

Pemodelan Sistem Kendali Suhu Otomatis Pada Smart Poultry Farm Menggunakan Metode Jaringan Saraf Tiruan

Automatic Temperature Control System Modeling on Smart Poultry Farm Using Artificial Neural Network Method

1st I Komang Nurjaya
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
komangnurjaya@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Estananto
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
estananto@telkomuniversity.ac.id

3rd Ary Murti
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
arymurti@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Di Indonesia para peternak ayam mengalami krisis yang diakibatkan oleh perubahan iklim global yang ekstrem dan mempengaruhi hasil produksi daging ayam. Hewan jenis unggas sangat rentan terhadap perubahan suhu yang tiba-tiba. Dibutuhkanlah suatu sistem otomatis untuk mengatur suhu kandang. Peternakan pintar atau Smart poultry farm adalah suatu konsep budidaya dengan memanfaatkan kemajuan perkembangan teknologi automasi dan komunikasi digital. Konsep ini diharapkan dapat meningkatkan produksi dan kualitas ternak. Pada penelitian ini berfokus pada pemodelan sistem kendali suhu otomatis pada smart poultry farm. Dengan menggunakan metode kontrol jaringan saraf tiruan (JST) Backpropagation, dengan metode kontrol ini sistem diharapkan mampu untuk beradaptasi dengan suhu lingkungan kandang. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian menggunakan model JST 4 node, 8 node, dan 12 node neuron hidden layer dengan variasi iterasi 100, 1000, dan 5000 kali untuk 2, 4, 7, dan 14 level kecepatan. Pada pengujian ini didapatkan nilai hasil keluaran sistem yang mirip dengan target keluaran yaitu pada 2 tipe kecepatan output dengan iterasi ke 5000 menggunakan 12 neuron pada hidden layer dengan akurasi 93.3%.

Kata Kunci : Jaringan Saraf Tiruan, JST, ANN, Backpropagation, Kontrol Suhu dan Kelembapan, Smart Poultry Farm.

I. PENDAHULUAN

Industri peternakan sedang dihadapkan dengan perubahan iklim yang ekstrem, sehingga

Abstract

In Indonesia, chicken farmers are experiencing a crisis caused by extreme global climate change and affecting the production of chicken meat. Poultry species are very susceptible to sudden changes in temperature. An automatic system is needed to regulate the temperature and humidity of the cage. Smart farming or Smart poultry farm is a cultivation concept by utilizing advances in the development of digital information and communication technology. This concept is expected to increase livestock production and quality. This study focuses on modeling an automatic temperature control system on a smart poultry farm. By using the Backpropagation Artificial Neural Network (ANN) control method, with this control method the system is expected to be able to adapt to the temperature of the cage environment. In this study, testing was carried out using an ANN model of 4 nodes, 8 nodes, and 12 nodes of hidden layer neurons with variations of iterations of 100, 1000, and 5000 times for 2, 4, 7, and 14 speed levels. In this test, the output value of the system is similar to the target output, namely at 2 types of output speed with the 5000th iteration using 12 neurons in the hidden layer with an accuracy of 93.3%.

Key words : ANN, Artificial Neural Network, Backpropagation, Temperature and Humidity Control, Smart Poultry Farm.

mempengaruhi pertumbuhan ternak khususnya unggas. Hewan jenis unggas termasuk jenis golongan hewan homeothermic karena tidak

memiliki kelenjar keringat serta hampir semua bagian tubuhnya tertutup bulu [1]. Akibatnya, ternak unggas pada iklim tropis rentan terhadap penyakit disebabkan perubahan suhu salah satunya adalah heat stress. Heat Stress adalah suatu kondisi yang terjadi karena ayam tidak mampu mengimbangi produksi dan pembuangan panas tubuh karena suhu udara lingkungan melebihi suhu normal [1][2]. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem yang mampu mengendalikan suhu lingkungan kandang secara otomatis. Konsep peternakan modern ini biasa disebut smart poultry farm.

Smart Poultry Farming adalah suatu konsep budidaya dengan memanfaatkan kemajuan teknologi informasi dan komunikasi digital dengan memadukan sensor, Internet of Thing (IoT), automasi dan smart system untuk meningkatkan kualitas dan produktivitas [3]. Konsep ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas dan produktivitas dibandingkan dengan

peternakan konvensional yang masih menggunakan operasi manual. Contoh penelitian terkait Smart Poultry Farming telah digunakan oleh beberapa negara diantaranya India dan Nigeria [4][5].

Pada penelitian sebelumnya mengenai pemakaian sensor suhu dan kelembapan untuk monitoring suhu sudah banyak dilakukan, salah satunya penelitian tentang Sistem Otomasi dan Monitoring Suhu dan Kelembapan Pada Peternakan Ayam Potong[6] dan Sistem Penyiraman Tanaman Sayuran Secara Aeroponik Berdasarkan Suhu dan Kelembapan Berbasis IoT menggunakan Metode Fuzzy[7].

Pada penelitian tugas akhir ini metode kontrol yang diusulkan menggunakan metode jaringan saraf tiruan (JST) dengan harapan sistem ini dapat menjaga stabilitas suhu kandang, mengurangi jumlah kematian ternak karena Heat Stress dan peternak dapat meningkatkan kualitas dan produktivitas ayam potong

II. KAJIAN TEORI

a. Peninjauan Penelitian

Tabel 2.1

No	Nama Peneliti	Judul	Aplikasi
1	Rupali B. Mahale [4]	Smart Poultry Farm Monitoring Using IOT and Wireless Sensor Networks	Monitoring kandang ayam berbasis IoT menggunakan Wireless Sensor Node(WSN)
2	Achdal Bilad[6]	Sistem Otomasi dan Monitoring Suhu dan Kelembapan Pada Peternakan Ayam Potong	Algoritma Pulse Width Modulation (PWM) untuk mengendalikan kipas on/off sesuai hasil deteksi

			sensor DHT22, hasil deteksi sensor disimpan pada Sdcard dan ditampilkan pada LCD.
3	Erfan Rohadi[7]	SISTEM PENYIRAMAN TANAMAN SAYUR SECARA AEROPONIK BERDASARKA N SUHU DAN KELEMBAPAN BERBASIS IOT MENGGUNAKA N METODE FUZZY	Algoritma Fuzzy. Data suhu dan kelembapan didapat dari sensor DHT11, data tersebut diapaki sebagai input fuzzy dan hasil defuzifikasi nya

			menjadi durasi penyiraman .
4	Eko Wiji Setio B[9]	PROTOTYPE SISTEM KENDALI PENGATURAN SUHU DAN KELEMBAPAN KANDANG AYAM BOILER BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA328	PWM pada pompa air untuk menjaga kestabilan suhu dan kelembapan kandang ayam. Untuk memonitoring suhu dan kelembapan menggunakan LCD

Dari penelitian yang sudah ada disebutkan pada Tabel 2.1 diatas, untuk system kontrol yang digunakan menggunakan kontrol PWM dan Fuzzy. JST memiliki keunggulan yaitu mampu melakukan pembelajaran dari data yang sudah ada tanpa harus melakukan pemrograman ulang. Dengan demikian penulis memutuskan melakukan penelitian sistem kendali suhu otomatis menggunakan kontrol Jaringan Saraf Tiruan (JST) dengan metode Backpropagation sebagai metode alternatif pengendalian suhu pada kandang ayam.

b. Ternak Ayam

Ternak adalah hewan yang dengan sengaja dipelihara sebagai sumber pangan, sumber bahan baku industri, atau dipelihara untuk membantu pekerjaan manusia. Usaha-usaha untuk memelihara atau pemeliharaan ternak disebut sebagai peternakan (atau perikanan, untuk kelompok hewan tertentu) dan usaha peternakan ini secara umum masuk pada bagian dari kegiatan pertanian. Sedangkan ayam adalah jenis ras unggulan hasil persilangan dari bangsa-bangsa ayam yang memiliki daya produktivitas tinggi, terutama dalam memproduksi daging ayam. Ayam yang merupakan hasil perkawinan silang dan sistem berkelanjutan sehingga mutu genetiknya bisa dikatakan baik. Mutu genetik yang baik akan muncul secara maksimal apabila ayam tersebut diberi faktor lingkungan yang mendukung, misalnya pakan yang berkualitas tinggi, sistem

perkandangan yang baik, serta perawatan kesehatan dan pencegahan penyakit[13].

Ayam broiler atau ras pedaging (broiler) merupakan jenis ayam yang mengalami pertumbuhan sangat cepat dan dagingnya dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari masyarakat. Ayam broiler di Indonesia sendiri dapat dipanen dalam waktu 5-6 minggu dengan berat 1,3-1,6 kg yang diternakan dengan baik untuk mendapatkan daging yang optimal [15].

c. *Smart Poultry Farming*

Smart Poultry Farming adalah suatu konsep budidaya dengan memanfaatkan kemajuan teknologi informasi dan komunikasi digital dengan memadukan sensor, *Internet of Thing* (IoT), automasi dan *smart system* untuk meningkatkan kualitas dan produktivitas[3]. Konsep ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas dan produktivitas dibandingkan dengan peternakan konvensional yang masih menggunakan operasi manual. Pada tugas akhir ini penulis melakukan penelitian di sektor automasi dan smart system untuk pengendalian suhu kandang ayam.

Pada penelitian tugas akhir ini tipe kandang yang digunakan adalah kandang tipe *close house*, sistem dinding tertutup (*close house*) dicirikan dengan bagian samping kiri kanan kandang tertutup rapi sehingga udara benar-benar dikontrol melalui tenaga listrik yang menggerakkan kipas dan *cooling* pada sistem pendingin. Keuntungan dengan menggunakan sistem tertutup (*close house*) adalah suhu di dalam kadang terasa nyaman sesuai dengan kebutuhan ayam dan jumlah per meter kubik lebih banyak.

d. *Heat Stress*

Stres panas atau *Heat Stress* adalah suatu kondisi yang terjadi karena ayam tidak mampu mengimbangi produksi dan pembuangan panas tubuh karena suhu udara lingkungan melebihi suhu normal[1][2].

Suhu tubuh normal unggas pada ternak berkisar antara 40,5-41,5°C[10]. Untuk dapat mempertahankan suhu tubuhnya, ayam broiler umur tiga minggu harus dipelihara pada lingkungan dengan suhu berkisar antara 20-25°C dan kelembapan nisbi berkisar 50-70% [11] dan 26-27°C untuk ayam broiler dewasa, serta ayam petelur antara 18-23,9°C [12]. Bila pemeliharaan dilakukan di atas kisaran suhu nyaman, ternak akan menderita stres karena kesulitan membuang suhu tubuhnya ke lingkungan.

e. *Machine Learning*

Machine Learning adalah metode yang digunakan untuk membuat program system yang bisa belajar sendiri dari data tanpa harus di program ulang oleh manusia. Fungsi utama

Machine Learning ada dua yaitu klarifikasi dan prediksi. Klarifikasi adalah metode yang digunakan untuk memilih objek tertentu sesuai dengan sifat manusia untuk membedakan satu dengan yang lain. Sedangkan untuk prediksi adalah metode yang digunakan untuk meramal keluaran dari suatu data masukan yang dipelajari dalam pelatihan.

f. Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan saraf tiruan merupakan metode pembelajaran yang terinspirasi dengan cara kerja saraf manusia. JST akan terus mempelajari data kelas yang sudah dipelajari lalu dimulai dari perhitungan acak dan terus

bagian terkecil dari suatu yang dapat berdiri sendiri. Backpropagation bekerja melalui proses secara iteratif dengan menggunakan sekumpulan contoh data (*data training*), membandingkan nilai prediksi dari jaringan dengan setiap contoh data. Pemecahan masalah akan selesai jika proses pelatihan tersebut selesai, disebut dengan proses pengujian. Algoritma Backpropagation diterapkan pada perceptron berlapis banyak. Perceptron paling tidak mempunyai bagian input, bagian output dan beberapa lapis yang berada diantara input dan output. Lapisan tengah disebut lapisan tersembunyi (*hidden layer*).

Algoritma pelatihan Backpropagation terdiri dari tiga proses yaitu Feedforward, Backpropagation dan Update bobot. Feedforward digunakan untuk mendapatkan nilai output pada *hidden layer* dan *output layer*, selanjutnya dilakukan Backpropagation dengan menghitung error pada *output* dan *hidden layer*. Setelah mendapatkan nilai error selanjutnya dilakukan pembaruan bobot pada *hidden* dan *output layer*. Ketiga proses tersebut diulang-ulang hingga kondisi penghentian dipenuhi. Umumnya kondisi penghentian yang sering dipakai adalah jumlah iterasi atau kesalahan. Iterasi akan dihentikan jika jumlah iterasi yang dilakukan sudah melebihi jumlah maksimum iterasi yang ditetapkan, atau jika kesalahan yang terjadi sudah lebih kecil dari batas toleransi yang ditetapkan.

h. Transformasi Data

Ada beberapa cara transformasi data yang dilakukan sebelum menerapkan suatu metode, antara lain adalah normalisasi atau *scaling* adalah prosedur mengubah data sehingga berada dalam skala tertentu. Transformasi data bisa termasuk dalam praproses data, dilakukan untuk mendapatkan hasil analisis yang lebih akurat. Skala yang digunakan pada normalisasi data ini bisa antara (0,1), (-1,1) atau skala lain yang dikehendaki. Pada tugas

diperbaharui untuk menentukan kelas selanjutnya. Apabila terjadi kesalahan dalam menentukan kelas, JST mampu mempelajari kesalahan menjadi pengalaman. Karena itu semakin banyak pembelajaran yang dilakukan, semakin tinggi kemungkinan akurasi yang akan didapat.

g. Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation

Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation adalah langkah bagaimana suatu jaringan saraf berlatih dengan cara melakukan perubahan sambungan antar lapisan yang membentuk jaringan melalui masing-masing

akhir ini data suhu akan dikonversi ke dalam skala atau rentang nilai antara 0 sampai dengan 1. Dalam hal ini batas bawah (BB) adalah 0 dan batas atas (BA) adalah 1. Jika nilai maksimum tiap kolom adalah X_{max} dan nilai minimumnya adalah X_{min} untuk mengubah data ke skala baru, untuk setiap data bisa dilakukan rumus :

$$X' = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}(BA - BB) + BB$$

i. Fungsi Aktivasi Sigmoid Biner

Fungsi aktivasi merupakan fungsi yang digunakan pada jaringan saraf untuk mengaktifkan atau tidak mengaktifkan neuron. Karakteristik yang harus dimiliki oleh fungsi aktivasi jaringan perambatan balik antara lain harus kontinyu, terdiferensialkan, dan tidak menurun secara monotonis (*monotonically non-decreasing*). Lebih lanjut, untuk efisiensi komputasi, turunan fungsi tersebut mudah didapatkan dan nilai turunannya dapat dinyatakan dengan fungsi aktivasi itu sendiri[14]. Fungsi aktivasi sigmoid biner memiliki nilai pada rentang 0 sampai 1. Ditunjukkan pada gambar 2.3.1, didefinisikan dengan rumus sebagai berikut:

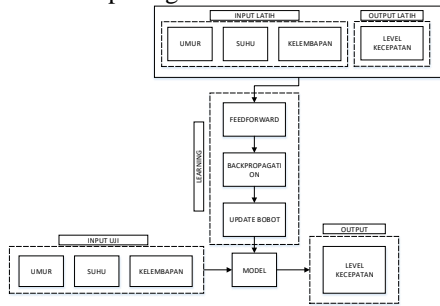
$$y = f(x) = \frac{1}{(1 + e^{-x})}$$

III. METODE

a. Desain Sistem

Prinsip kerja sistem pada tugas akhir ini yaitu dengan memasukkan data latih berupa suhu dan kelembapan dari Perusahaan X sebagai proses *learning* untuk pembuatan database, lalu melakukan pelatihan agar mendapatkan karakteristik yang diinginkan. Karakteristik tersebut akan mendapatkan bentuk model yang paling mendekati (mirip) dengan sample data yang telah ada. Setelah melewati proses *learning*, data latih akan menghasilkan nilai bobot maksimal. Data hasil *learning* tersebut akan digunakan sebagai model dasar untuk dilakukan pengujian. Pengujian akan memberikan hasil keputusan

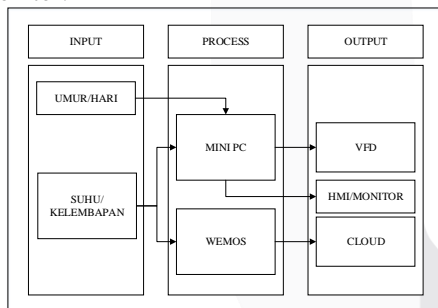
atau prediksi. Desain sistem yang akan dirancang pada tugas akhir ini akan diilustrasikan pada gambar berikut:



Gambar 3.1 Desain Sistem

b. Blok Diagram Sistem

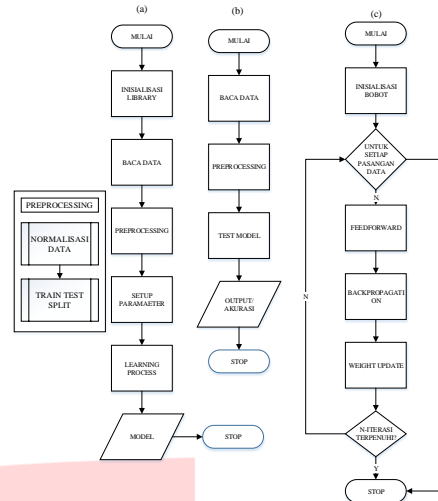
Ide awal pada tugas akhir ini adalah alat didesain mampu untuk membaca suhu aktual kandang ayam, hasil pembacaan tersebut nantinya akan diproses pada Mini PC. Hasil outputnya akan berupa nilai level kecepatan yang nantinya akan ditranformasikan menjadi frekuensi untuk menyalakan kipas melalui Variable Frequency Drive (VFD). VFD merupakan pengontrol gerak (drive) yang bekerja dengan cara mengubah frekuensi dari motor AC dengan harapan suhu dapat dikendalikan sesuai data suhu ideal. Selain untuk menggerakkan kipas, hasil keluaran sistem juga akan ditampilkan pada layar monitor.



Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem

Gambar diatas adalah blok sistem secara keseluruhan, pada penelitian tugas akhir ini dibatasi pada blok proses yaitu proses saat dataset diolah pada komputer menggunakan python menerapkan metode kontrol JST. Metode JST digunakan untuk pembelajaran data dan melakukan prediksi output keluaran berdasarkan data yang telah ada.

c. Diagram Alir

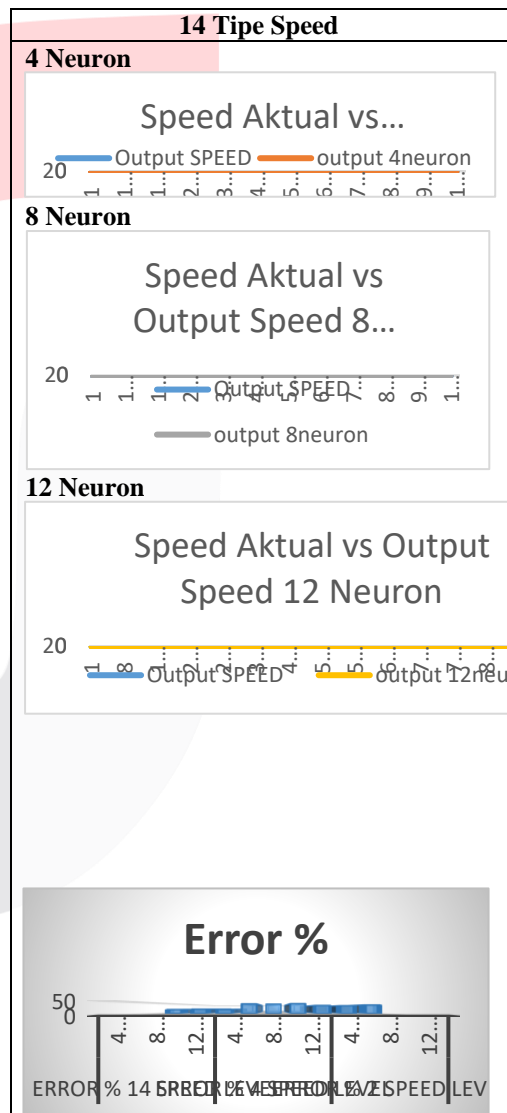
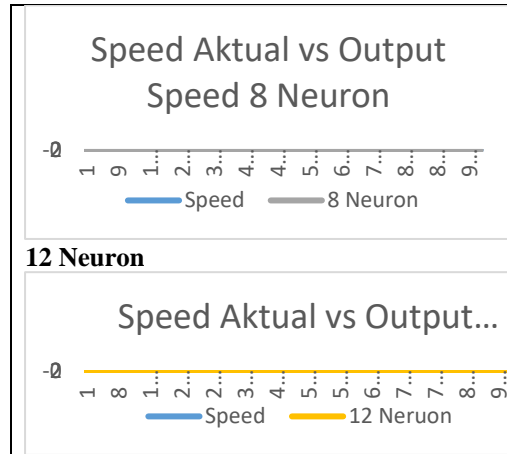
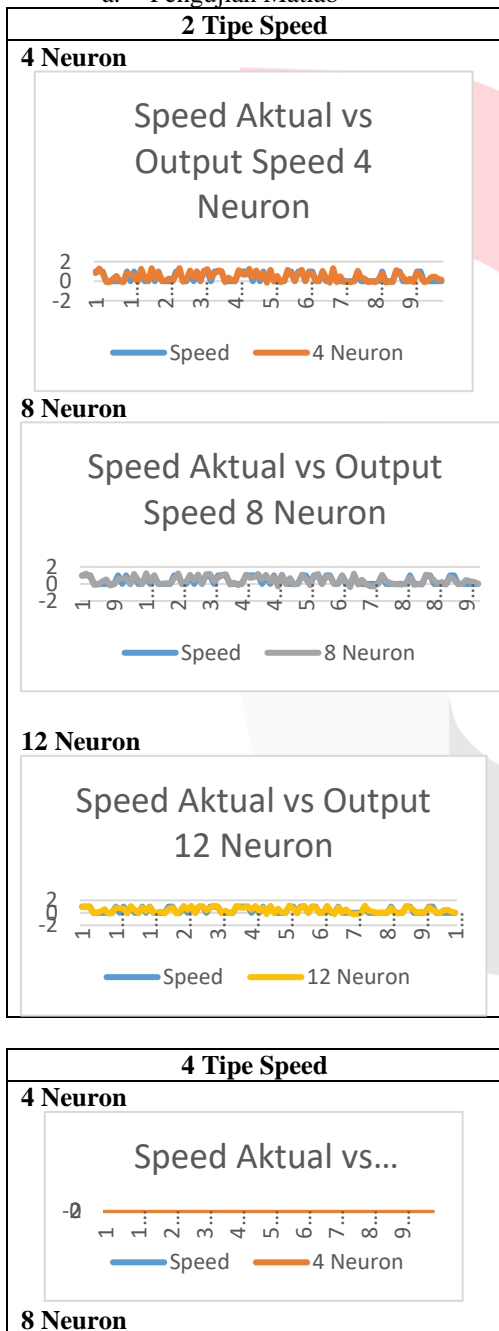


Gambar 3.3 Diagram Alir

Pada gambar diatas adalah alur dari algoritma pemrograman python yang dipakai pada tugas akhir ini. Gambar (a) menjelaskan tahapan yang dipakai untuk membuat model JST dimulai dengan inisialisasi library lalu membaca dataset sebagai data latih, pra-pemrosesan dilakukan untuk mendapatkan nilai yang lebih akurat. Pra-pemrosesan terdiri dari normalisasi data dan train-test split data, setelah didapat data yang telah dinormalisasi dilakukan setup parameter. Setup Parameter diantaranya adalah *learning rate*, *n-epoch/iterasi*, *n-input*, *n-output*, dan *n-neuron* di *hidden layer*. Setelah parameter ditentukan selanjutnya adalah *learning process*, berdasarkan Gambar (c) *Learning Process* adalah tahapan pembelajaran model menggunakan algoritma Backpropagation atau Feedforward-Backpropagation, hasil dari proses pembelajaran ini adalah inisialisasi nilai bobot awal yang semula acak dilakukan Feedforward untuk mendapatkan nilai output pada *hidden layer* dan output pada *output layer*, setelah mendapatkan output di *output layer* dilakukan proses Backpropagation. Saat melakukan Backpropagation nilai output pada *output layer* digunakan untuk mendapatkan error pada *output layer*, nilai error ini akan dipakai untuk mencari error di *hidden layer* dan untuk update bobot pada *hidden layer* dan bobot pada *output layer*. Setelah mendapatkan bobot di *hidden layer* dan *output layer* yang baru, bobot tersebut akan digunakan untuk proses pembelajaran data selanjutnya sampai semua data latih (pada penelitian ini data latih yang dipakai sebanyak 1455 set data) proses ini baru disebut Update bobot untuk satu (1) kali perulangan/iterasi. Pembelajaran Backpropagation ini akan dilakukan sebanyak *n-epoch* untuk mendapatkan hasil nilai bobot maksimal. Model JST yang baik dapat dilihat dari nilai Mean Squared Error (MSE) yang

mendekati 0 dan Regresi yang mendekati 1, untuk mengetahui respon model JST dilakukan proses Test Model. Dapat dilihat pada Gambar (b) Test Model, Data uji akan diolah menggunakan model JST yang sebelumnya telah dilakukan proses latih dengan menggunakan algoritma Feedforward untuk mendapatkan output uji. Pada tugas akhir ini metode simulasi yang digunakan ada 2 yaitu nntool MATLAB dan Python (jupyter notebook).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN
a. Pengujian Matlab



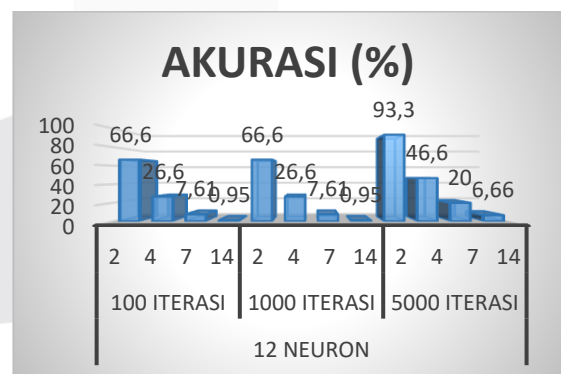
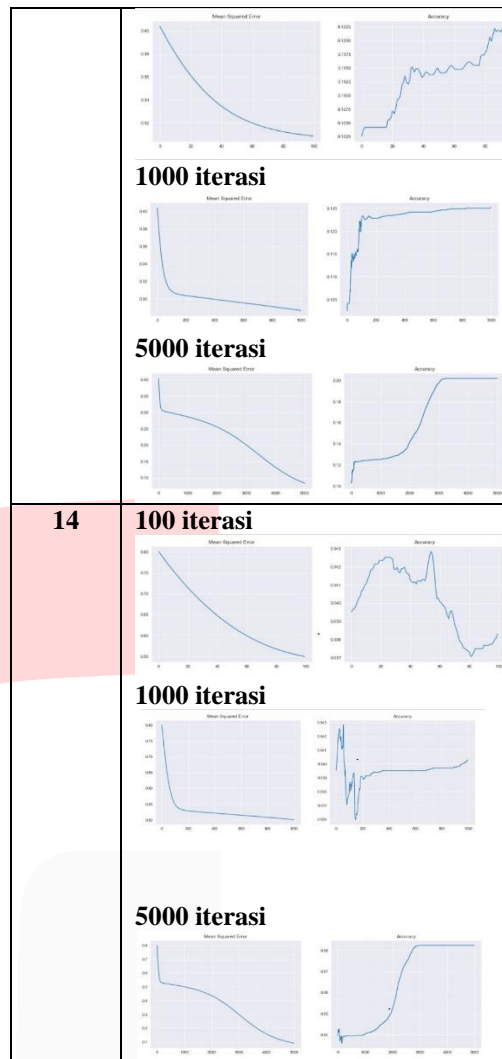
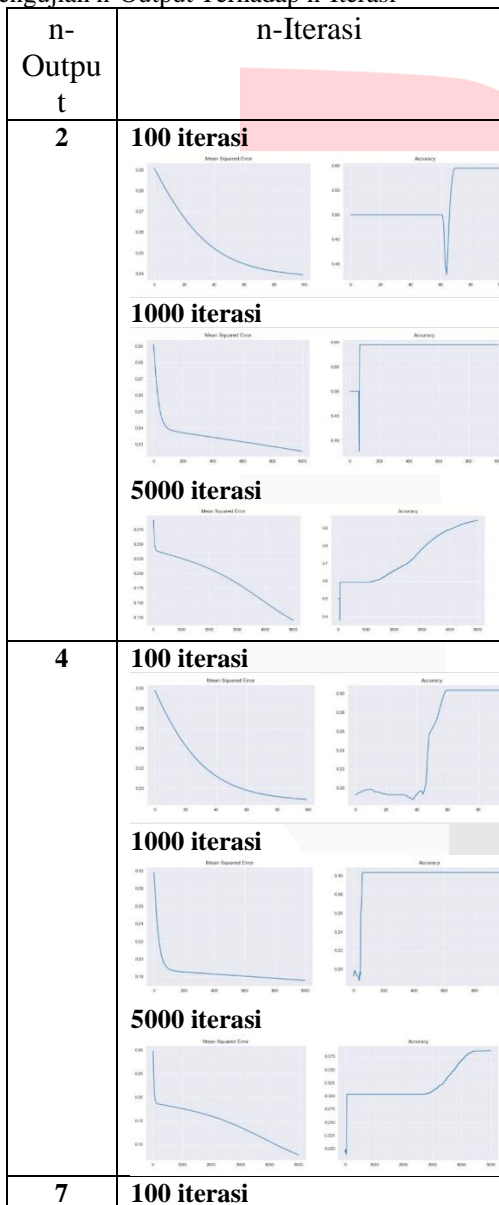
Dari grafik diatas didapatkan perbandingan nilai error% rata-rata pada percobaan saat menggunakan 2, 4, dan 14 tipe output sebagai berikut:

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa jumlah neuron pada *hidden layer* dapat

mempengaruhi nilai persentase error. Dapat dilihat untuk output 2 dan 4 tipe level kecepatan memiliki nilai persentase error sebesar 48,9% (4 tipe level kecepatan) dan 42,4% (2 tipe level kecepatan) saat menggunakan 12 neuron pada *hidden layer*, sedangkan saat output 14 tipe level kecepatan didapat 21,5% saat menggunakan 8 neuron pada *hidden layer*. Persentase error terkecil ada pada 14 tipe level kecepatan saat menggunakan 4 neuron sebesar 19,49%.

b. Pengujian Python

c. Pengujian n-Output Terhadap n-Iterasi

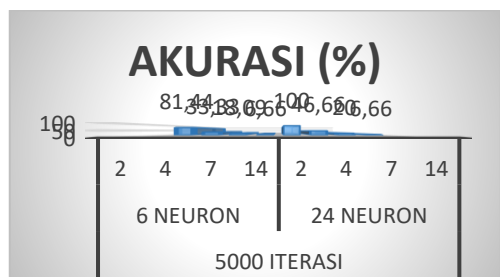
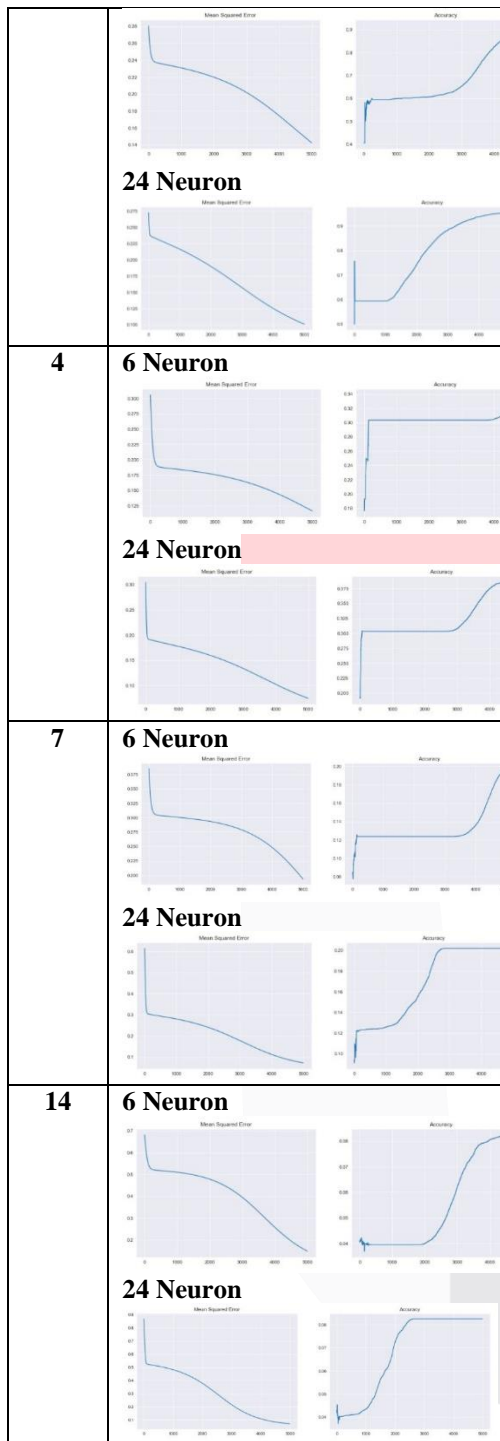


Berdasarkan Gambar diatas, nilai akurasi tertinggi dicapai pada saat 5000 iterasi sebesar 93,3% untuk 2 tipe output, 46,6% untuk 4 tipe output, 20% untuk 7 tipe output, dan 6,66% untuk 14 tipe output. Pada pengujian ini dapat terlihat bahwa n-iterasi mempengaruhi nilai akurasi sistem JST.

2	6 Neuron
---	----------

i. Pengujian n-Output Terhadap n-Neuron

n-Output	n-Neuron
----------	----------



Berdasarkan Gambar diatas perbandingan 6 neuron dan 24 neuron *hidden layer*, nilai akurasi tertinggi didapat saat menggunakan 24

neuron untuk 2 tipe output sebesar 100% , 4 tipe output sebesar 46.66%, untuk 7 tipe output sebesar 20% dan sedangkan 14 tipe output memiliki akurasi sama saat dengan menggunakan 6 neuron sebesar 6.66%.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis pada bab IV, maka dapat disimpulkan :

1. Jumlah neuron pada hidden layer mempengaruhi nilai akurasi dapat dilihat dari grafik pengujian menggunakan Python nilai akurasi tertinggi dicapai saat menggunakan 24 neuron dan 12 neuron.
2. Jumlah iterasi mempengaruhi nilai akurasi dapat dilihat dari grafik pada pengujian menggunakan Python nilai akurasi tertinggi dicapai saat menggunakan 5000 kali perulangan/iterasi.
3. Akurasi tertinggi dicapai saat menggunakan 24 neuron dan 12 neuron pada hidden layer dengan 5000 kali perulangan sebesar 100% dan 93,3% untuk 2 level kecepatan. Sedangkan untuk 14 level kecepatan didapat akurasi 6,66%.
4. Jumlah level kecepatan mempengaruhi nilai akurasi, semakin dikit tipe output (0/1 atau mati/nyala) semakin besar nilai akurasi yang didapat, semakin banyak tipe output (0,1,2,3,...dst) semakin kecil nilai akurasinya.
5. Hasil pemodelan JST dengan single hidden layer pada penelitian ini menggunakan data suhu perusahaan X, hasil keluaran data suhu perusahaan X menggunakan algoritma *if-then-else*. Jika dibandingkan, hasil pada penelitian menggunakan pemodelan JST dengan single hidden layer memiliki kekurangan yaitu tidak mampu mendekati nilai output target, dengan output 14 level kecepatan akurasi terbaik yang didapat sebesar 6,66%. Mengacu pada kesimpulan hasil pengujian menggunakan Python, model yang digunakan masih terbilang sederhana dengan parameter 12 dan 24 neuron di hidden layer dan jumlah iterasi sebanyak 5000 kali..

REFERENSI

[1] Hasil Tamzil, M,. “Stres Panas pada Unggas: Metabolisme, Akibat dan Upaya Penanggulangannya,” Laboratorium Produksi Ternak Unggas, Fakultas Peternakan, Universitas Mataram, Lombok, NTB. (Diterima 5 Maret 2014 – Direvisi 23 Mei 2014 – Disetujui 28 Mei 2014).

[2] Anonim, ”Antisipasi Heat Stress di Musim Kemarau,” [online]. Available: <https://www.medion.co.id/id/atasi-heat-stress-di-musim-kemarau/>. [Accessed 25 February 2020, 08:30]

[3] Anonim,[online]. Available: <https://www.idnfinancials.com/id/news/25430/sie>

rad-produce-implement-smart-poultry-farming-concept [Accessed 20 February 2020, 15:08]

[4] Rupali B. Mahale, Smart Poultry Farm Monitoring Using IOT and Wireless Sensor Networks, Dept. Electronics and Telecommunication Dr. D. Y. Patil School of Engineering Pune, India.

[5] Longinus S. Ezema, et al, "Design and Implementation of an Embedded Poultry Farm," IEEE, 2019.

[6] Bilad Gading I. Achdal, dkk, "Sistem Otomasi dan Monitoring Suhu dan Kelembapan Pada Peternakan Ayam Potong," 2018.

[7] Rohadi. Erfan, dkk, "Sistem Penyiraman Tanaman Sayuran Secara Aeroponik Berdasarkan Suhu dan Kelembapan Berbasis IoT Menggunakan Metode Fuzzy," Politeknik Negeri Malang, 2019.

[8] Mohammed; Ahmed. (2014). Internet of Things Applications, Challenges and Related Future Technologies (Vol. 67).

[9] Eko Wiji Setio B., dkk, "PROTOTYPE SISTEM KENDALI PENGATURAN SUHU DAN KELEMBAPAN KANDANG AYAM", Universitas Mulawarman, 2017

[10] Etches RJ, John TM, Verrinder Gibbins AM. 2008. Behavioural, physiological, neuroendocrine and molecular responses to heat stress. In: Dagher NJ, editor. *Poult Prod hot Clim*. p. 49-69.

[11] Borges SA, Fischer da Silva A V, Maiorka A, Hooge DM, Cummings KR. 2004. Effects of diet and cyclic daily heat stress on electrolyte, nitrogen and water intake, excretion and retention by colostomized male broiler chickens. *Int J Poult Sci*. 3:313-321.

[12] Czarick IIM, Fairchild BD. 2008. Poultry housing for hot climates. In: Dagher NJ, editor. *Poult Prod hot Clim*. Trowbridge (UK): Cromwell Press. p. 81-131.

[13] Adnan Syaifau Jenar. Zakariya," Regulasi Udara Kandang Ayam Pintar Close house", Universitas Telkom.

[14] Julpan, dkk, "ANALISIS FUNGSI AKTIVASI SIGMOID BIPOLAR DAN SIGMOID BIPOLAR DALAM ALGORITMA BACKPROPAGATION PADA PREDIKSI KEMAMPUAN SISWA", *Jurnal Teknovasi* Volume 02, Nomor 1, 2015, 103 – 116

[15] Putra. Ryan Anugrah," Sistem Kendali Suhu Otomatis pada Smart Pultry Farm Menggunakan Metode PID", Universitas Telkom.