

Pemodelan *Profile Greenhouse* Berbasis *Neural Network*

Muhammad Rizky, Iim Fatimah, dan Melania Suweni Muntini

Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: melania@physics.its.ac.id

Abstrak—Pemodelan *profile greenhouse* merupakan salah satu hal penting untuk memaksimalkan pertumbuhan tanaman yang ditanam di dalam *greenhouse*. Sebelum dimodelkan, dibandingkan ketika *greenhouse* dengan sistem otomasi dalam keadaan mati dan ketika *greenhouse* dengan sistem otomasi dalam keadaan hidup. Dengan diterapkan sistem otomasi dapat meningkatkan kualitas *greenhouse* dengan cara menurunkan suhu dan meningkatkan kelembaban. Semakin baik kualitas *greenhouse* maka semakin baik pertumbuhan tanaman dalam *greenhouse*. Pemodelan dalam penelitian ini digunakan model *neural network* tipe *back-propagation*. *Profile greenhouse* meliputi suhu udara, kelembaban udara, suhu tanah dan kelembaban tanah. Hasilnya ialah profil terbaik dari *greenhouse* adalah pada suhu udara pukul 16.00 – 07.00, kelembaban udara mencapai 98%, suhu tanah pukul 18.00 – 08.00 dan kelembaban tanah mencapai 98% serta hasil pemodelan mendekati data pengukuran dengan nilai kesalahan mencapai 1%.

Kata Kunci—*Greenhouse*, Suhu, Kelembaban, *Neural Network*.

I. PENDAHULUAN

INDONESIA merupakan negara di daerah yang beriklim tropis. Ini yang mengakibatkan Indonesia mempunyai dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau. Dua musim ini sangat mempengaruhi proses bercocok tanam. Ada pengaruh baik ada pula pengaruh buruk dari perubahan musim ini. Padahal proses bercocok tanam harus selalu berlangsung untuk memenuhi permintaan pasar akan sayur-sayuran. Pengaruh buruk dari perubahan musim akan menjadi permasalahan proses bercocok tanam. Untuk mengatasi permasalahan ini dibutuhkan suatu tempat budidaya tanaman yaitu *greenhouse*. Solusi yang dapat diterapkan dalam *greenhouse* salah satunya sistem otomasi yang fungsinya untuk mengatur suhu dan kelembaban udara serta tanah berdasarkan kebutuhan tanaman.

Greenhouse didesain untuk dijadikan sebuah tempat yang nyaman untuk tanaman bisa tumbuh sepanjang tahun. Hal ini dapat meningkatkan kondisi pertumbuhan tanaman dan melindungi tanaman dari kondisi lingkungan yang tak menentu seperti hujan deras, angin kencang dan suhu yang ekstrim di musim hujan dan musim panas [1]. Peralatan yang digunakan untuk menganalisa perilaku termal dari *greenhouse* adalah model kelembaban dan suhu udara untuk pembangunan dan sistem evaluasi. Peralatan ini merupakan desain yang dirancang oleh sumber acuan [2].

Variabel iklim yang utama di dalam sebuah *greenhouse* yang dapat dikendalikan diantaranya adalah suhu, kelembaban, konsentrasi CO₂ dan intensitas cahaya yang dibutuhkan oleh

tanaman [3]. Suhu dan kelembaban adalah parameter yang paling diperhatikan di penelitian ini. Kelembaban adalah parameter operasional yang sangat kritis [4], [5], dan [6]. Pembentukan profil kelembaban yang mengandung oksigen sangat berpotensi mendukung kondisi *greenhouse*. Evaluasi kelembaban selama pembangunan *greenhouse* sangat membantu identifikasi tingkat kelembaban [6].

Suhu dan kelembaban dalam *greenhouse* akan dimodelkan dengan digunakan basis *neural network*. *Neural network* adalah sebuah kode yang sederhana. Elemen-elemen pengolahan yang sangat saling berhubungan (*neuron*) dan itu sebagai algoritma komputasi yang memproses data dengan respon yang dinamis dan hubungannya ke data keluaran [7]-[8]. *Neural Network* terinspirasi dari sistem kerja saraf seperti proses pengolahan informasi dalam otak. *Neural Network* terdiri dari neuron-neuron atau elemen-elemen yang bekerja sama untuk memecahkan masalah atau sekumpulan data tertentu [9]. *Neural Network* telah berhasil dalam berbagai aplikasi. Ada tiga model dari *Neural Network* yaitu perangkat sinapsis sebagai penghubung, penambah dan fungsi transfer sebagai aktivasi [10]-[11].

Neural network ada beberapa tipe, untuk penelitian ini dipilih tipe *back-propagation*. *Back-propagation* adalah salah satu tipe yang terkontrol digunakan pola penyesuaian untuk didapatkan nilai kesalahan yang paling kecil antara data pengukuran dan hasil pemodelan [12]. Konstruksi jaringan *back-propagation* tidak mempunyai hubungan umpan balik tetapi *error* dipropagasikan selama proses *training*. Pada *back-propagation* digunakan *error* dengan dihitung *least mean*. Algoritma ini termasuk algoritma *supervised learning* [13]. Semakin kecilnya selisih antara nilai *target* dan *output* jaringan ini ditandakan nilai bobot sambungan pada jaringan menuju nilai tertentu, hal ini dihasilkan pada proses *training* [14].

Objek yang dipilih dalam penelitian ini yaitu *greenhouse* yang ditanami tanaman tomat. Dalam penentuan profil terbaik *green house* dan mendapatkan regresi pemodelan profil terbaik digunakan basis *neural network*.

II. METODOLOGI

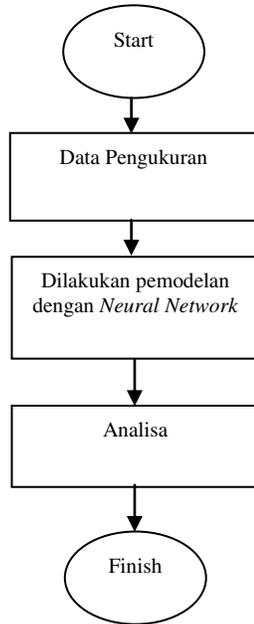
A. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *software* MatLab dengan metode *Neural Network*. Bahan yang dijadikan pemodelan dalam penelitian ini adalah suhu dan

kelembaban udara serta tanah di dalam *greenhouse*. *Greenhouse* yang digunakan sebagai penelitian adalah *greenhouse* untuk tanaman tomat.

B. Langkah Kerja

Alur tahapan kerja dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

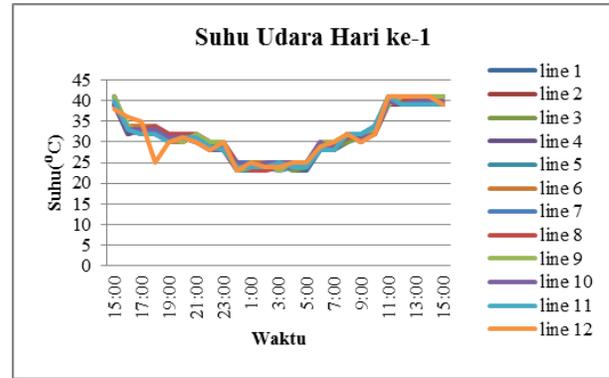
Pengukuran dilakukan untuk nilai *input* pada basis *neural network*. Pengukuran meliputi suhu dan kelembaban udara serta tanah, 24 jam pertama dengan sistem automasi dalam keadaan mati kemudian 24 jam berikutnya dengan sistem otomasi dalam keadaan hidup dilakukan secara berturut-turut selama 14 x 24 jam. Sistem otomasi dalam *greenhouse* terdiri dari penyiraman tanaman dengan air melalui 12 *sprayer* kabut dan 4 kipas angin untuk distribusi suhu dan kelembaban. Pengukuran suhu dan kelembaban udara digunakan sensor DHT11. Pengukuran suhu tanah digunakan sensor DS18B20. Pengukuran kelembaban tanah digunakan sensor *soil moisture*.

Setelah didapatkan data pengukuran dilakukan pemodelan dengan basis *neural network* tipe *back-propagation*. Pada *back-propagation* ada proses yang dinamakan *feed-forward* untuk didapatkan nilai *output* pada *layer-layer* yang digunakan. Pada proses itu dimanfaat nilai bobot *w* dan faktor bias pada data input. Pada basis *neural network* tipe *back-propagation* dijalankan proses *trial* dan *error* untuk ditentukan komposisi terbaik meliputi banyaknya *neuron* dan *layer* yang digunakan.

III. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

A. Suhu Udara

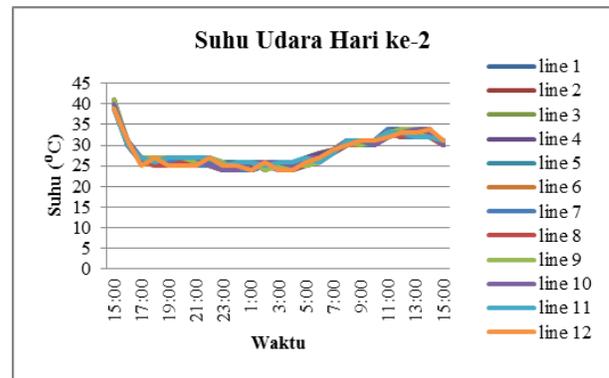
Suhu udara adalah salah satu parameter yang paling berpengaruh pada pertumbuhan tanaman dalam *greenhouse*. Didapatkan data berupa suhu udara di 12 titik dalam *greenhouse* yang ditunjukkan oleh Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Data suhu udara hari ke-1.

Pada hari ke-1 ini kondisi *greenhouse* dengan sistem otomasi dalam keadaan mati. Dengan ini dapat diketahui profil suhu udara dalam *greenhouse* sebelum sistem otomasi dinyalakan. Dapat dilihat pada grafik di atas suhu udara dalam *greenhouse* masih tidak stabil. Tidak stabilnya suhu udara ini dapat memberi efek buruk pada pertumbuhan tanaman dalam *greenhouse*.

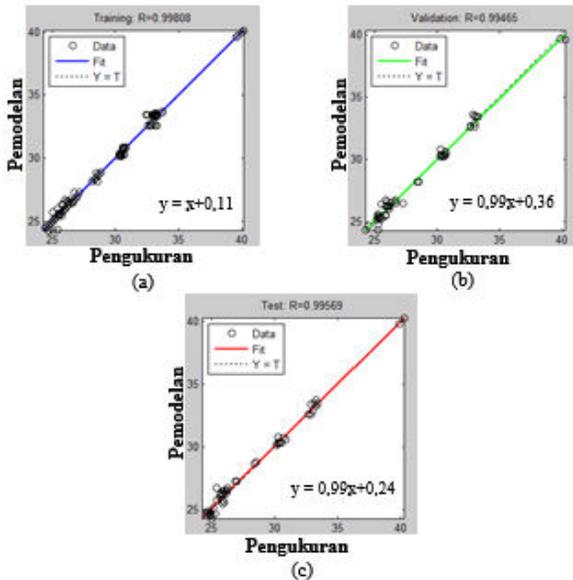
Didapatkan data di hari selanjutnya yaitu suhu udara hari ke-2 dalam *greenhouse* dengan kondisi sistem otomasi dalam keadaan hidup yang ditunjukkan oleh Gambar 3 sebagai berikut:



Gambar 3. Data suhu udara hari ke-2.

Data suhu udara pada hari ke-2 dapat dikatakan stabil dan cenderung konstan. Hal ini dikarenakan suhu udara dikontrol oleh sistem otomasi. Suhu udara pukul 15.00 ke pukul 16.00 mengalami penurunan secara drastis dari 40°C menjadi 27°C. Hal ini dikarenakan sistem otomasi baru dinyalakan pukul 15.00. Hasil kerja sistem otomasi dapat dilihat mulai pukul 16.00. Dilihat suhu udara stabil dan cenderung konstan pukul 16.00 sampai pukul 05.00. Sistem otomasi bekerja pukul 16.00 sampai pukul 23.00. Sistem otomasi tidak bekerja mulai pukul 23.00 sampai pukul 05.00 dikarenakan suhu udara memang sudah rendah. Sistem otomasi ini digunakan untuk menurunkan suhu udara ketika pada nilai tinggi. Diturunkan suhu udara dalam *greenhouse* ditujukan untuk memaksimalkan pertumbuhan tanaman dalam *greenhouse*. Ketika pukul 05.00 sistem otomasi ini mulai bekerja lagi secara otomatis dikarenakan sinar matahari mulai muncul yang mengakibatkan

suhu udara meningkat. Tetapi suhu udara tetap meningkat sedikit demi sedikit sampai 34°C. Hal ini dikarenakan atap *greenhouse* terbuat dari material paranet jadi suhu udara lingkungan luar sedikit mengganggu kinerja sistem otomasi. Atap yang terbuat dari paranet ini mengakibatkan kinerja system otomasi kurang maksimal. Setelah diperoleh data selama 14 hari dan dapat dilihat pola suhu udara dalam *greenhouse* dilakukan pendekatan secara komputasi dengan model *neural network*. Didapatkan regresi untuk suhu udara dalam *greenhouse* sebagai berikut:



Gambar 4. Regresi antara pengukuran dan hasil pemodelan suhu udara (a) training, (b) validation, (c) test.

Dari ketiga regresi yang didapatkan, diambil satu regresi yaitu regresi untuk data testing dikarenakan regresi testing adalah regresi yang diperoleh saat pengujian model suhu udara. Berdasarkan regresi testing, model ini dapat menjelaskan variabilitas data sebesar 0,99569 sehingga pada saat pengujian model suhu udara kesesuaian mendekati sempurna. Sedangkan sisanya dijelaskan oleh model lain. Jadi untuk suhu udara dalam *greenhouse* didapatkan persamaan yaitu

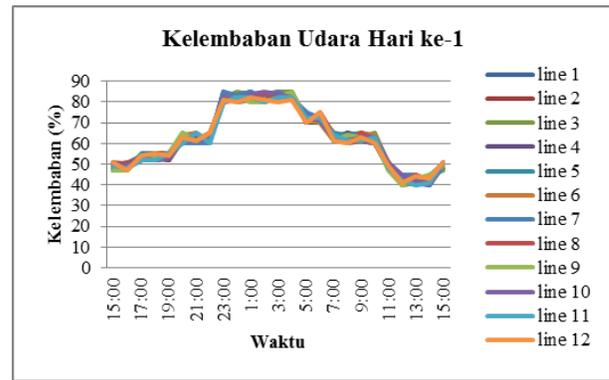
$$y = 0,99x + 0,24 \tag{1}$$

dengan arti setiap pertambahan satu satuan suhu udara akan meningkatkan keluaran sebesar 0,99. Dari Persamaan (1) didapatkan nilai b positif sehingga menghasilkan regresi dengan hubungan linier positif. Dari persamaan yang didapatkan menunjukkan bahwa hasil pemodelan sudah mendekati data pengukuran. Ini juga menunjukkan bahwa pengukuran data yang telah dilakukan sudah benar.

B. Kelembaban Udara

Kelembaban udara adalah kandungan uap air yang terdapat dalam udara. Kelembaban udara dibutuhkan oleh tanaman ditujukan untuk agar tanaman tidak mudah kering atau layu. Keringnya tanaman diakibatkan oleh panasnya matahari dan penguapan permukaan tanah dari dalam bumi.

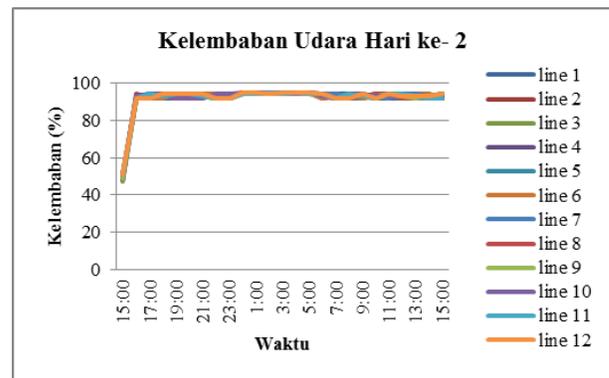
Didapatkan data kelembaban udara di 12 titik dalam *greenhouse* yang ditunjukkan oleh Gambar 5 sebagai berikut.



Gambar 5. Data kelembaban udara hari ke-1.

Pengukuran data kelembaban udara juga dimulai pukul 15.00. Pada hari ke- 1 ini kondisi *greenhouse* dengan sistem otomasi dalam keadaan mati. Dengan keadaan seperti ini, kelembaban udara dalam *greenhouse* jauh dari yang diharapkan dan yang dibutuhkan tanaman masih kurang mencukupi. Tanaman tomat membutuhkan kelembaban udara mendekati 80%.

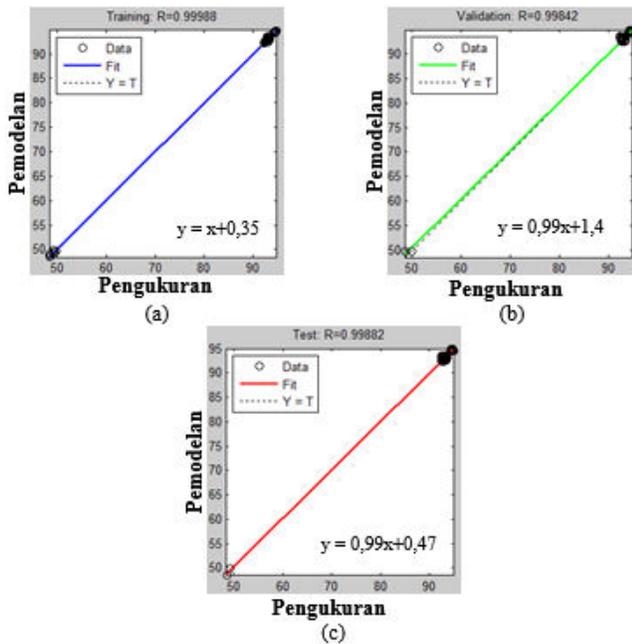
Dapat dilihat pada Gambar 5, terjadi peningkatan secara drastis dari pukul 23.00 menuju pukul 00.00. Peningkatan kelembaban udara secara drastis ini sebesar 20%. Ketika pukul 00.00 kelembaban udara sebesar 80% dan konstan sampai pukul 04.00. Semakin malam hari semakin meningkat kelembaban udara dalam *greenhouse*. Hal ini disebabkan semakin malam hari semakin rendah suhu udara dan tidak adanya panas matahari. Disini, suhu udara memiliki hubungan dengan kelembaban udara. Semakin rendah suhu udara semakin tinggi kelembaban udara. Pengukuran kelembaban udara di 12 titik dalam *greenhouse* dilanjutkan pada hari ke- 2 yang ditunjukkan oleh Gambar 6 sebagai berikut:



Gambar 6. Data kelembaban udara hari ke-2.

Pengukuran kelembaban udara pada hari ke- 2 dalam *greenhouse* ini dengan kondisi sistem otomasi dalam keadaan hidup. Berdasarkan data yang didapatkan, pada pukul 15.00 kelembaban udara bernilai 48% dan mengalami peningkatan secara drastis menjadi 96% pada pukul 17.00. Hal ini dikarenakan sistem otomasi mulai bekerja pada pukul 15.00. Hasil dari kinerja sistem otomasi dapat dilihat mulai pukul 16.00. Lamanya kinerja sistem otomasi ini untuk meningkatkan kelembaban udara juga diakibatkan oleh atap *greenhouse* yang terbuat dari material paranet. Sehingga kelembaban udara di luar dan di dalam *greenhouse* tidak ada

batas pemisah. Secara tidak langsung kelembaban udara di dalam *greenhouse* terganggu oleh lingkungan luar *greenhouse*. Tetapi sistem otomasi ini bisa mempertahankan kelembaban udara diatas 90% sampai 24 jam. Kelembaban udara dalam *greenhouse* dengan bantuan sistem otomasi ini bisa dikatakan mencukupi kelembaban udara yang dibutuhkan oleh tanaman tomat. Dikarenakan tanaman tomat membutuhkan kelembaban udara minimal 80%. Dilakukan pendekatan kelembaban udara secara komputasi dengan model *neural network* yang ditunjukkan oleh Gambar 7 sebagai berikut:



Gambar 7. Regresi antara pengukuran dan hasil pemodelan kelembaban udara (a) training, (b) validation, (c) test.

Dari ketiga regresi yang didapatkan, diambil satu regresi yaitu regresi untuk data *testing* dikarenakan regresi *testing* adalah regresi yang diperoleh saat pengujian model kelembaban udara. Berdasarkan regresi *testing*, model ini dapat menjelaskan variabilitas data sebesar 0,99882 sehingga pada saat pengujian model kelembaban udara kesesuaian mendekati sempurna. Sedangkan sisanya dijelaskan oleh model lain. Jadi untuk suhu udara dalam *greenhouse* didapatkan persamaan yaitu

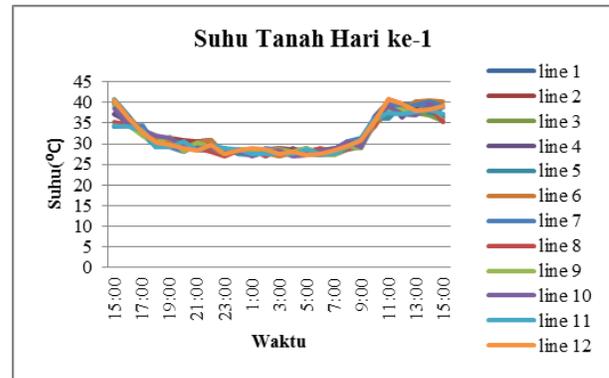
$$y = 0,99x + 0,47 \tag{2}$$

dengan arti setiap pertambahan satu satuan kelembaban udara akan meningkatkan keluaran sebesar 0,99. Dari Persamaan (2) didapatkan nilai b positif sehingga menghasilkan regresi dengan hubungan linier positif. Dari persamaan yang didapatkan menunjukkan bahwa hasil pemodelan sudah mendekati data pengukuran. Ini juga menunjukkan bahwa pengukuran data yang telah dilakukan sudah benar.

C. Suhu Tanah

Suhu tanah lebih rendah daripada suhu udara. Hal ini dikarenakan wujud tanah adalah zat padat. Zat padat memiliki karakter atom satu dengan atom yang lain saling tarik menarik. Tanah juga bermanfaat sebagai tempat resapan air. Jadi tanah lebih dapat mempertahankan suhu rendah daripada udara.

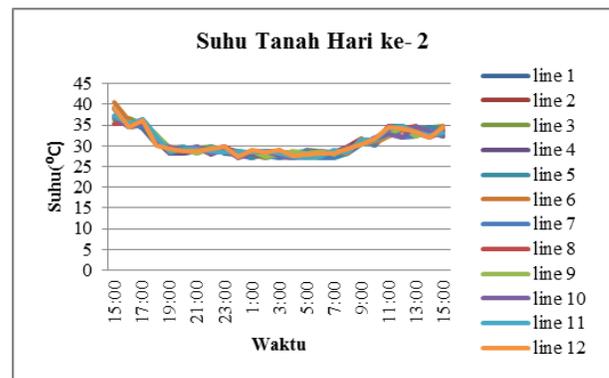
Didapatkan data suhu tanah di 12 titik dalam *greenhouse* pada hari ke- 1 yang ditunjukkan oleh Gambar 8 sebagai berikut:



Gambar 8. Data suhu tanah hari ke-1.

Pada hari ke-1 kondisi *greenhouse* dengan sistem otomasi dalam keadaan mati. Berdasarkan data yang diperoleh, ketika pukul 15.00 suhu tanah berada di antara 34°C sampai 41°C. Semakin malam hari semakin turun suhu tanah. Hal ini dikarenakan tidak ada lagi radiasi panas matahari yang menuju ke permukaan tanah. Pada pukul 17.00 suhu tanah menjadi 33°C. Suhu tanah turun lagi menjadi 30°C pada pukul 19.00. Turun lagi pada pukul 23.00 suhu tanah menjadi 27°C dan tetap konstan sampai pukul 07.00. Suhu tanah mengalami peningkatan pada pukul 09.00 menjadi 30°C. Suhu tanah mengalami peningkatan secara drastis dari pukul 09.00 menuju pukul 11.00. Peningkatan secara drastis ini dalam rentang 7°C sampai 10°C. Hal ini dikarenakan radiasi panas matahari ke permukaan tanah dimulai pukul 10.00. Suhu tanah tetap konstan sampai pukul 15.00 dikarenakan panas matahari berakhir pada pukul 15.00.

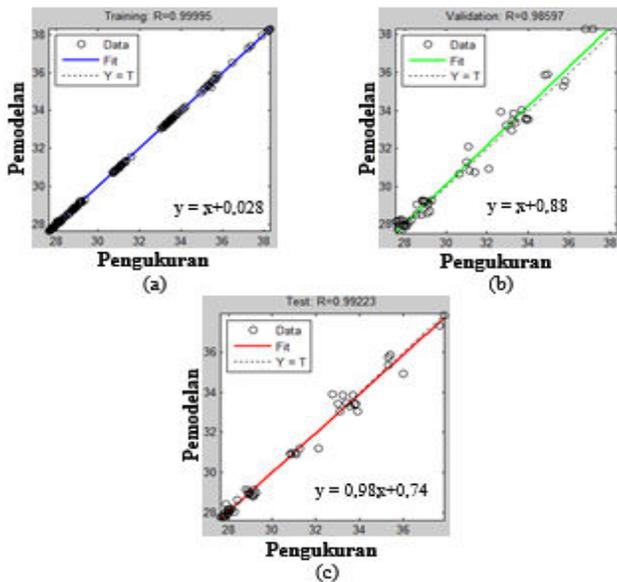
Pengukuran suhu tanah dilanjutkan di kemudian hari sehingga didapatkan data suhu tanah pada hari ke- 2 yang ditunjukkan oleh Gambar 9 sebagai berikut:



Gambar 9. Data suhu tanah hari ke- 2.

Pada hari ke-2 pengukuran suhu tanah di 12 titik dalam *greenhouse* dengan sistem otomasi dalam keadaan hidup. Berdasarkan data yang diperoleh, suhu tanah dari pukul 15.00 menuju pukul 16.00 mengalami penurunan yang begitu cepat. Begitu pula yang terjadi pada pukul 17.00 menuju pukul 19.00. Hal ini dikarenakan hasil kinerja dari sistem otomasi yang menurunkan suhu tanah. Dari pukul 19.00 suhu tanah

tetap konstan sampai pukul 07.00. Suhu tanah mengalami peningkatan secara drastis dari pukul 07.00 menuju pukul 11.00. Hal ini dikarenakan radiasi panas matahari ke permukaan tanah dimulai pukul 08.00. Walaupun sistem otomatisasi masih dalam keadaan hidup, suhu udara tetap mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan atap *greenhouse* terbuat dari material paranet. Jadi tidak ada pelindung permukaan tanah dari radiasi panas matahari. Suhu tanah pada pukul 11.00 tetap konstan sampai pukul 15.00. Hal ini dikarenakan panas matahari berakhir pada pukul 15.00. Setelah didapatkan data pengukuran suhu tanah, dilakukan pendekatan secara komputasi dengan model *neural network* yang ditunjukkan oleh Gambar 4.11 sebagai berikut:



Gambar 10. Regresi antara pengukuran dan hasil pemodelan suhu tanah (a) training, (b) validation, (c) test.

Dari ketiga regresi yang didapatkan, diambil satu regresi yaitu regresi untuk data *testing* dikarenakan regresi *testing* adalah regresi yang diperoleh saat pengujian model suhu tanah. Berdasarkan regresi *testing*, model ini dapat menjelaskan variabilitas data sebesar 0,99223 sehingga pada saat pengujian model suhu tanah kesesuaian mendekati sempurna. Sedangkan sisanya dijelaskan oleh model lain. Jadi untuk suhu tanah dalam *greenhouse* didapatkan persamaan yaitu

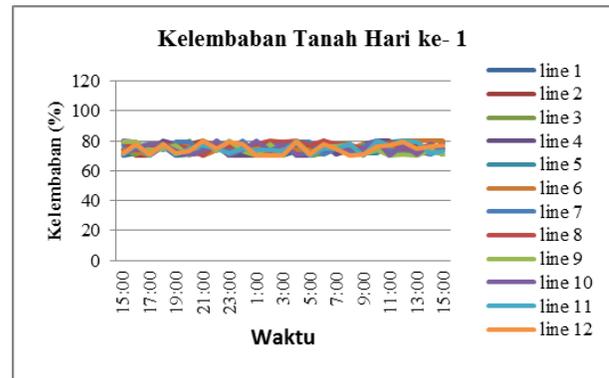
$$y = 0,98x + 0,74 \tag{3}$$

dengan arti setiap pertambahan satu satuan suhu udara akan meningkatkan keluaran sebesar 0,98. Dari Persamaan (3) didapatkan nilai b positif sehingga menghasilkan regresi dengan hubungan linier positif. Dari persamaan yang didapatkan menunjukkan bahwa hasil pemodelan sudah mendekati data pengukuran. Ini juga menunjukkan bahwa pengukuran data yang telah dilakukan sudah benar.

D. Kelembaban Tanah

Kelembaban tanah adalah kandungan air dalam tanah. Kelembaban tanah memiliki nilai yang lebih tinggi daripada kelembaban udara. Hal ini dikarenakan tanah lebih dapat

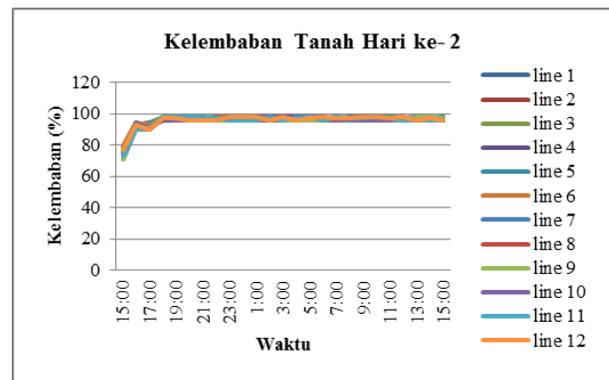
mempertahankan kelembaban daripada udara. Ini juga dikarenakan dari fungsi tanah itu sebagai daerah resapan air. Didapatkan data pengukuran kelembaban tanah di 12 titik ddalam *greenhouse* pada hari ke- 1 yang ditunjukkan oleh Gambar 11 sebagai berikut:



Gambar 11. Data kelembaban tanah hari ke- 1.

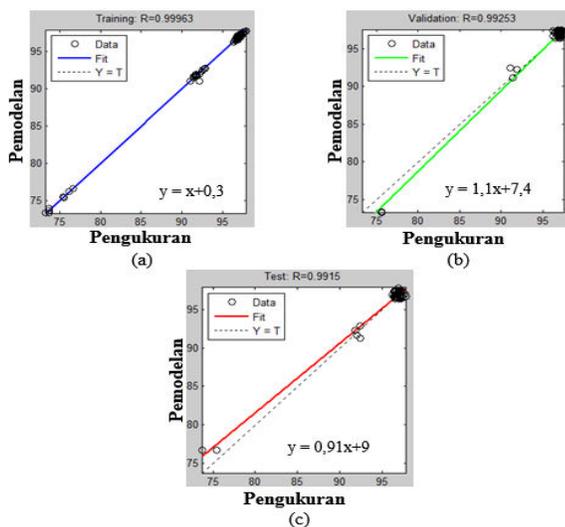
Pada hari ke- 1 kondisi *greenhouse* dengan sistem otomatisasi dalam keadaan mati. Berdasarkan data yang didapatkan, kelembaban tanah tidak stabil dan cenderung konstan dalam rentang 70% sampai 80% selama 24 jam. Hal ini dikarenakan radiasi panas matahari yang menuju ke permukaan tanah. Dan juga dikarenakan atap *greenhouse* terbuat dari material paranet sehingga tidak ada pelindung permukaan tanah dari radiasi panas matahari.

Pengukuran data kelembaban tanah dilanjutkan di kemudian hari. Data kelembaban tanah pada hari ke- 2 ditunjukkan oleh gambar 12 sebagai berikut:



Gambar 12. Data kelembaban tanah hari ke- 2.

Pada hari ke- 2 kondisi *greenhouse* dengan sistem otomatisasi dalam keadaan hidup. Berdasarkan data yang didapatkan, Kelembaban tanah bernilai 98% tetap konstan sampai esok hari. Hal ini dikarenakan sistem otomatisasi bekerja dengan baik dan sifat dari tanah dapat mengikat kelembaban. Kelembaban sebesar 98% ini sangat mencukupi kebutuhan tanaman tomat dalam *greenhouse*. Tanaman tomat membutuhkan kelembaban tanah minimal 80%. Setelah didapatkan data pengukuran kelembaban tanah, dilakukan pendekatan secara komputasi dengan model *neural network* yang ditunjukkan oleh Gambar 13 sebagai berikut:



Gambar 13. Regresi antara pengukuran dan hasil pemodelan kelembaban tanah (a) *training*, (b) *validation*, (c) *test*.

Dari ketiga regresi yang didapatkan, diambil satu regresi yaitu regresi untuk data *testing* dikarenakan regresi *testing* adalah regresi yang diperoleh saat pengujian model kelembaban tanah. Berdasarkan regresi *testing*, model ini dapat menjelaskan variabilitas data sebesar 0,9915 sehingga pada saat pengujian model kelembaban tanah kesesuaian mendekati sempurna. Sedangkan sisanya dijelaskan oleh model lain. Jadi untuk kelembaban tanah dalam *greenhouse* didapatkan persamaan yaitu:

$$y = 0,91x + 9 \quad (4)$$

dengan arti setiap pertambahan satu satuan suhu udara akan meningkatkan keluaran sebesar 0,91. Dari Persamaan (4) didapatkan nilai *b* positif sehingga menghasilkan regresi dengan hubungan linier positif. Dari persamaan yang didapatkan menunjukkan bahwa hasil pemodelan sudah mendekati data pengukuran. Ini juga menunjukkan bahwa pengukuran data yang telah dilakukan sudah benar.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah profil terbaik dari *greenhouse* adalah pada suhu udara pukul 16.00 – 07.00,

kelembaban udara mencapai 98%, suhu tanah pukul 18.00 – 08.00 dan kelembaban tanah mencapai 98% serta hasil pemodelan mendekati data pengukuran dengan nilai kesalahan mencapai 1%. Saran untuk penelitian kedepannya adalah digunakan *greenhouse* dengan dinding dan atap yang terbuat dari material yang lebih berkualitas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Ali, K. Ishaque, A. Lashin, and N. Al Arifi, "Modeling of a liquid desiccant dehumidification system for close type greenhouse cultivation," 2016.
- [2] Adrianus, "Integrated heat air and moisture modeling and simulation," Eindhoven University of Technology, 2007.
- [3] V. Beveren, P. J. M. Bontsema, J. van Straten, and G. van Henten, "Optimal control of greenhouse climate using minimal energy and grower defined bounds," *Appl. Energy*, vol. 159, pp. 509–519, 2015.
- [4] A. D. Dorado, J. Lafuente, D. Gabriel, and X. Gamisans, "The role of water in the performance of biofilters: parameterization of pressure drop and sorption for common packing materials," *J. Hazard. Mater.*, vol. 180, pp. 693–702, 2010.
- [5] L. Chen *et al.*, "Performance evaluation of a wood-chip based biofilter using solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry," *Bioresour. Technol.*, vol. 99, pp. 7767–7780, 2008.
- [6] G. D. Maia, R. S. Gates, J. L. Taraba, and M. S. Coyne, "Moisture effects on greenhouse gases generation in nitrifying gas-phase compost biofilters," *Water Res.*, vol. 46, pp. 3023–3031, 2012.
- [7] K. L. Hsieh and Y. S. Lu, "Model construction and parameter effect for TFT-LCD process based on yield analysis by using ANNs and stepwise regression," *Expert Syst. Appl.*, vol. 34, no. 1, pp. 717–724, 2008.
- [8] F. He and C. Ma, "Modeling greenhouse air humidity by means of artificial Neural Network and principal component analysis," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 71, pp. S19–S23, 2010.
- [9] Anonymous, "No Title." [Online]. Available: www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol4/cs11/report.html.
- [10] S. Haykin, *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*, 2nd ed. Ontario: Prentice Hall PTR, 1998.
- [11] K. Espinoza, D. L. Valera, J. A. Torres, A. López, and F. D. Molina-Aiz, "Combination of image processing and artificial Neural Networks as a novel approach for the identification of *Bemisia tabaci* and *Frankliniella occidentalis* on sticky traps in greenhouse agriculture," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 127, pp. 495–505, 2016.
- [12] F. Suhandi, "Algoritma Back Propagation," 2009.
- [13] Anonymous, "No Title." [Online]. Available: www.metode-algoritma.com.
- [14] Nurhayati and Fitri, "Penerapan Metode Back Propagation Neural Network pada Pendeteksian Kelainan Otak Ischemic Cerebral Infraction dengan Bahasa Pemrograman Delphi," *J. Fis. dan Apl.*, vol. 6, no. 1, 2010.