

Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Untuk Pendugaan Suhu Larutan Nutrisi yang Disirkulasikan dan Didinginkan Siang-Malam pada Tanaman Tomat Hidroponik

Application of Artificial Neural Network (ANN) for Estimating Temperature of Circulated and Day-Night Cooled Nutrient Solution on Hydroponics System for Tomato

Chusnul Arif¹, Y. Aris Purwanto², Herry Suhardiyanto³, Yudi Chadirin⁴

Abstract

Cultivation of tomato plant under hydroponics system in the greenhouse is suitable way to improve fruit quality since it is easier to control environmental parameters. In this system, water and nutrition are two important things for plant to growth. In the tropical area such as Indonesia, air temperature is main constraint in the plant production system. Increasing air temperature inside the greenhouse has positive correlation to the raising temperature of nutrient solution which affected to the ability of the plant to absorb the nutrition. The effective way to anticipate increasing of its temperature is by using the cooling system of nutrient solution before circulated to the plant. This paper presented the application of Artificial Neural Network (ANN) to estimate the temperature of nutrient solution which was cooled on day-night time and circulated to the plant. ANN models, called time delay neural network, consist of 3 layers with 4 input nodes and 1 output node. As input model were t (time), $Tg(i)$ (air temperature inside the greenhouse on time i), $Tt(i)$ (temperature of nutrient solution in the tank on time i), $Tb(i-1)$ (temperature of nutrient solution in the plant plots on time $i-1$) and as output model was $Tb(i)$ (temperature of nutrient solution in the plant plots on time i). The model was developed well with validation result better than heat transfer model previously indicated by coefficient determination (R^2) of 0.9498.

Keywords: cooling, nutrient solution, hydroponic, tomato, artificial neural network

Diterima: 15 Juni 2010; Disetujui: 30 Juli 2010

Pendahuluan

Budidaya tanaman tomat secara hidroponik memungkinkan peningkatan kualitas dan kuantitas produk. Hal ini dikarenakan dengan budidaya tanaman tomat secara hidroponik didalam greenhouse memungkinkan pengendalian lingkungan secara lebih mudah dibandingkan cara konvensional. Sehingga diharapkan mampu mencukupi permintaan buah tomat yang selalu mengalami peningkatan setiap tahun untuk kebutuhan domestik dan ekspor sebesar 20% (Syafaat *et al.*, 2005).

Kendala budidaya didalam greenhouse untuk daerah tropis adalah adanya *greenhouse effect* yang menyebabkan suhu udara di dalamnya menjadi terlalu lebih tinggi bagi pertumbuhan tanaman. Untuk itu, telah dikembangkan konsep *zone cooling* dengan cara mendinginkan daerah di sekitar

tanaman saja tanpa perlu mendinginkan volume udara seluruh greenhouse. Cara ini lebih efektif dan membutuhkan input energi yang minimum (Kojima dan Suhardiyanto, 1991). Salah satu aplikasi *zone cooling* adalah dengan cara menghembuskan udara dingin melalui pipa-pipa berlubang yang diletakkan di sekitar tanaman. Cara ini mampu mendinginkan udara sebesar 2-6°C lebih rendah dibandingkan dengan daerah yang tidak mendapat hembusan udara dingin. Energi listrik yang digunakan berkisar antara 0.57 – 0.68 MJ per m² per hari (Suhardiyanto dan Matsuoka, 1992 dan 1994).

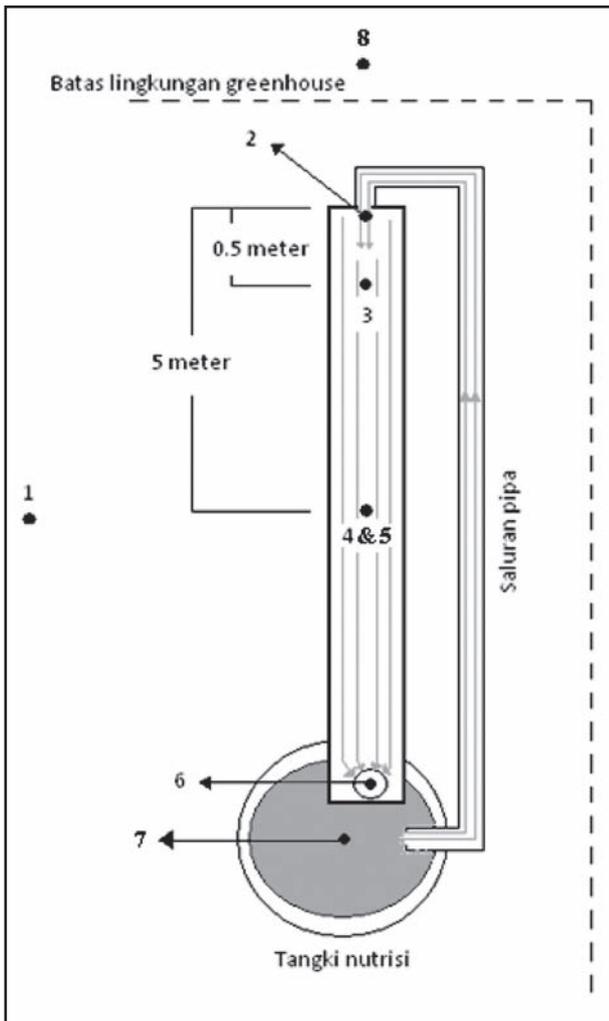
Selain untuk mendinginkan suhu udara disekitar tanaman, konsep *zone cooling* juga dapat diaplikasikan untuk pendinginan pada larutan nutrisi sehingga suhu pada daerah perakaran dapat diturunkan. Pendinginan larutan nutrisi merupakan metode yang efisien energi untuk budidaya tanaman dalam greenhouse untuk daerah beriklim panas

¹ Staf Pengajar Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor. Email: chusnul_arif@ipb.ac.id

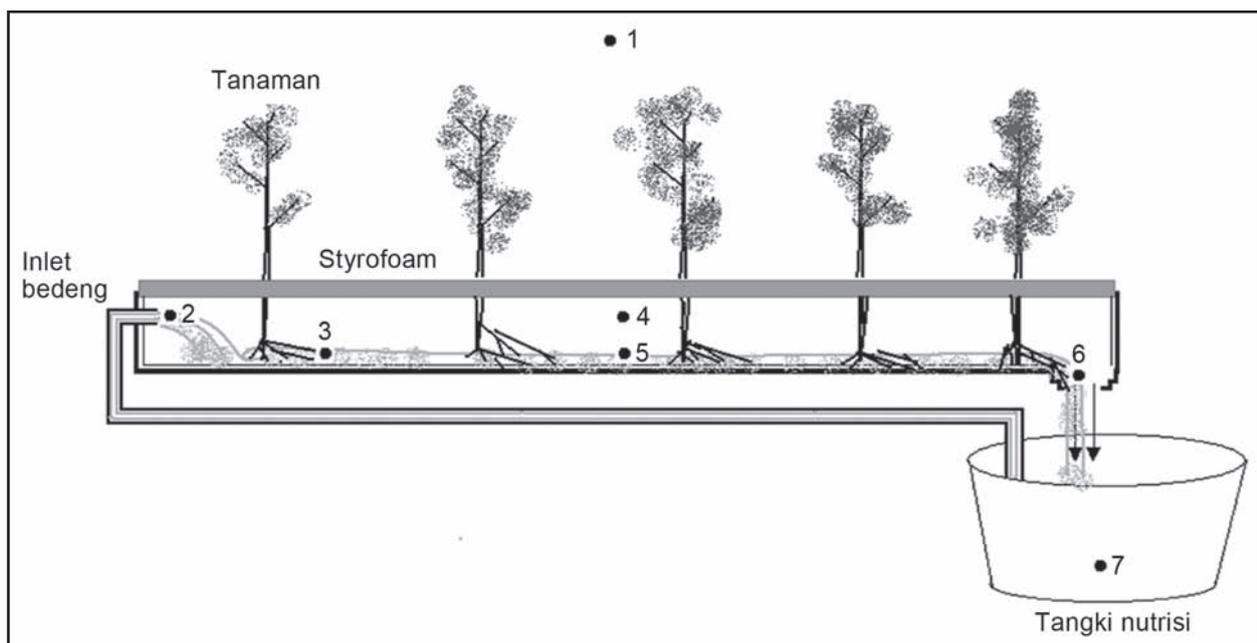
² Staf Pengajar Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor. Email : y_aris_purwnato@yahoo.com

³ Staf Pengajar Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian-Institut Pertanian Bogor

⁴ Staf Pengajar Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian-Institut Pertanian Bogor. Email : yudi@ipb.ac.id



a



b

Gambar 1. Skema titik pengukuran suhu bedeng dan suhu larutan nutrisi;
a) tampak atas, b) tampak samping

dan lembab (Matsuoka dan Suhardiyanto., 1992). Menurut Chadirin (2006) pendinginan larutan nutrisi dengan menggunakan air laut dalam mampu menghemat 78% konsumsi energi listrik.

Pendinginan larutan nutrisi perlu dilakukan tidak hanya pada siang hari ketika suhu udara tinggi, tetapi juga pada malam hari karena pendinginan pada malam hari sangat penting untuk pembentukan buah pada tanaman (Fitter & Hay, 1991). Pemodelan matematis untuk menduga suhu larutan nutrisi yang telah didinginkan tersebut telah dikembangkan (Arif C, *et al*, 2009). Akan tetapi, persamaan tersebut masih cukup rumit dengan beberapa asumsi yang kemungkinan besar mengurangi kevalidan model. Untuk itu, Jaringan Syarat Tiruan (JST) merupakan solusi lain yang bisa digunakan untuk meningkatkan kevalidan model dengan metode yang lebih sederhana. Metode ini sudah cukup banyak diterapkan didalam teknologi greenhouse dan hidroponik, seperti optimisasi dalam produksi tanaman tomat secara hidroponik (Morimoto dan Hashimoto, 2000), penjadwalan irigasi tetes (Arif C, 2008 dan Suhardiyanto H, *et al*, 2008).

Tujuan dari penulisan makalah ini adalah mengembangkan model JST untuk menduga suhu larutan nutrisi yang telah diinginkan dan disirkulasikan pada sistem hidroponik NFT. Dengan model ini diharapkan akan diperoleh suhu pendinginan optimum untuk pertumbuhan tanaman.

Bahan dan Metode

Data yang digunakan untuk pelatihan dan pengujian model JST ini adalah data pengukuran pada tanggal 28-29 Oktober dan 6-7 November 2009. Penelitian tersebut dilakukan di *greenhouse* laboratorium lapangan Departemen Teknik Pertanian, IPB. Budidaya hidroponik yang dilakukan adalah dengan metode NFT (*Nutrient Film Tehnique*) dimana larutan nutrisi disirkulasikan menuju akar dan kemudian ditampung kembali didalam larutan nutrisi. Larutan nutrisi didinginkan dengan unit pendingin dengan daya per unit 95 Watt (daya kompresor) dan beroperasi pada tegangan 220 Volt yang biasa digunakan pada lemari pendingin rumah tangga. Unit pendingin tersebut dinyalakan sepanjang hari (siang dan malam).

Pengukuran suhu larutan nutrisi di bedeng tanaman tersebut dilakukan pada 4 titik pengukuran yaitu pada *inlet* bedeng, *outlet* bedeng (berjarak 10 m dari *inlet*), dan titik tengah antara *inlet* dan *outlet* (0.5 dan 5 m dari *inlet* bedeng). Titik pengukuran pada *inlet* pipa dianggap sama dengan titik pengukuran larutan nutrisi dalam tangki dan titik pengukuran pada *inlet* bedeng dianggap sama dengan titik *outlet* pipa. Suhu larutan nutrisi di bedeng (T_b) merupakan rata-rata dari keempat titik pengukuran di sepanjang bedeng (0 m, 0.5 m, 5 m dan 10 m dari titik *inlet* bedeng) (Gambar 1).

Model JST digunakan sebagai model *black-box non-linear*. Pembelajaran yang digunakan adalah *backpropagation* dengan *multiplayer networks*. Model ini terdiri dari tiga layer yaitu *input layer*, *hidden layer* dan *output layer*. Model dikembangkan dengan menggunakan MS Excel 2003 dengan fasilitas Visual Basic Editor (VBE). Model ini menggambarkan hubungan *input-output* sistem merupakan a *time delay neural-network model* dengan persamaannya diberikan berikut ini:

$$T_b(i) = T_b(i-1) + \Delta T_b(i) \tag{1}$$

$$Y(T_b(i)) = f \{ t(i), T_g(i), T_t(i), T_b(i-1) \} \tag{2}$$

Dimana $T_b(i)$ merupakan suhu larutan nutrisi dibedeng tanaman ($^{\circ}C$) pada waktu ke- i , $T_b(i-1)$ merupakan suhu larutan nutrisi dibedeng tanaman pada waktu sebelumnya ($i-1$) dan $\Delta T_b(i)$ adalah selisih suhu larutan nutrisi dibedeng pada waktu i dan $i-1$ yang nilainya dipengaruhi oleh $T_g(i)$, $T_t(i)$ yang masing adalah suhu *greenhouse* dan suhu tangki larutan nutrisi yang didinginkan pada waktu ke- i ($t(i)$). Fungsi nomor 2 menunjukkan fungsi yang dimodelkan pada Model JST seperti terlihat pada Gambar 2.

Adapun algoritma *backpropagation* yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Inisialisasi Pembobot (*Weight*)

Ambil pembobot awal dengan nilai random yang cukup kecil.

2. *Feedforward* :

a) Tiap – tiap unit *input* menerima sinyal X_i dan meneruskan sinyal tersebut ke semua unit pada lapisan yang ada di atasnya (*hidden layer*):

b) Tiap – tiap *hidden layer* (H_i) menjumlahkan sinyal – sinyal *input* terbobot sesuai dengan persamaan:

$$h_in_j = \sum_i X_i V_{ij} \tag{3}$$

dan nilai H_i dihitung dengan menggunakan fungsi sigmoid sebagai fungsi aktivasi. Fungsi ini merupakan fungsi aktivasi yang paling populer digunakan dalam model JST diberikan sebagai berikut:

$$H_i = f(h_in_j) = \frac{1}{1 + e^{-h_in_j}} \tag{4}$$

c) Unit *output* (Y) menjumlahkan sinyal – sinyal *input* terbobot :

$$y_in = \sum_j H_j w_j \tag{5}$$

dan nilai Y juga dihitung dengan menggunakan fungsi sigmoid sebagai berikut:

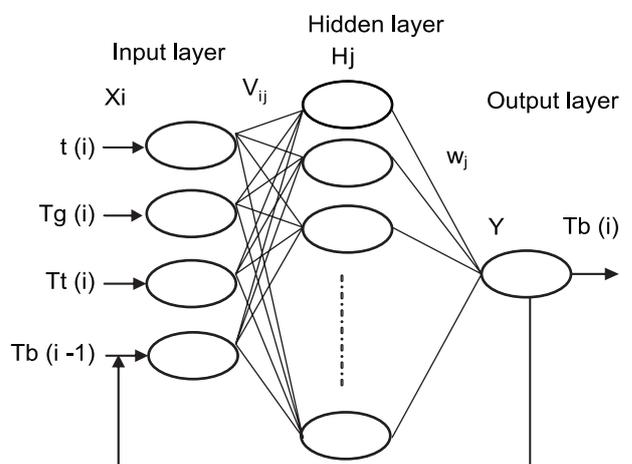
$$Y = f(y_in) = \frac{1}{1 + e^{-y_in}} \tag{6}$$

3. *Backpropagation* :

a) *Backpropagation* dimulai dengan mengitung *error* antara *output* hasil prediksi (Y) dengan target (O_t) sebagai berikut:

$$Error = \frac{1}{2} (O_t - Y)^2 \tag{7}$$

dimana N adalah jumlah data



Gambar 2. Model JST yang dikembangkan

- b) Perbaikan pembobot (w_{jk}) antara *hidden layer* dengan *output layer* dihitung dengan persamaan:

$$\Delta w_j = \eta \delta_k H_i$$

dimana η adalah konstanta pembelajaran dan δ_k dihitung dengan persamaan:

$$\delta_k = (O_k - Y_k) Y_k (1 - Y_k) \quad (8)$$

- c) Perbaikan pembobot (V_{ij}) antara *hidden layer* dengan *input layer* dihitung dengan persamaan:

$$\Delta V_{ij} = \eta \delta_j X_i$$

dimana δ_j dihitung dengan persamaan:

$$\delta_j = H_j (1 - H_j) \sum w_j \delta_k \quad (9)$$

- d) Pembobot baru dihitung dengan persamaan:

$$w_j \text{ (baru)} = w_j \text{ (lama)} + \Delta w_j \quad (10)$$

$$V_{ij} \text{ (baru)} = V_{ij} \text{ (lama)} + \Delta V_{ij} \quad (11)$$

4. Pengulangan (*iterasi*)

Proses diatas dilakukan secara berulang sampai pada jumlah pengulangan yang diinginkan sehingga akan sampai pada tes kondisi berhenti.

Hasil dan Pembahasan

Hubungan Antar Input-Output

Model JST dikenal dengan model *black-box* yang digunakan untuk menyelesaikan persamaan

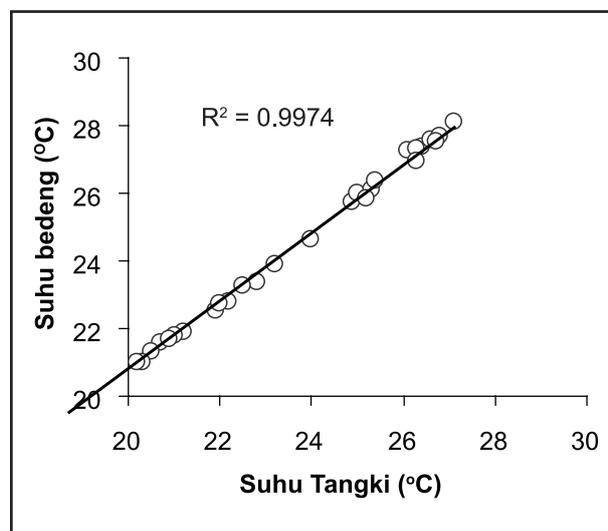
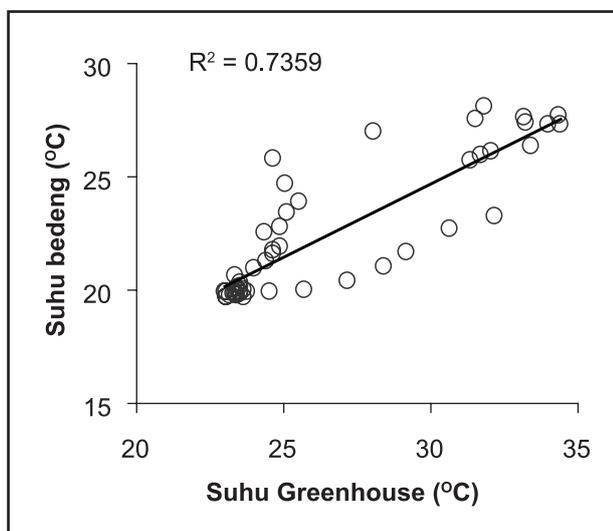
non-linear. Oleh karena itu, parameter input sebagai parameter *dependent* harus menunjukkan hubungan dengan parameter outputnya. Dalam kasus ini, suhu larutan nutrisi pada bedeng tanaman yang dijadikan parameter output sangat dipengaruhi suhu udara didalam greenhouse dan suhu larutan nutrisi pada tangki yang telah didinginkan yang dijadikan sebagai inputnya. Hubungan tersebut dapat dilihat dengan jelas pada Gambar 3 berikut ini.

Suhu larutan nutrisi di bedeng tanaman berkorelasi positif dengan suhu larutan nutrisi di tangki dan suhu udara didalam greenhouse. Suhu larutan nutrisi didalam tangki yang didinginkan siang dan malam disirkulasikan menuju bedeng tanaman. Setiba dibedeng tanaman suhu larutan nutrisi mengalami peningkatan seiring peningkatan suhu udara didalam greenhouse. Kenaikan ini dipengaruhi oleh terjadinya pindah panas konveksi antara udara didalam greenhouse dengan bedeng tanaman dan juga pindah panas konduksi didalam bedeng tanaman. Dengan hubungan ini mengindikasikan bahwa parameter input model JST sangat menentukan besarnya parameter output.

Pembelajaran Model

Menurut Kusumadewi (2003) JST merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Proses pembelajaran diperlukan untuk mempelajari pola data yang didapatkan dengan hasil akhirnya adalah nilai pembobot yang menghubungkan input dan output. Proses pembelajaran dilakukan terhadap data pengukuran selama 2 hari pada tanggal 6 dan 7 November 2009. Adapun konstanta pembelajaran yang digunakan adalah 0.6 dengan total pengulangan sebanyak 1000 kali. Hasil proses pembelajaran dapat dilihat pada Gambar 4.

Hasil pembelajaran model menunjukkan bahwa data pengukuran (*observed*) mampu diduga dengan baik oleh model JST dengan koefisien determinasi



Gambar 3. Hubungan antar parameter input dan output

(R^2) 0.9881 yang mengindikasikan bahwa lebih dari 98% data pengukuran dapat diterangkan oleh model JST secara linear. Pada proses pembelajaran ini, seluruh data input dinormalisasi dengan angka 0-1 sedangkan data output dinormalisasi antara 0.2-0.8. Hal ini bertujuan untuk memudahkan dan memperpendek selang pembelajaran.

Validasi Model

Untuk menguji kevalidan model JST yang dikembangkan, proses validasi perlu dilakukan dengan menggunakan data pembobot yang dihasilkan dan data pengukuran pada waktu yang berbeda dengan data pembelajaran. Dalam hal ini digunakan data pengukuran pada tanggal 28 dan 29 Oktober 2009.

Hasil validasi model JST menunjukkan hasil yang akurat dengan nilai R^2 sebesar 0.9498 seperti terlihat pada Gambar 5. Model cukup akurat dalam menduga suhu larutan nutrisi di bedeng tanaman pada waktu malam hari dengan

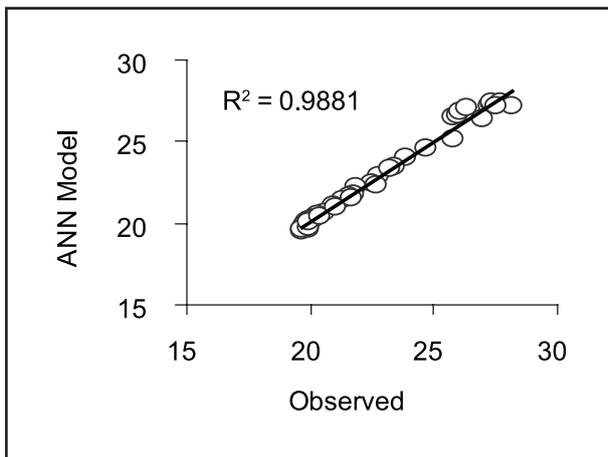
simpangan yang lebih kecil dibandingkan pada siang hari. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan suhu larutan nutrisi pada bedeng tanaman setelah didinginkan sangat dipengaruhi oleh suhu udara didalam greenhouse. Apabila dibandingkan dengan pemodelan matematis yang dikembangkan sebelumnya (Arif, Ch., *et al*, 2009), model JST menunjukkan kinerja yang lebih baik. Ini menunjukkan bahwa JST bisa dijadikan alternatif untuk memecahkan persamaan non linear (diferensial) yang biasanya dikembangkan dengan prinsip pindah panas. Akan tetapi, JST hanya bekerja dengan prinsip *black-box* sehingga hubungan antar parameter tidak bisa dijelaskan secara matematis.

Kesimpulan

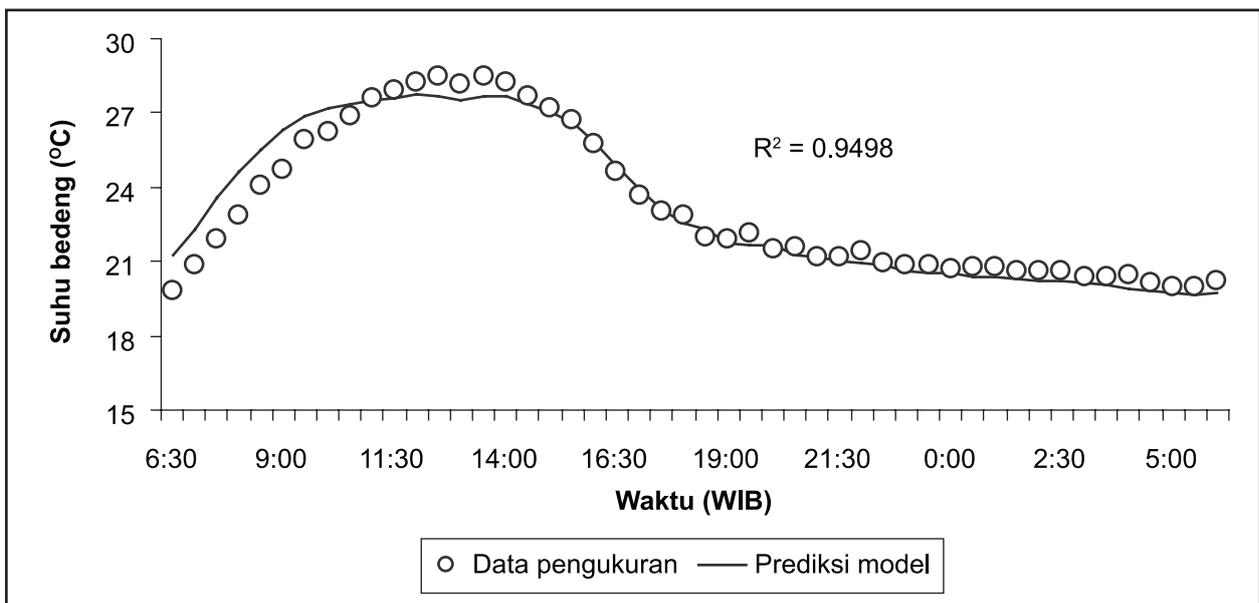
Model JST yang dikembangkan untuk menduga suhu larutan nutrisi yang disirkulasikan di bedeng tanaman mampu menduga suhu dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.9498. Nilai pembobot yang dihasilkan model ini mampu menduga suhu larutan nutrisi pada bedeng tanaman yang dipengaruhi oleh suhu udara didalam greenhouse dan suhu larutan nutrisi di tangki yang didinginkan siang dan malam.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (DP2M), DIKTI atas pendanaan yang diberikan untuk penelitian ini melalui kegiatan hibah bersaing multi tahun dari 2008 sampai 2010.



Gambar 4. Hasil pembelajaran model JST



Gambar 5. Hasil validasi model JST

Daftar Pustaka

- Arif Ch, Dena K Wahdani, Herry Suhardiyanto, Y Aris Purwanto, Yudi Chadirin. 2009. *Pemodelan Pindah Panas Pada Pendinginan Siang Malam Larutan Nutrisi Untuk Budidaya Tanaman Tomat Hidroponik Nutrient Film Technique (NFT)*. Seminar Nasional Perteta 2009. Mataram
- Arif, Ch. 2008. "Determination of Drip Irrigation Schedule for Plant Growth in Greenhouse Using Artificial Intelligence Approach". *Irrigation Journal*. Vol. 3 No. 2, November 2008: 138-145. In Indonesian Language.
- Fitter, A.H., R.K.M, Hay. 1991. *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Kojima, Kazuo and H. Suhardiyanto. 1991. Studies of the Zone Cooling System in Greenhouse(1). Performance of the System in a Model Sized Greenhouse. *Environment Control in Biology* 29 (1):1-10
- Kusumadewi, Sri. 2003. *Artificial Intellegence (Teknik dan Aplikasinya)*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Matsuoka, T. and H. Suhardiyanto. 1992. Thermal and Flowing Aspects of Growing Petty Tomato in Cooled NFT Solution during Summer. *Environment Control in Biology* 30 (3) : 119-125.
- Morimoto, T., and Y. Hashimoto. 2000. AI approaches to identification and control of total plant production systems. *Control Engineering Practice*, 8, 555-567.
- Suhardiyanto H. and T. Matsuoka. 1992. Studies on a Zone Cooling System in a Greenhouse (2). Evaluation of a System for Microclimate Modification in a Plastic Greenhouses during Hot Weather. *Environment Control in Biology* 30 (4) : 143-151.
- Suhardiyanto, H., Chusnul Arif and Suroso. 2008. "Fertigation Scheduling in Hydroponics System for Cucumber Using Artificial Neural Network and Genetic Algorithms". *National Agronomy Journal*, 2008. Vol. XXXVI No. 1 Page: 92-99.
- Suhardiyanto. H. and T. Matsuoka. 1994. Uniformity of Cool Air Discharge along Perforated Tube for Zone Cooling in a Greenhouse. *Environment Control in Biology* 32 (1) : 9-16