa pemrograman komputer adalah sebagai berikut:

- Input pasangan data input, output target dan parameter pelatihan
- Normalisasi data input dan output target
- Pemberian nilai awal pembobot secara acak
- Repeat pelatihan
- Repeat pasangan data
- Perhitungan nilai aktivasi
- Perhitungan error
- Perhitungan gradient error
- Until semua pasang data terhitung
- Perhitungan total gradient error
- Pengkoreksian (adjustment) pembobot
- Until kriteria pemberhentian pelatihan tercapai

Sifat-sifat umum dari sistem ANN biasanya tersirat suatu kemampuan untuk belajar. ANN secara matematik merupakan sebuah pendekatan dari fungsi multi variabel actual $h(x)$ oleh fungsi yang lain $H(W,X)$ dengan $X = [x_1, x_2, x_3, \dots, x_n]^T$ merupakan vektor masukan dan $W = [w_1, w_2, w_3, \dots, w_n]^T$ adalah vektor pembobot. Pembelajaran bertujuan untuk menentukan nilai W yang merupakan pendekatan paling mungkin, berdasarkan pada contoh-contoh pembelajaran X (Dibike *et al.*, 1999). Vektor pembobot dicari melalui tahap *training* (pembelajaran), kemudian vektor pemberat yang diperoleh diuji konsistensinya melalui test.

Setelah nilai vektor pembobot yang optimal diperoleh dan konsisten pada dua tahapan training dan test, kemudian dilanjutkan dengan analisis pengkelasan kesesuaian lahan untuk perkebunan kakao. Kelas kesesuaian lahan perkebunan kakao dibagi menjadi empat tingkat yaitu: sangat sesuai, sesuai, hampir sesuai, dan tidak sesuai dengan tingkat produksi sebagai berikut (Hermantoro, 1993):

1. Lahan kelas I (sangat sesuai): jika produksi > 1800 kg/ha/th
2. Lahan kelas II (sesuai): jika produksi antara 1500 – 1800 kg/ha/th
3. Lahan kelas III (hampir sesuai): jika produksi antara 1500 - 1200 kg/ha/th
4. Lahan kelas IV (tidak sesuai): jika produksi < 1200 kg/ha/th.

Hasil prediksi produksi kakao ANN digunakan sebagai input dalam pengkelasan kesesuaian lahan berdasarkan pada tingkat produksi, menggunakan kelas kesesuaian lahan seperti tersebut di atas dan akan diperoleh kelas kesesuaian lahan sangat sesuai (S1), sesuai (S2), hampir sesuai (S3), atau tidak sesuai (N) berdasarkan tingkat produksi kakao yang diprediksi dengan ANN. Dengan demikian maka evaluasi kesesuaian lahan tersebut di dasarkan pada parameter kualitas lahan (sifat fisik tanah, sifat kimia tanah, dan iklim) yang dianalisis untuk memprediksi produksi kakao, kemudian hasil prediksi produksi kakao tersebut digunakan sebagai dasar dalam pengkelasan kesesuaian lahan.

Hasil dan Pembahasan

Training ANN

Training merupakan proses pembelajaran terawasi suatu ANN untuk mencari nilai pembobot (w) terbaik. Pada penelitian ini digunakan algoritma Backpropagation untuk pembelajaran neural network. Bobot network dimodifikasi dengan cara meminimalkan jumlah kuadrat eror yang dihitung terhadap semua simpul- simpul output.

Fungsi aktivasi yang digunakan dalam pembelajaran adalah sigmoid:

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp(-\beta x)} \tag{1}$$

Sedangkan nilai error rerata dihitung menggunakan metode Gradient Descent Method, sebagai berikut:

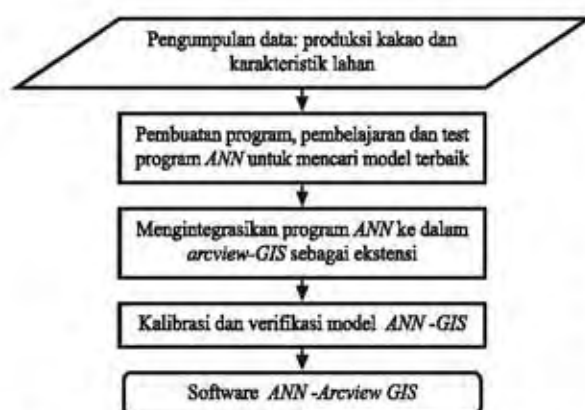
$$E_{tot} = \frac{1}{p} \sum_{p=1}^p E^p \tag{2}$$

dan koreksi pembobot adalah

$$\Delta W(s+1) = -\eta \partial E^p / \partial W(s) \tag{3}$$

dimana η adalah laju pembelajaran (konstanta yang nilainya $0 < \eta < 1$).

Training dilakukan menggunakan input layer terdiri dari 15 neuron, yaitu: Kandungan unsur C, N – total, Kalium dapat ditukar, Calsium dapat ditukar, Magnesium dapat ditukar, Kapasitas Tukar Kation, Kejenuhan Basa, pH, unsur P tersedia, curah hujan/tahun, bulan kering/tahun, temperatur rerata, jeluk mempan tanah, kadar pasir tanah, kadar lempung + debu tanah. Konstanta laju pembelajaran = 0.1, konstanta momentum = 0.1 dan konstanta gain = 0.9.

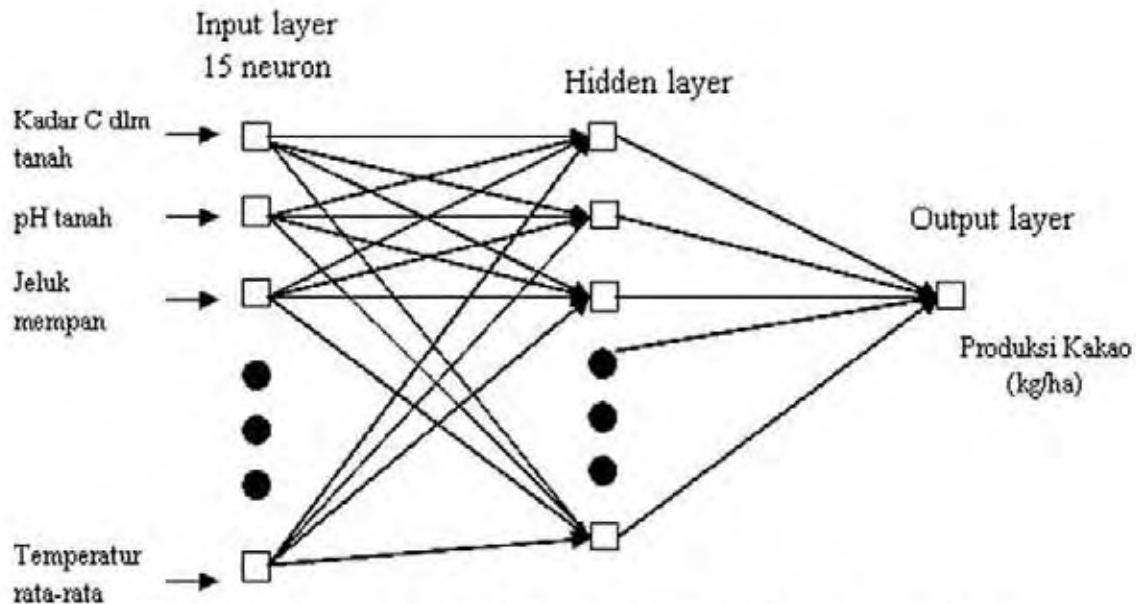


Gambar 2. Diagram alir penelitian aplikasi ANN-GIS untuk evaluasi lahan

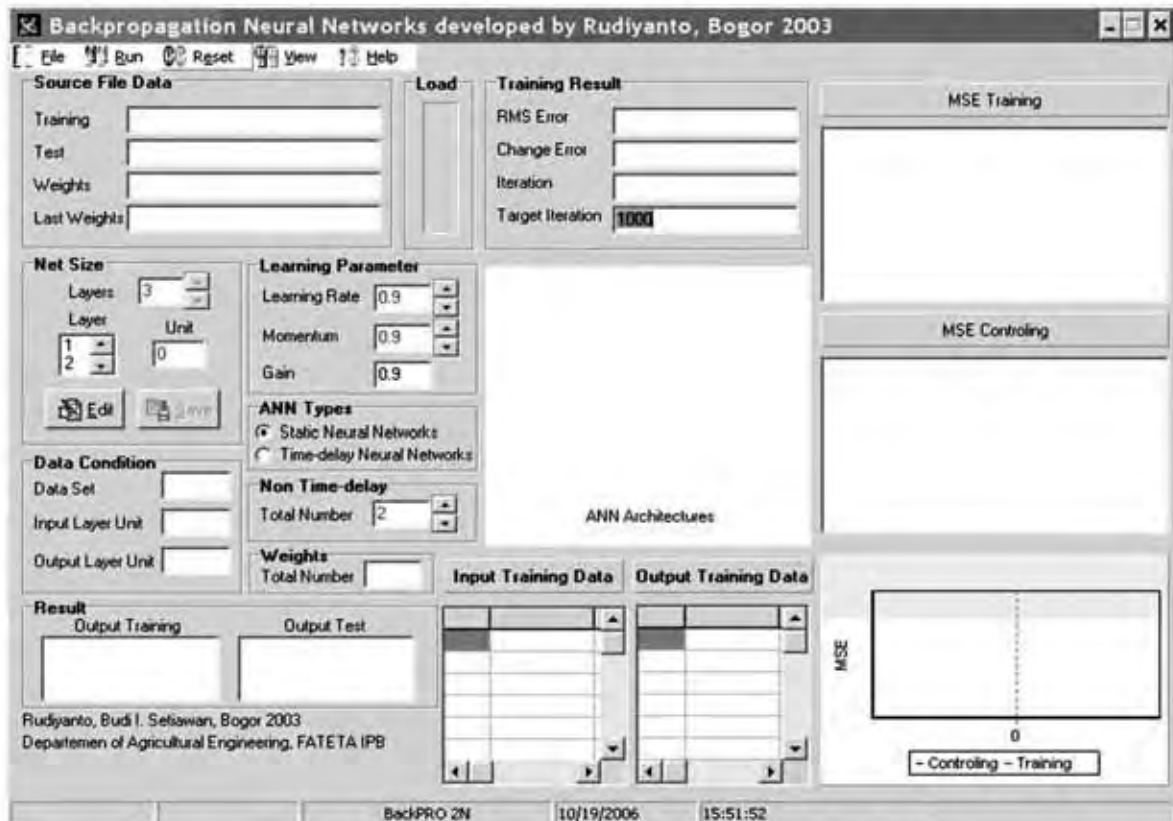
Berbagai struktur model ANN dicobakan untuk mencari model terbaik, antara lain 15-5-1 (input layer: 15; hidden layer: 5; dan output layer: 1), 15-10-1, dan 15-20-1. Dari prosedur tersebut diperoleh model yang terbaik adalah model 15-15-1 dengan hasil R^2 0,99 dan RMSE 93,83. Model terbaik tersebut berarti mempunyai input layer terdiri dari 15 neuron, hidden layer 15 neuron, dan output layer 1 neuron, seperti pada Gambar 3.

Testing ANN

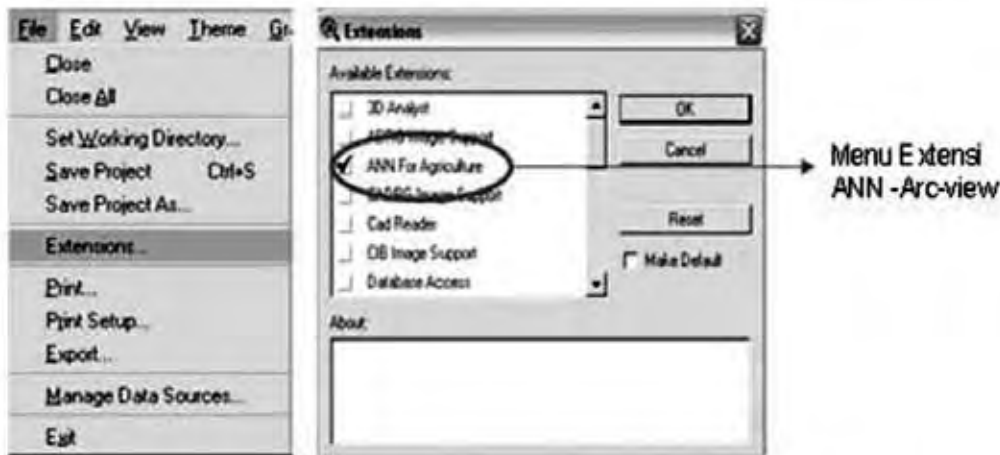
Test merupakan metode untuk menguji pembobot yang sudah diperoleh pada saat training. Testing tersebut dilakukan untuk melihat konsistensi model terbaik yang diperoleh pada saat training dengan menggunakan data input yang berbeda. Dari prosedur tersebut diperoleh model yang terbaik adalah model 15-15-1 dengan hasil R^2 sebesar 0,76 dan RMSE 113,83. Tampilan program untuk training dan testing ANN seperti Gambar 4.



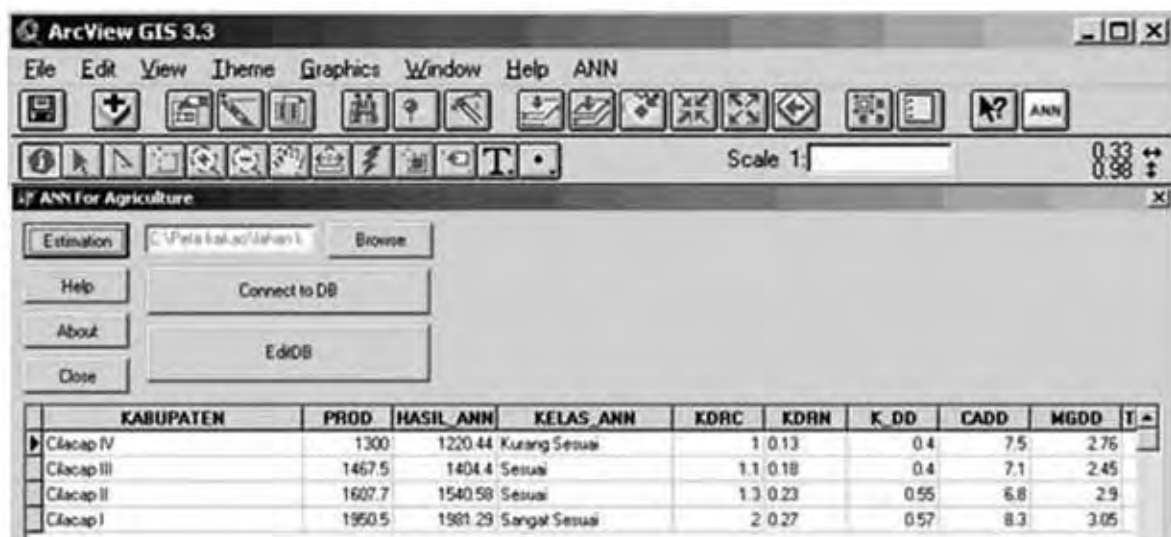
Gambar 3. Ilustrasi model ANN tiga layer hasil training terbaik (15-15-1)



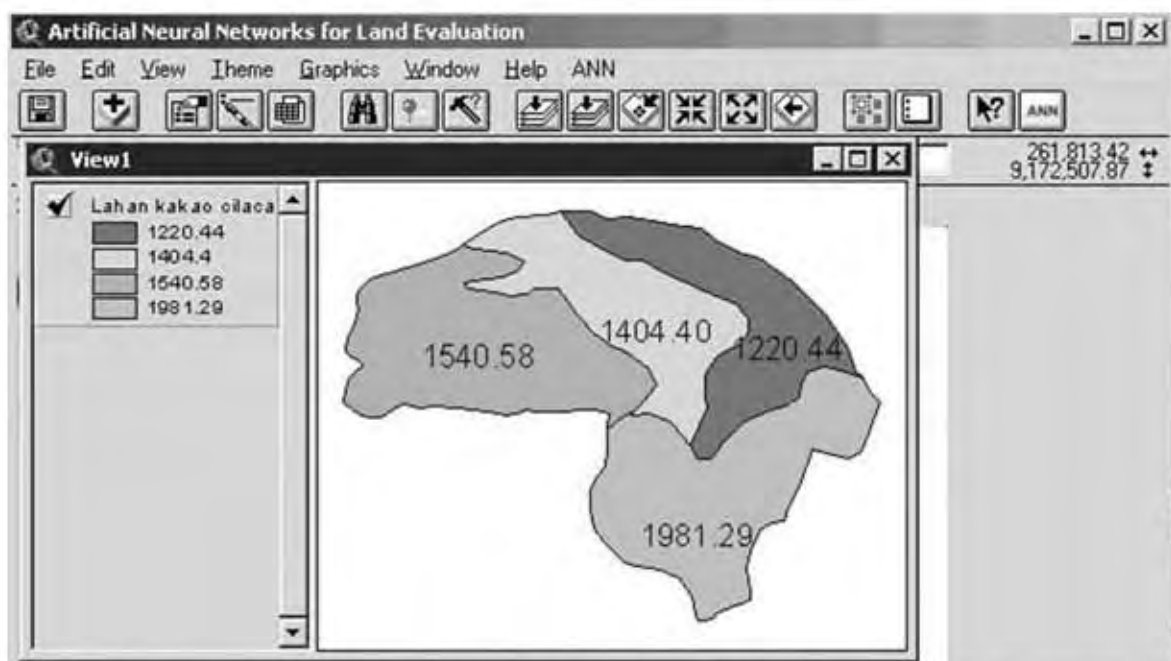
Gambar 4. Tampilan program untuk training dan testing ANN



Gambar 5. Tampilan ekstensi ANN dalam Arcview



Gambar 6. Tampilan eksekusi ekstensi ANN dalam arc-view



Gambar 7. Contoh tampilan hasil aplikasi evaluasi lahan Kebun Wijaya Arga Cilacap berdasarkan tingkat produksi prediksi

Integrasi ANN dengan Arc-view

Model ANN terbaik yang telah diverifikasi diintegrasikan dengan Arc-view sebagai ekstensi. Dengan ekstensi ANN tersebut analisis prediksi produksi dan kesesuaian lahan dapat dengan mudah dilakukan setelah prosedur overlay dikerjakan untuk memperoleh satuan lahan dengan kualitas tertentu. Dengan integrasi tersebut prediksi produksi kakao pada lahan yang dievaluasi dapat dilakukan dengan mengeksekusi ekstensi ANN for agriculture, kemudian untuk membuat tampilan peta kesesuaian lahan dilakukan menggunakan prosedur arcview. Form ekstensi ANN dalam arc-view seperti disajikan pada Gambar 5.

Tampilan menu pada saat eksekusi ekstensi ANN memberikan berbagai menu pilihan mulai dari menjalankan program, help, informasi, dan menutup ekstensi. Langkah awal adalah memanggil file atribut parameter kualitas lahan (.dbf) kemudian dihubungkan ke basis data. Prediksi produksi dan kelas kesesuaian lahan dilakukan dengan mengklik menu estimasi. Tampilan aplikasi ekstensi ANN seperti pada Gambar 6.

Verifikasi Model

Model evaluasi lahan perkebunan kakao yang telah dibuat digunakan untuk mengevaluasi lahan kebun kakao Wijayaarga Cilacap dengan hasil prediksi produksi kakao seperti Gambar 5. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa RMSE prediksi produksi kakao adalah 62,27 kg/ha. Berbagai tampilan dapat dipilih dari fasilitas yang dimiliki oleh Arcview, salah satu contoh adalah ditampilkan unit kesesuaian lahan dengan masing tingkat produksi hasil prediksi ANN, seperti Gambar 7.

Kesimpulan dan Saran

1. Model ANN dapat digunakan dengan baik untuk memprediksi produksi kakao sebagai fungsi dari parameter kualitas lahan
2. Integrasi ANN dengan Arc-view dalam bentuk ekstensi memberikan hasil yang memuaskan dalam memprediksi hasil kakao, pengelompokan kesesuaian lahan, dan tampilan peta-peta kesesuaian lahan.

Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini disampaikan terima kasih kepada Direktur DP2M DIKTI DEPDIKNAS yang telah membiayai penelitian ini melalui Penelitian Hibah Bersaing Tahun 2007.

Daftar Pustaka

- Ashish, D., 2002. Land-use classification of aerial images using artificial neural networks, M.S. Thesis, Artificial Intelligence, University of Georgia, Athens, U.S.A. http://www.aiUoG.org/iemss2002/proceedings/pdf/volume%20due/291_ashish.pdf
- Bandibas, C. Joel., 1998. A Land Evaluation System Using Artificial Neural Network Based Expert's Knowledge and GIS. Research Center, Cavite State University. GIS development, AARS, ACRS. <http://www.gisrc.nl/cavitesu/papers/ANNlandevaluation.pdf> [9 Agustus 2003]:7p
- Beek, K.J., 1978. Land Evaluation For Agricultural Development. Publication No. 23. International Institut of Land Reclamation and Improvement (ILRI) Wageningen.
- FAO, 1976. A Framwork for Land Evaluation. FAO Soil Bulletin No. 32. Rome.
- FAO, 1990. Land Evaluation for Farming System Analysis for Land Use Planning. FAO Guidelines, Working Group Buletin July 1990.
- Fu, L.M. 1994. Neural Network in Computer Intelligence. McGraw-Hill, Inc. New York. 459p
- Hermantoro, 1993. Pengembangan Metode Parametrik Dalam Evaluasi Kesesuaian Lahan Perkebunan Kakao. Program Pasca Sarjana UGM.
- Paola, J. D. and Schowengerdt, R. A., 1995. A detailed comparison of neural network and maximum likelihood classifiers for urban land use classification, IEEE Trans. Geosci.Remote Sensing 33 (4), 981-996.
- Patterson, D. W. 1996. Artificial Neural Networks Theory and Application. Printice Hall. New York.
- Pham, D.T. 1994. Neural Network for Chemical Engineers. Elsevier Press. Amsterdam.
- Prahasto, Eddy, 2003. Sistem Informnasi Geografi. Informatika. Bandung.