

IDENTIFIKASI PERTUMBUHAN TANAMAN KEDELAI (*Glycine max* L) DENGAN PENGARUH PEMBERIAN KOMPOSISI PUPUK MENGGUNAKAN METODA ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

*Identification of Soybean Plant (*Glycine max* L) Growth with Fertilizer Composition Using Artificial Neural Network Method*

Atris Suyantohadi¹, Mochamad Hariadi², Mauridhi Hery Purnomo²

¹Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jl. Flora, Bulaksumur, Yogyakarta 55281; ²Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November, Keputih Sukolilo, Surabaya
E-mail: atris@ugm.ac.id

ABSTRAK

Model artificial neural network (jaringan saraf tiruan) diterapkan untuk identifikasi pertumbuhan varietas kedelai dengan pengaruh pemberian komposisi pupuk yang diberikan selama pertumbuhan sebagai tujuan penelitian ini dilakukan. Susunan arsitektur model jaringan saraf tiruan untuk identifikasi tingkat pertumbuhan tanaman kedelai yang dihasilkan terdiri atas tiga lapisan, yaitu lapisan masukan dengan jumlah sel neuron 36, 7 lapisan tersembunyi dengan sel neuron masing-masing 600 sel neuron, 500 sel neuron hingga pada lapisan tersembunyi terakhir dengan 100 sel neuron dan lapisan keluaran dengan jumlah sel neuron 108. Fungsi pelatihan diterapkan dengan tingkat laju belajar sebesar 0,5 dan konstanta momentum sebesar 0,9. Model telah mampu memberikan tingkat deteksi yang baik dengan koefisien korelasi 0,9996 pada analisa pengujian. Berdasarkan hasil implementasi program yang dijalankan, pada output identifikasi tingkat pertumbuhan tanaman kedelai yang terdiri atas pertumbuhan periodik tanaman atas tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun dan jumlah cabang, analisa pertumbuhan dan komponen hasil tanaman akan dapat diinformasikan berdasarkan perlakuan parameter kombinasi pemberian pupuk kedalam tanaman.

Kata kunci: Pertumbuhan tanaman, kedelai, artificial neural network, pemodelan, simulasi

ABSTRACT

Artificial neural network modeling has been applied to identify soybean plant growth with fertilizer composition as a goal on this research. The architecture of artificial neural network modeling for the identification of soybean plant growth consists of three layer include on input layer with 36 cells of neuron, 7 hidden layer with 600, 500 cells of neurons to in the last hidden layer with 100 cells of neurons, and the output layer with 108 cells of neurons. Training function has been used on architecture model with 0.5 learning rate and 0.9 constant of momentum. Model has been able to provide a good level of identification with correlation coefficient 0.9996 in the analysis of testing result. Based on the results of the implementation, identification of plant growth rate on soybean consist of periodic plant growth on high tress, stem diameter, number of leaves and branches, plant growth analysis and result of plant growth component based on a combination of treatment into fertilizer plant.

Keywords: Plant growth, soybean, artificial neural network, modeling, simulation

PENDAHULUAN

Pemupukan dengan kandungan hara mineral dalam jumlah yang cukup dan seimbang serta penggunaan benih kedelai yang baik dan bermutu merupakan input yang diperlukan dalam upaya peningkatan produksi kedelai. Selain

kedua faktor di atas, faktor lingkungan seperti iklim dan kondisi tanah merupakan faktor yang tidak bisa diabaikan dalam budidaya kedelai. Inovasi teknologi yang diterapkan pada bidang pertanian dalam penelitian ini dilakukan dengan menyusun pemodelan dan simulasi menggunakan metoda jaringan saraf tiruan pada pertumbuhan tanaman yang meng-

gambarkan karakteristik faktor –faktor yang mempengaruhi selama pertumbuhan tanaman. Faktor-faktor yang mendukung peningkatan produksi seperti pemupukan, penggunaan varietas unggul, dan faktor lingkungan dijadikan input dalam pemodelan sistem pertumbuhan tanaman yang didesain. Input yang tersedia diolah sebagai data untuk menjalankan model dan simulasi pertumbuhan dari komoditas tanaman kedelai. Hasil simulasi merupakan informasi yang didapatkan *guna membantu* pengambilan keputusan yang diharapkan dapat membantu petani maupun peneliti dalam mengembangkan dan meningkatkan hasil dari suatu komoditas pertanian.

Teknologi pemodelan dan simulasi dengan menggunakan metoda sistem jaringan saraf tiruan telah dihasilkan terhadap berbagai terapan seperti pada identifikasi dan pengendalian terhadap pertumbuhan tanaman (Hashimoto dkk., 1990). Pengembangan penelitian banyak diaplikasikan pada sistem desain lanjut untuk mendukung proses pembuatan keputusan pada banyak sektor pertanian (Day, 1991). Dukungan teknologi dalam membangun pengembangan dibidang pertanian yang terintegrasi sebagai satu kesatuan dalam *Computer Integrated System (CIM)* dengan diterapkannya berbagai pendekatan *intelligence system* meliputi teknik pengolahan citra (*image processing*), jaringan saraf tiruan (*artificial neural network*), algoritma genetika (*genetic algorithm*), sistem fuzzy (*fuzzy system*). (Morimoto dkk., 1993, Purwanto, 2000) mampu memberikan berbagai perbaikan monitoring produksi, optimasi kualitas hasil pertanian, meminimasi pengaruh lingkungan yang merugikan serta mengurangi resiko kegagalan dalam usaha dibidang pertanian.

Desain pemodelan sistem jaringan saraf tiruan atas parameter input penggunaan komposisi pupuk yang dipergunakan dalam budidaya varietas kedelai merupakan tujuan penelitian dilakukan. Pupuk yang digunakan terdiri atas pupuk Urea, TSP, KCL dan pupuk organik cair. Parameter output jaringan saraf tiruan merupakan faktor pertumbuhan tanaman yang akan digunakan untuk identifikasi selama pertumbuhan tanaman kedelai. Parameter pengaruh faktor yang lain selain faktor kombinasi perlakuan pupuk seperti suhu lingkungan, kelembaban, curah hujan yang terjadi selama penelitian digunakan sebagai acuan pengukuran diasumsikan bersifat tetap. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi dasar untuk mengetahui komposisi pupuk organik cair + N-P-K yang terbaik terhadap beberapa varietas kedelai serta sebagai input data terhadap simulasi dan model pertumbuhan tanaman kedelai menggunakan jaringan saraf tiruan.

METODE PENELITIAN

Tempat Penelitian, Bahan dan Peralatan

Penelitian dilaksanakan di lahan pertanian Desa Patalan Kecamatan Jetis Kabupaten Bantul D.I. Yogyakarta pada

bulan September 2008 sampai dengan Desember 2008. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih kedelai hitam varietas Mallika dan Dhetam 2, kedelai kuning varietas Anjasmoro, pupuk urea, super fosfat, KCl, pupuk kandang kambing, pupuk cair dan organik POC NASA serta Hormonik. Peralatan yang diperlukan meliputi bambu (patok pembatas), cangkul, rol meter, pompa air, penggaris, tali rafia, alat tulis, ember plastik, timbangan elektrik, *leaf area meter*, oven, termohigrometer, dan luxmeter. Desain pemodelan menggunakan metoda jaringan saraf tiruan digunakan piranti lunak pemrograman Matlab (*Matrix Laboratory*) dan *artificial neural network toolbox*.

Pelaksanaan Penelitian

Penelitian diawali dari tahapan identifikasi kebutuhan data terhadap pertumbuhan tanaman kedelai yang diinputkan berdasarkan pengaruh parameter pemberian komposisi pupuk pada varietas tanaman kedelai yang digunakan dalam penelitian. Parameter faktor lingkungan seperti keadaan tekstur tanah, suhu dan kelembaban lingkungan dan intensitas cahaya terhadap tanaman digunakan sebagai acuan pengukuran. Desain pemodelan pertumbuhan tanaman kedelai berdasarkan pengaruh pemberian komposisi pupuk dan parameter pengukuran lingkungan menggunakan metoda jaringan saraf tiruan. Tahap pengujian dan validasi simulasi dilakukan sebelum hasil model diimplementasikan ditingkat pengguna. Terapan hasil simulasi identifikasi pertumbuhan tanaman kedelai merupakan upaya untuk peningkatan analisa identifikasi pertumbuhan tanaman pada tanaman kedelai yang digunakan dalam penelitian.

Identifikasi Kebutuhan Data Pertumbuhan Tanaman Kedelai

Kebutuhan data pertumbuhan tanaman kedelai yang digunakan dalam penelitian tersusun atas penelitian lapangan dengan rancangan faktorial 4 x 3 menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap dengan tiga ulangan. Unit percobaan digunakan bedengan ukuran 1 m x 4 m dengan petak produksi, 5 tanaman sampel, dan 6 tanaman korban digunakan pada 3 tanaman sebagai korban pertama (5 mst) dan 3 tanaman sebagai korban kedua (10 mst).

Ada dua faktor perlakuan yang digunakan yaitu yang pertama adalah pemupukan (P) yang terdiri dari: a) P0 terdiri pemberian pupuk N, P, dan K anjuran (urea 50 kg/ha, Super Phospat 75 kg/ha, dan KCl 75 kg/ha), b) P1 terdiri pemberian pupuk N, P, dan K (urea 25 kg/ha, Super Phospat 50 kg/ha dan KCl 50 kg/ha) + {(pupuk organik cair + hormonik) dengan kadar masing-masing 1 cc/l}, c) P2 terdiri pemberian pupuk N, P, dan K (urea 50 kg/ha, Super Phospat 75 kg/ha dan KCl 75 kg/ha) + {(pupuk organik cair + hormonik) dengan kadar masing-masing 2 cc/l} dan d) P3 terdiri pemberian pupuk N,

P, dan K (urea 75 kg/ha, Super Phospat 100 kg/ha dan KCl 100 kg/ha) + {(pupuk organik cair + hormonik) dengan kadar masing-masing 3 cc/l} Sedangkan faktor kedua adalah varietas (V) yang terdiri Malika (V1), Dhetam 2(V2), dan Anjas-moro (V3). Jumlah unit (bedengan) perlakuan dalam media pertumbuhan terdiri atas 12 Unit yaitu P0V1,P0V2,P0V3,P1V1,P1V2,P1V3,P2V1,P2V2,P2V3,P3V1,P3V2 dan P3V3.

Pengamatan dan pengukuran pertumbuhan tanaman dilakukan analisa meliputi a) Analisa Lingkungan Terukur yaitu analisa kesuburan lahan yang meliputi pengukuran kadar NPK, kandungan bahan organik, Nisbah C/N, Kadar lengas, suhu lingkungan, kelembaban dan intensitas cahaya, b) Pengamatan Pertumbuhan Periodik meliputi tinggi tanaman (cm), diameter batang (cm), jumlah daun (helai), jumlah cabang per tanaman dan tanaman korban yang meliputi bobot segar tajuk dan akar, luas daun tanaman, panjang akar, bobot kering tajuk dan akar, volume dan distribusi akar, c) Pengamatan Analisa Pertumbuhan Tanaman meliputi luas daun,berat kering, indeks luas daun, berat daun, laju asimilasi bersih, laju pertumbuhan tanaman, rasio tajuk dan akar dan indeks panen dan d) Pengamatan Hasil Tanaman meliputi jumlah dompol per tanaman, jumlah polong per tanaman, berat polong per tanaman, jumlah biji per polong, berat biji per tanaman, berat 100 butir biji, umur berbunga dan petak produksi.

Desain Model Jaringan Saraf Tiruan

Analisa data statistik dari data yang diperoleh dianalisa dengan sidik ragam pada tingkat kepercayaan 95 %. Untuk mengetahui perlakuan yang berbeda nyata digunakan analisa DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) dengan tingkat kepercayaan 95 %. Identifikasi sistem kompleks dengan kemampuan pembelajaran terbimbing berdasarkan data yang dilakukan pada pengukuran riil dilakukan dengan menggunakan metoda jaringan saraf tiruan. (Chen dkk., 1990, Billing dan Jamaluddin, 1991; Billing dkk., 1992; Willis dkk., 1992;). Identifikasi sistem dalam pengembangan teknologi pertanian juga telah banyak diterapkan menggunakan metoda jaringan saraf tiruan (Hirafuji, 1991; Suyantohadi dkk., 2001; Suyantohadi dan Harto, 2006). Pemodelan Pertumbuhan tanaman dalam penelitian ini digunakan metoda jaringan saraf tiruan dengan algoritma *backpropagation*. Metoda jaringan saraf tiruan menyimpan informasi secara terdistribusi. Informasi yang dimiliki oleh satu neural network didistribusikan pada unit-unit pengolahnya (Dayhoff, 1992; Schalkoff, 1992).

Pengujian dan Analisa Hasil Model Pertumbuhan Tanaman Kedelai

Hasil model pertumbuhan tanaman kedelai dan simulasi model yang dihasilkan dilakukan prosedur pengujian dan implementasi model pada tingkat akhir. Pada tahap ini,

model pertumbuhan secara representatif akan dapat mewakili keadaan pertumbuhan tanaman seperti dalam kondisi riil di-lahan pertanian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Data Lingkungan Terukur

Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang secara fisik berfungsi sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya perakaran penopang tegak tumbuhnya tanaman dan menyuplai kebutuhan air dan udara serta penyedia unsur-unsur yang diperlukan bagi tanaman. Tabel 1 menunjukkan keadaan kesuburan kimia tanah tempat penelitian berlangsung.

Tabel 1. Hasil analisa kimia tanah

Parameter	Kadar
Kadar lengas (%)	5.14
C organik (%)	1.14 (Rendah*)
BO (%)	1.96 (Rendah*)
N (ppm)	33.69 (Sedang*)
P (ppm)	5.28 (Rendah**)
K (ppm)	185.96 (Rendah*)
C/N	8.23 (Rendah*)
pH	6.99 (Sedikit asam*)

Keterangan : Analisa dilakukan di Laboratorium Sentral Institut Pertanian STIPER Yogyakarta, 2008.

Hasil analisa kimia tanah awal disajikan bahwa hasil analisa tanah dan harkatnya pada tempat penelitian sebelum diberikan perlakuan terlihat bahwa kandungan C organik, bahan organik, fosfor, kalium dan nisbah C/N adalah rendah, sedangkan unsur N pada tanah adalah sedang, kondisi tanah pada tempat penelitian adalah dalam kondisi sedikit masam.

Pengamatan Pertumbuhan Periodik

Kombinasi perlakuan pemberian pupuk terhadap pertumbuhan tanaman dilakukan pengamatan dan pengukuran dari umur masa setelah tanam hingga umur panen tanaman. Pertumbuhan Periodik Tanaman atas a) Tinggi Tanaman, b) Diameter Batang, c) Jumlah Daun dan d) Jumlah Cabang tanaman. Analisa statistik pengaruh kombinasi perlakuan pupuk terhadap pertumbuhan tanaman memberikan hasil dalam Tabel 2.

Pengamatan Analisa Pertumbuhan Tanaman

Pemberian kombinasi pupuk terhadap analisa pertumbuhan tanaman mencakup pertumbuhan panjang akar, volume akar, jumlah bintil akar, indek luas daun, berat daun khas,

Tabel 2. Pengaruh kombinasi perlakuan pupuk dan varietas kedelai terhadap pertumbuhan periodik tanaman

Kombinasi Perlakuan Pupuk	Tinggi tanaman (cm)	Diameter batang	Jumlah daun	Jumlah cabang
	10 mst	10 mst	10 mst	10 mst
Dosis pupuk anjuran tanpa POC (PO)	66.49 a	0.60 a	14.43 a	1.77 a
Kombinasi {NPK (1) + POC (1)} (P1)	60.68 a	0.56 a	15.10 a	1.89 a
Kombinasi {NPK (2) + POC (2)} (P2)	62.42 a	0.60 a	16.83 a	1.67 a
Kombinasi {NPK (3) + POC (3)} (P3)	64.65 a	0.60 a	16.61 a	1.88 a
Varietas				
Mallika (V1)	66.98 x	0.61 x	17.33 x	2.13 x
Dhetam 2 (V2)	69.40 x	0.62 x	14.28 x	1.40 x
Anjasmoro (V3)	54.30 y	0.56 y	15.61 y	1.88 y
Interaksi	(-)	(-)	(-)	(-)
CV (%)	9.35	6.34	24.18	30.61

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada masing-masing faktor pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf kepercayaan 95 %. Tanda (-) menunjukkan tidak adanya interaksi.

rasio tajuk akar, laju asimilasi bersih dan laju pertumbuhan tanaman. Hasil pengamatan dan analisa statistik pertumbuhan

tanaman berdasarkan kombinasi perlakuan pupuk dan varietas kedelai dinyatakan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh kombinasi pupuk terhadap analisa pertumbuhan tanaman

Kombinasi perlakuan pupuk	Panjang akar (cm)	Volume akar (cm)	Bintil akar	Rasio tajuk akar	Indek luas daun	Berat daun khas	LAB (x 10-4 g/cm ² /minggu)	LPT (g/cm ² /minggu)
	10 hari masa setelah tanam (mst)							
Dosis pupuk anjuran tanpa POC (PO)	29.12 a	8.85 a	47.26 a	5.80 a	1.07 a	0.032 a	50 a	0.67 a
Kombinasi {NPK (1) + POC (1)} (P1)	28.85 a	8.63 a	48.89 a	6.37 a	1.11 a	0.029 a	46 a	0.63 a
Kombinasi {NPK (2) + POC (2)} (P2)	30.89 a	8.67 a	49.59 a	6.23 a	1.24 a	0.028 a	46 a	0.66 a
Kombinasi {NPK (3) + POC (3)} (P3)	33.84 a	8.89 a	55.22 a	6.05 a	1.02 a	0.031 a	51 a	0.61 a
Varietas								
Mallika (V1)	32.29 x	9.53 x	49.39 x	5.90 x	1.33 x	0.024 y	47 y	0.69 x
Dhetam 2 (V2)	27.23 x	8.25 x	42.69 x	6.02 x	0.77 y	0.042 x	57 x	0.63 x
Anjasmoro (V3)	28.85 x	8.50 x	58.64 x	6.41 x	1.23 x	0.025 y	41 y	0.61 x
Interaksi	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
CV (%)	18.5	23.06	29.8	17.13	36.15	26.55	25.21	34.21

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada masing-masing faktor pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf kepercayaan 95 %. Tanda (-) menunjukkan tidak adanya interaksi.

Pengamatan Hasil Tanaman

Hasil tanaman berdasarkan kombinasi pupuk yang diberikan terhadap pertumbuhan tanaman diukur atas umur berbunga tanaman, jumlah polong hampa dan polong berisi,

jumlah polong pertanaman, berat polong pertanaman, berat biji pertanaman, berat 100 biji, indeks panen dan hasil ton/ha. Hasil pengamatan dan analisa statistik pertumbuhan tanaman berdasarkan kombinasi perlakuan pupuk dan varietas kedelai dinyatakan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Kombinasi pupuk terhadap hasil tanaman

Kombinasi perlakuan pupuk	Umur berbunga (hari)	Polong hampa	Polong isi	Jumlah polong pertanaman	Berat polong pertanaman	Berat biji pertanaman	Berat 100 butir biji	Indeks panen
Dosis pupuk anjuran tanpa POC (PO)	37.00 a	68.33 a	106.56 a	30.72 a	8.35 a	2.65 a	6.67 a	0.21 a
Kombinasi {NPK (1) + POC (1)} (P1)	38.44 a	70.00 a	82.78 a	25.44 a	7.06 a	1.91 a	6.63 a	0.20 a
Kombinasi {NPK (2) + POC (2)} (P2)	36.78 a	39.89 a	78.33 a	20.48 a	6.89 a	1.97 a	7.74 a	0.17 a
Kombinasi {NPK (3) + POC (3)} (P3)	37.00 a	66.56 a	101.00 a	26.86 a	7.90 a	2.20 a	6.88 a	0.22 a
Varietas								
Mallika (V1)	37.58 y	70.33 x	133 x	31.67 x	8.52 x	2.86 x	6.73 x	0.23 x
Dhetam 2 (V2)	39.33 x	54.67 x	87.33 y	25.53 y	7.35 x	1.93 y	6.66 x	0.20 x
Anjasmoro (V3)	35.00 z	58.58 x	56.17 y	20.42 y	6.77 x	1.74 y	7.55 x	0.18 x
Interaksi	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
CV (%)	4.47	57.098	43.51	38.55	32.55	49.42	40.22	49.17

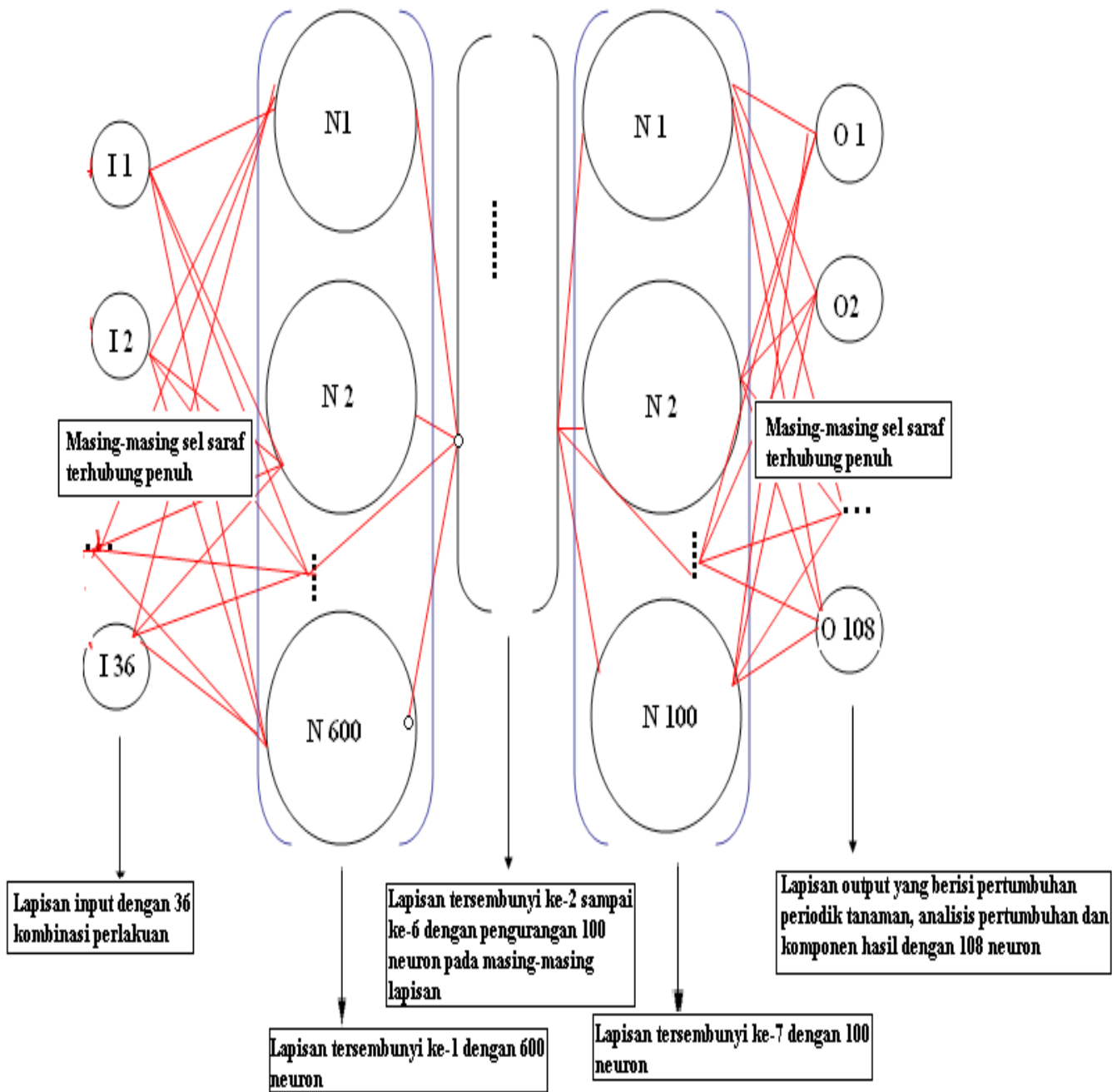
Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada masing-masing faktor pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf kepercayaan 95 %. Tanda (-) menunjukkan tidak adanya interaksi.

Desain Pemodelan Jaringan Saraf Tiruan

Desain arsitektur program berbasis jaringan saraf tiruan disusun untuk mempelajari hubungan parameter input yang menentukan output pertumbuhan tanaman kedelai dengan pengaruh perlakuan kombinasi pupuk. Parameter input dipilih merupakan variabel kombinasi perlakuan pupuk terhadap pertumbuhan tanaman dan kondisi lingkungan terukur saat penelitian dilaksanakan. Input parameter jaringan meliputi jenis varietas, dosis pupuk urea, dosis pupuk KCL, dosis pupuk super fospat, dosis pupuk organik cair, dosis hormonik, intensitas cahaya atas tajuk pagi dan sore hari, intensitas cahaya bawah tajuk pagi dan sore hari, suhu lingkungan pagi dan sore hari serta kelembaban lingkungan pagi dan sore hari. Sedangkan output jaringan merupakan parameter pertumbuhan tanaman kedelai yang dibudidayakan selama penelitian. Output jaringan meliputi a) Data pertumbuhan periodik yang meliputi data tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun dan jumlah cabang selama pengamatan dari usia masa setelah tanam (7 hari) hingga masa akhir panen (81 hari), b) Data analisa pertumbuhan yang meliputi: indeks luas daun

(ILD), laju asimilasi bersih (LAB), Berat daun khas (BDK), laju pertumbuhan tanaman (LPT) dan rasio tajuk:akar, dan c) Komponen hasil meliputi jumlah dompol per tanaman, jumlah polong per tanaman, berat polong per tanaman, jumlah biji per polong, berat biji per tanaman, indeks panen, jumlah polong hampa, jumlah polong isi, berat seratus butir biji dan hasil (ton/ha).

Metode penyusunan jaringan saraf tiruan yang akan diaplikasikan dalam pengujian identifikasi pertumbuhan tanaman kedelai dipergunakan algoritma pembelajaran terbimbing (*supervised learning*) dengan perambatan galat mundur (*back-propagation*) (Demuth dan Beale, 1995). Algoritma pelatihan jaringan saraf perambatan galat mundur terdiri atas dua langkah, yaitu perambatan maju dan perambatan mundur. Langkah perambatan maju dan perambatan mundur dilakukan pada jaringan untuk setiap pola yang diberikan selama jaringan mengalami pelatihan. Masing-masing sel saraf memberikan suatu keluaran sebagai input bagi sel saraf pada lapisan berikutnya dan antar sel saraf tersebut terhubung penuh dengan sel saraf yang lainnya (Gambar 1). Arsitektur pola Jaringan perambatan galat mundur.

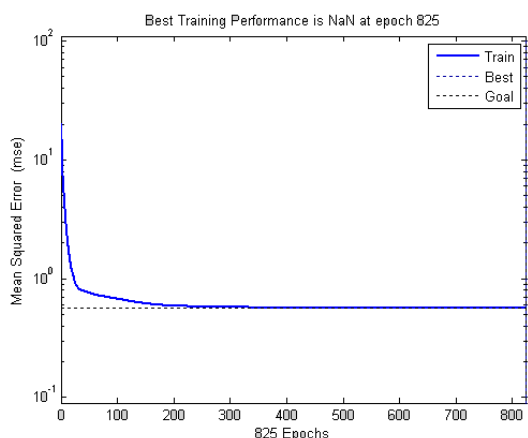


Gambar 1. Arsitektur jaringan saraf untuk identifikasi pertumbuhan tanaman

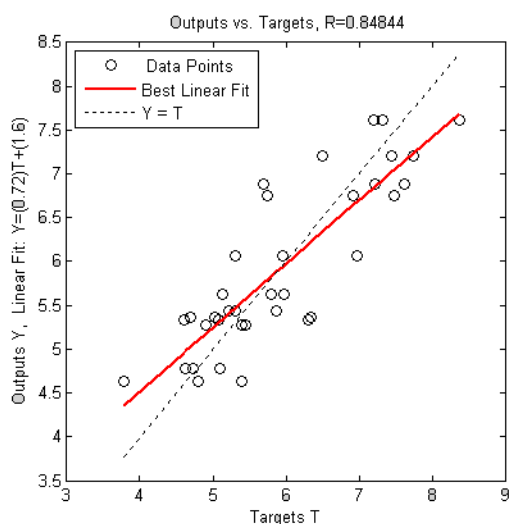
Pelatihan jaringan *backpropagation* menggunakan metode generalisasi mencakup tiga tahapan, yaitu: pelatihan umpan maju dari masukan, perhitungan dan perambatan balik galat terasosiasi serta penyesuaian bobot-bobot. Selama umpan maju, setiap unit masukan menerima isyarat masukan dan melanjutkan ke unit-unit tersembunyi. Tiap-tiap unit tersembunyi kemudian menghitung aktivasinya dan mengirim isyarat ini ke setiap keluaran. Setiap unit keluaran menghitung akti-

vasinya untuk membentuk tanggapan jaringan terhadap pola masukan yang diberikan (Fausett, 1994). Desain jaringan saraf tiruan terdiri dari jaringan saraf dengan susunan multiplayer yang terdiri atas tiga lapisan saraf, yaitu satu lapisan masukan, enam lapisan tersembunyi dan satu lapisan keluaran. Lapisan masukan terdiri dari 36 sel masukan (neuron) sesuai dengan jumlah kombinasi perlakuan yang berisi 13 sel neuron untuk masing-masing kombinasi perlakuan. Enam

lapisan tersembunyi dengan pengaturan secara *triall* diperoleh kombinasi jumlah sel sejumlah 600, 500, 400, 300, 200 dan 100 sel saraf neuron. Lapisan keluaran terdiri dari 108 sel saraf sesuai dengan data pengamatan periodik tanaman, analisa pertumbuhan dan komponen hasil. Parameter arsitektur jaringan tersusun atas tingkat pembelajaran (η) sebesar 0.5, konstanta momentum 0.9, batas Mean Square Error (MSE) 0.5, fungsi akktivitas dan iterasi jaringan selama pelatihan. Pelatihan pada jaringan akan berhenti jika sudah mencapai nilai kinerja yang dikehendaki, jumlah iterasi maksimal tercapai maupun gradien garis yang dikehendaki tercapai. Pelatihan jaringan berhenti setelah nilai kinerja Mean Square Error tercapai pada nilai sebesar 0,5. Proses pelatihan menuju nilai kinerja yang dikendaki dapat dilihat pada Gambar 2. Ploting kinerja jaringan selama pelatihan terlihat bahwa nilai kinerja sebesar 0,50 tercapai pada iterasi ke-825 Grafik regresi hasil data pelatihan dan data testing dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4, dapat diketahui nilai koefisien korelasi (r)



Gambar 2. Plo ting nilai kinerja hasil pelatihan



Gambar 3. Hasil evaluasi data training dengan nilai koefisien korelasi 0.84

sebesar = 0,8484 yang memberikan indikator korelasi yang cukup kuat.

Pengujian Perubahan Parameter Arsitektur Model Artificial Neural Network

Untuk mendapatkan arsitektur model jaringan saraf tiruan dalam identifikasi pertumbuhan tanaman dilakukan perubahan nilai parameter guna mendapatkan hasil pengujian yang terbaik. Arsitektur 1 model jaringan saraf tiruan dari Tabel 5 dipilih karena identifikasi pertumbuhan tanaman yang diperoleh mendekati keadaan pertumbuhan sesungguhnya.

Tabel 5. Arsitektur model dengan perubahan beberapa parameter

Acuan parameter arsitektur	Arsitek-tur 1	Arsitek-tur 2	Arsitek-tur 3
Tingkat Laju Belajar	0.5	0.4	0.3
Momentum	0.9	0.8	0.7
Lapisan Tersembunyi	7	5	3
Iterasi	825	736	914
Konstanta Pelatihan (r)	0.8484	0.8481	0.8486
Konstanta Pengujian (r)	0.9996	0.9993	0.9998

Dari berbagai arsitektur jaringan saraf tiruan dalam analisa pelatihan memberikan hasil kinerja yang sama sebesar $r = 0,85$, demikian juga pada analisa pengujian sebesar r mendekati 1. Hal ini menunjukkan jaringan saraf tiruan bersifat konvergen dengan tingkat pembelajaran jaringan yang mampu mengidentifikasi tingkat pertumbuhan tanaman sesuai dengan yang diharapkan.

Pengujian Simulasi dan Output Model Pertumbuhan Tanaman

Pengujian jaringan saraf dalam model pertumbuhan ini menggunakan data dari masing-masing kombinasi perlakuan untuk melihat kinerja dari jaringan saraf yang telah didesain dan dilatihkan. Data yang digunakan tersusun atas data input perlakuan kombinasi pupuk sejumlah 12 kombinasi perlakuan dengan masing-masing kombinasi terdiri dari 13 sel neuron dengan koefisien korelasi (r) sebesar 0,9996 yang menyatakan indikator yang sangat kuat. Variabel pengamatan terhadap analisa pertumbuhan dan komponen hasil pengujian sampel P0V1 dinyatakan dalam Tabel 6. Perbandingan data aktual dan data output hasil pengujian yang dihasilkan didapat nilai t hitung sebesar 0,325608. Karena $-1.96 < t_{hitung} < 1.96$ maka H_0 diterima. Jadi model simulasi dapat dianggap representatif dengan keadaan sistem sebenarnya. Model pertumbuhan tanaman menggunakan metoda jaringan saraf tiruan yang dihasilkan dari data pengujian model, selanjutnya dapat digunakan untuk implementasi simulasi model pertumbuhan tanaman kedelai berdasarkan kombinasi perlakuan pupuk yang diberikan selama pertumbuhan tanaman.

Tabel 6. Hasil pengujian sampel POV1 pengukuran data aktual terhadap data hasil model

Variabel	Data pengukuran data aktual	Data model jaringan saraf tiruan	Variabel	Data pengukuran data actual	Data model jaringan saraf Tiruan
Indeks luas daun 5mst	1.077	1.0696	Laju pertumbuhan tanaman (gr/cm2)	0.8607	0.8569
Indeks luas daun 10mst	1.3933	1.4064	Jumlah dompol per tanaman (satuan)	13.138	12.9245
Berat daun khas 5mst (gr/cm2)	0.0077	0.0077	Jumlah polong per tanaman (satuan)	40.181	40.3374
Berat daun khas 10mst (gr/cm2)	0.0277	0.0266	Berat polong per tanaman (gr/cm2)	10.7427	10.9366
Rasio tajuk:akar 5mst	8.6893	8.5359	Jumlah biji per polong (satuan)	1.1833	1.2424
Rasio tajuk:akar 10mst	5.4213	5.3779	Berat biji pertanaman (gr/cm2)	4.0597	4.0579
Volume akar 5mst (ml)	2.3333	2.357	Indeks panen	0.231	0.2379
Volume akar 10mst (ml)	10.5553	10.56	Polong hampa per tanaman (Satuan)	13.2367	13.0252
Panjang akar 5mst (cm)	3.7633	3.7242	Polong isi per tanaman (satuan)	26.9433	28.3394
Panjang akar 10mst (cm)	4.2667	4.2209	Berat 100 biji (gr)	5.9267	5.9645
Jumlah bintil akar 5mst (satuan)	11.7777	11.4569	Berat 100 biji (gr)	5.9267	5.9645
Jumlah bintil akar 10mst (satuan)	48.0003	48.8959	Hasil (ton/ha) (ton)	1.261	1.2667
Laju asimilasi bersih (gr/cm2)	0.006	0.006	Laju asimilasi bersih (gr/cm2)	0.006	0.006

KESIMPULAN

Model Jaringan saraf tiruan dapat diterapkan untuk identifikasi pertumbuhan varietas kedelai dengan pemberian komposisi pupuk yang diberikan selama pertumbuhan. Berdasarkan hasil implementasi program yang dijalankan, pada output identifikasi tingkat pertumbuhan tanaman kedelai yang terdiri atas pertumbuhan periodik tanaman atas tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun dan jumlah cabang, analisa pertumbuhan dan komponen hasil tanaman akan dapat diinformasikan berdasarkan perlakuan parameter kombinasi pemberian pupuk kedalam tanaman. Susunan arsitektur model jaringan saraf dengan algoritma pembelajaran terbimbing menggunakan backpropagation terdiri atas tiga lapisan, yaitu lapisan masukan dengan jumlah sel neuron 36, 7 lapisan tersembunyi dengan sel neuron masing-masing 600 sel neuron, 500 sel neuron hingga pada lapisan tersembunyi terakhir dengan 100 sel neuron dan lapisan keluaran dengan jumlah sel neuron 108. Fungsi pelatihan yang digunakan adalah *trainscg* dengan fungsi aktivasi *logsig*, *tansig* dan *purelin*. Tingkat laju belajar sebesar 0,5 dan konstanta momentum sebesar 0,9. Hasil pengujian dan simulasi pertumbuhan tanaman menggunakan artificial neural network telah dapat mendeteksi pertumbuhan periodik tanaman, analisa pertumbuhan tanaman dan komponen hasil yang dibudidayakan. Model telah mampu memberikan tingkat deteksi yang baik dengan koefisien korelasi 0,9996 pada analisa pengujian. Model jaringan saraf untuk mengidentifikasi pertumbuhan tiga varietas kedelai berbasis pemberian pupuk yang sudah terbentuk sebagai hasil dari kegiatan penelitian ini, imple-

mentasi pada tingkat perlakuan kombinasi pupuk terhadap pertumbuhan tanaman dapat diterapkan.

SARAN

Kombinasi perlakuan faktor lingkungan terhadap pertumbuhan tanaman dalam pencapaian optimasi pertumbuhan sebagai acuan pengembangan kegiatan pengembangan penelitian selanjutnya disarankan diterapkan dalam sistem kendali lingkungan rumah kaca (*green house*) dengan metoda algoritma genetika guna pencapaian optimalisasi selama pertumbuhan tanaman berdasarkan parameter faktor yang mempengaruhi selama pertumbuhan.

DAFTAR PUSTAKA

Billing, A.A., Jamaluddin, H. B. dan Chen, S. (1992). Properties of neural network with applications to modeling non-linear dynamical systems. *International Journal Control* **55**: 193-224.

Billings, A.A. dan Jamaluddin, H.B. (1991). A Comparison of the back propagation and recursive prediction error algorithm for training neural networks. *Mechanical Systems and Signal Processing* **5**: 233-235.

Chen,S., Billings, S.A. dan Grant, P.M. (1990). Non-linear system identification using neural network. *International Journal of Control* **51**: 1191-1214.

Day, W. (1991). Computer applications in agriculture and horticulture: A view. *IFAC Mathematical and Control*

- Applications in Agriculture and Horticulture*, Matsuyama, Japan. Hal. 247-251.
- Dayhoff, J.E. (1992). *Neural Network Architectures: An Introduction*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Demuth, H. dan Beale, M. (1995). *Neural Network Tool Box for Uses with Matlab, User Guide*. The Math Work, Inc, USA.
- Fausett, L. (1994). *Fundamentals of Neural Network, Architectures: Algorithm, and Applications*, Prentice-Hall, Inc.
- Hashimoto, Y., Torii, T. dan Morimoto, T. (1990). Identification, modelling and optimal control in the system for the environmental control of plant growth, applications of optimal regulator and genetic algorithm to the optimal control of physiological. *Proc 11th, IFAC World Congress, 1990*. Hal. 201-207.
- Hirafuji, M. (1991). A Plant growth model by neural networks and L-system. *Proceeding of the 9th iFAC Symposium Identification and System Parameter Estimation 1*: 605-609.
- Morimoto, T., Hatao, K. dan Hashimoto, Y. (1993). *Computer Integrated System For Crop Production – Diagnosis of Fruits Using Intelligence Approaches*. Academic Pross, INC.
- Purwanto, W. (2000). Identification of cumulative fruit responses using image processing. *Agritech 20*: 173-178.
- Schalkoff, R.J. (1992). *Pattern Recognition: Statistical, Structural and Neural Approaches*. John Wiley and Sons, Inc, New York.
- Suyantohadi, A., Supartono W., Mulyati, G.T. dan Jafar, T.F. (2001). Identification of maturity level of mangoes using artificial neural network. IFAC-CIGR Workshop 2001 on Intelligent Control for Agricultural Application.
- Suyantohadi, A. dan Harto, D. (2006). *Identifikasi Kualitas Sutra Alam Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan*. Skripsi, Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Willis, M.J., Montague, G.A., Di-Massimo, C., Tham, M.T. dan Morris, A.J. (1992). Artificial neural networks in process estimation and control. *Automatica 28*: 1181-1187.