

PENERAPAN ALGORITMA PEMBELAJARAN PERCEPTRON UNTUK PREDIKSI SUHU EFEKTIF SASARAN DALAM KANDANG AYAM BROILER TERTUTUP

Denta Kristiana¹, Hartono^{2§}, Ig. Aris Dwiatmoko³

¹Program Studi Matematika, Universitas Sanata Dharma [Email: dentakristiana@gmail.com]

²Program Studi Matematika, Universitas Sanata Dharma [Email: yghartono@usd.ac.id]

³Program Studi Matematika, Universitas Sanata Dharma [Email: aris.dwiatmoko@usd.ac.id]

[§]Corresponding Author

ABSTRACT

Broiler chickens are broiler breeds that have a relatively fast growth of about 4-5 weeks. The growth of broiler chickens is influenced by several aspects, one of which is cage management. In cage management there is a target effective temperature which is one of factors that support the growth of broiler chickens. The target effective temperature for growing comes from measured temperature combined with air humidity and measured wind speed. In this article, we will discuss how the perceptron algorithm can predict the target effective temperature in the broiler chicken closed house cage systems. The goal is to find a network model that can predict target effective temperatures with high accuracy based on variable measurements. Furthermore, the result of network model will be used to regulate the conditions of the coop according to the needs of the comfort of chickens. Based on the results of this study, the perceptron algorithm with a single layer provides a good network model of target effective temperature to regulate cage conditions.

Keywords: *closed house, target effective temperature, linear regression, perceptron algorithm*

1. PENDAHULUAN

Sektor peternakan merupakan sektor yang penting untuk pemenuhan kebutuhan gizi masyarakat Indonesia. Bahan pangan berupa daging, susu dan telur yang berprotein tinggi yang biasa dikonsumsi disediakan oleh sektor ini. Secara khusus, produksi dan konsumsi daging ayam ras pedaging (broiler) di Indonesia mengalami peningkatan yang signifikan dari tahun ke tahun berdasarkan survei Biro Pusat Statistik (BPS, 2022). Jenis ayam broiler ini lebih banyak dikembangkan karena memiliki daya produktivitas yang tinggi. Hanya dalam waktu 4 – 5 minggu, anak ayam broiler dapat tumbuh menjadi ayam broiler dewasa dengan berat sekitar 2 kg dan siap dipanen sehingga mendatangkan keuntungan yang menjanjikan bagi peternak.

Secara garis besar, terdapat 2 cara sistem pembudidayaan ayam jenis ini yaitu dengan kandang terbuka (*opened house*) dan kandang tertutup (*closed house*). Sistem kandang tertutup (Gambar 1) oleh banyak kalangan peternak dianggap lebih bisa mengoptimalkan produksi

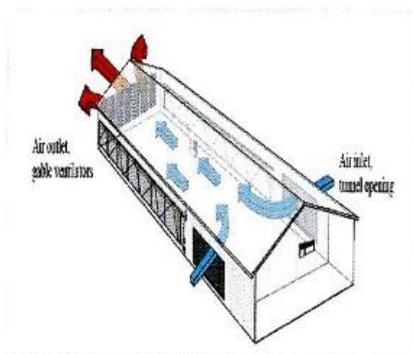
ayam broiler karena tidak terpengaruh oleh cuaca dan stres dari lingkungan. Selain itu dari sisi kepadatan (jumlah ayam per meter persegi), ayam broiler yang dipelihara dalam kandang tertutup dapat lebih tinggi (Poultry Indonesia, 2022).

Walaupun demikian beberapa faktor penting yang mempengaruhi kenyamanan kandang harus dikendalikan agar ayam broiler dapat tumbuh secara optimal. Faktor-faktor itu antara lain suhu aktual kandang, kelembapan udara dan kecepatan angin. Kandang yang memiliki suhu rendah akan menyebabkan ayam bergerombol dan kurang beraktivitas. Sebaliknya kandang dengan suhu relatif tinggi menyebabkan ayam lebih mudah merasa haus sehingga konsumsi airnya lebih banyak dari konsumsi makanan. Hal ini pada akhirnya dapat mempengaruhi pertumbuhan ayam yang mengakibatkan kurangnya berat ayam saat dipanen.



Gambar 1. Pembudidayaan Ayam dalam Kandang Tertutup (Poultry Indonesia, 2022)

Oleh karena itu, dalam manajemen kandang perlu sekali untuk mengatur suhu kandang sehingga ayam nyaman bertumbuh. Suhu semacam itu disebut suhu efektif sasaran (*target effective temperature*) yang akan berbeda-beda kebutuhannya sejalan dengan umur ayam. Ayam yang lebih tua membutuhkan suhu efektif sasaran yang lebih rendah karena suhu tubuhnya menjadi semakin tinggi. Selain itu kelembapan udara dalam kandang juga berpengaruh besar karena semakin lembap maka semakin tinggi suhu yang dirasakan ayam. Untuk mengatasi hal ini maka kandang tertutup biasanya dilengkapi dengan kipas yang dapat menurunkan suhu aktual kandang sehingga tercapai suhu efektif sasaran (Gambar 2).



Gambar 2. Kandang Tertutup Dilengkapi dengan Kipas untuk Menurunkan Suhu (PT. CPI, 2018)

Informasi terkait hubungan antara umur ayam dan suhu efektif sasaran kandang tertutup dapat dilihat dalam Tabel 1 berikut (PT. CPI, 2018).

Tabel 1. Suhu Efektif Sasaran dalam Kandang Tertutup

Umur ayam (dalam hari)	Suhu efektif sasaran (dalam derajat Celcius)
1 – 2 hari	32
3 – 4 hari	31
5 – 7 hari	30
8 – 14 hari	29
15 – 21 hari	27
22 – 28 hari	25
29 – 35 hari	22
Lebih dari 36 hari	21

Dalam Tabel 1 diberikan suhu efektif sasaran dalam kandang tertutup untuk berbagai umur ayam dari anak ayam berumur 1 – 2 hari sampai menjadi ayam dewasa berumur lebih dari 36 hari. Suhu efektif sasaran ini mempunyai rentang dari 21 derajat Celcius sampai dengan 32 derajat Celcius. Untuk anak ayam berumur 1 – 2 hari maka suhu kandang tertutup harus diatur sedemikian rupa sehingga berada di kisaran 32 derajat Celcius. Suhu ini dibutuhkan oleh anak ayam agar dapat bertumbuh secara lebih optimal. Tampak juga dari data tabel, kecenderungan bahwa ayam yang lebih tua umurnya membutuhkan suhu kandang yang lebih rendah agar dapat bertumbuh optimal.

Selain itu data terkait variabel prediktor berupa suhu aktual, kelembapan udara, kecepatan angin (yang dihasilkan oleh kipas) dan variabel respon yaitu suhu efektif sasaran tersedia untuk berbagai variasi kelembapan udara seperti dalam Tabel 2.

Pada tabel tersebut variabel: suhu kandang dalam satuan derajat celcius ($^{\circ}\text{C}$), kelembapan dalam kandang dalam satuan *relative humidity* ($\%rH$) dan kecepatan angin dalam kandang dalam satuan *feet per minutes* (*fpm*). Variabel suhu, kelembapan, dan kecepatan angin digunakan sebagai indikator dalam perhitungan perkiraan suhu efektif sasaran sehingga kenyamanan ayam dalam kandang terjaga. Hasil perhitungan suhu efektif sasaran kemudian digunakan sebagai evaluasi dalam pengaturan setelan kecepatan angin berdasarkan kebutuhan dan kenyamanan ayam selama pemeliharaan.

Tabel 2. Hubungan Antara Suhu Aktual, Kecepatan Angin dan Suhu Efektif Sasaran (dalam Warna) Pada Kelembapan 70%

Actual Suhu (oC)	Air Velocity Feet Per Minute at Rh 70%												Target Efectif-Tempertur (TET)	
	0	50	100	150	200	250	300	360	400	450	600	Umur	TET	
35.0	38	37	36	33	31	30	29	27	26	25	24	1 - 2 hr.	32°C	
34.6	38	36	36	33	30	29	29	27	26	25	24	3 - 4 hr.	31°C	
34.1	37	36	36	33	30	29	28	27	26	25	24	6 - 7 hr.	30°C	
33.6	37	36	34	31	30	29	28	27	26	25	24	8 - 14 hr.	29°C	
33.1	36	36	34	31	29	29	28	27	26	25	24	16 - 21 hr.	28°C	
32.7	36	35	33	31	29	28	27	27	26	25	23	22 - 28 hr.	26°C	
32.2	36	34	33	31	29	28	27	26	26	24	23	29 - 35 hr.	23°C	
31.7	35	34	33	30	29	28	27	26	26	24	23	36 - Lay	22°C	
31.3	34	33	32	30	28	27	27	26	25	24	23			
30.8	34	33	31	30	28	27	26	26	26	24	23			
30.3	33	33	31	29	28	27	26	25	26	24	23			
29.9	33	31	30	29	27	27	26	26	26	24	23			
29.4	33	31	30	29	27	26	26	25	24	24	23			
28.9	31	30	29	28	27	26	26	24	24	23	23			
28.5	31	30	29	27	26	26	25	24	23	23	22			
28.0	30	29	28	27	26	25	24	23	22	22	21			
27.5	29	28	27	26	25	25	24	23	22	21	21			
27.1	29	28	27	26	26	24	24	22	21	21	20			
26.6	28	27	26	25	24	24	23	22	21	20	19			
26.2	28	27	26	25	24	24	23	22	20	20	19			
25.7	27	26	26	26	24	23	23	22	20	20	19			
25.3	27	26	25	26	24	23	23	22	20	20	19			
24.8	26	26	25	24	24	23	23	21	20	20	19			
24.4	26	26	25	24	23	23	22	21	20	19	19			
23.9	26	26	24	24	23	23	22	21	20	19	19			
23.4	26	24	24	23	23	22	22	21	20	19	19			
23.0	25	24	23	23	22	22	21	20	19	19	18			
22.5	24	23	22	22	21	21	21	20	19	19	18			
22.0	24	23	22	21	21	20	20	19	19	19	18			
21.6	24	22	21	21	20	20	19	19	19	18	17			
21.1	23	22	21	20	19	19	19	18	18	17				

70%

Dalam praktiknya, peternak ayam broiler kandang tertutup mengatur kecepatan angin (dengan kipas) dan kelembapan (dengan suatu alat evaporator) untuk mencapai suhu efektif sasaran kandang (yang dikehendaki) dengan melakukannya secara manual berdasarkan data pada Tabel 2. Misalnya pada tingkat kelembapan 70%, untuk anak ayam berumur 1 – 2 hari yang berada dalam kandang dengan suhu aktual 34,1 derajat Celcius maka kipas harus diputar dengan kecepatan 150 fpm agar suhu kandang menjadi 32 derajat Celcius.

Walaupun demikian tabel yang tersedia cukup terbatas yaitu hanya untuk kelembapan 50%, 70%, 80% dan 90% untuk kandang berukuran 110 m x 10 m dengan kapasitas 20 ribu ayam.

Penelitian ini bermaksud mendesain model matematika berdasarkan algoritma perceptron yang dapat merumuskan hubungan antara kelembapan, kecepatan angin, suhu aktual dengan suhu efektif sasaran kandang. Dengan demikian dapat dihasilkan tabel standar untuk variasi kelembapan yang lain. Apabila hal tersebut berhasil dilakukan maka otomatisasi manajemen kandang tertutup dapat dilakukan. Hal ini akan semakin mempermudah peternak ayam broiler dalam mengatur suhu efektif sasaran kandangnya.

2. KAJIAN PUSTAKA

Di era revolusi industri 4.0 ini kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) memiliki peran penting dalam mengubah dan meningkatkan berbagai aspek kehidupan manusia dan industri. Sebagai contoh, kecerdasan buatan sering digunakan untuk mengoptimalkan proses industri, meningkatkan efisiensi, mengurangi biaya, dan mendorong inovasi di berbagai sektor. Secara singkat, kecerdasan buatan adalah teknologi yang memungkinkan komputer dan sistem lainnya untuk meniru, memahami, dan melakukan tugas-tugas yang sebelumnya hanya dapat dilakukan oleh manusia (Russell, 2020).

Salah satu teknik utama dalam kecerdasan buatan yang dewasa ini berkembang pesat adalah pembelajaran mesin (*machine learning*). Pembelajaran mesin memungkinkan sistem komputer untuk belajar dari data dan pengalaman tanpa harus secara eksplisit diprogram (Geron, 2023). Teknik ini memungkinkan sistem komputer mempelajari pola dan mengambil keputusan berdasarkan data dengan cara yang mirip kemampuan belajar manusia sehingga sistem dapat berkembang menjadi lebih adaptif dan cerdas.

Artikel ini akan membahas salah satu metode pembelajaran mesin yang sangat penting untuk masalah regresi yaitu algoritma perceptron. Dalam konteks regresi, tujuan utama algoritma ini adalah untuk mempelajari hubungan linear antara sejumlah variabel input dan variabel target yang bersifat kontinu. Metode perceptron ini sebenarnya merupakan salah satu bentuk sederhana dari jaringan saraf tiruan (*neural network*) dan pembelajaran mendalam (*deep learning*) yang sering digunakan untuk menyelesaikan baik masalah regresi maupun klasifikasi (Chollet, 2021).

Algoritma perceptron memodelkan hubungan tersebut dengan mempertimbangkan konstanta-konstanta yang disebut dengan bobot (*weight*) dan bias. Konstanta-konstanta ini yang kemudian digunakan untuk menghitung prediksi output. Secara konseptual, algoritma perceptron mengambil beberapa input numerik dan mengalikannya dengan bobot yang sesuai. Kemudian, bobot-bobot tersebut dijumlahkan dan ditambahkan dengan bias. Hasilnya diteruskan melalui fungsi aktivasi (biasanya berupa fungsi identitas pada regresi atau fungsi *sigmoid* pada masalah klasifikasi) untuk menghasilkan prediksi akhir (Perotta, 2020).

Langkah-langkah utama dalam algoritma perceptron untuk regresi dengan sejumlah m data yang terdiri dari n variabel input $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ dan 1 variabel respon y sebagai berikut:

1. Inisialisasi bobot w_1, w_2, \dots, w_n dan bias b dengan nilai acak atau nol.
2. Untuk setiap sampel data $i = 1, 2, \dots, m$ lakukan proses pelatihan dengan langkah-langkah berikut:

- a) Hitung prediksi output z_i dengan mengalikan input dengan bobot, menjumlahkannya dan kemudian menambahkan bias sehingga menjadi

$$z_i = w_1x_{1i} + \dots + w_nx_{ni} + b$$

- b) Terapkan fungsi aktivasi f pada z_i untuk mendapatkan prediksi output \hat{y}_i dengan

$$\hat{y}_i = f(z_i)$$

- c) Hitung jumlah kuadrat galat (JKG) antara prediksi \hat{y}_i dan nilai target y_i yang sebenarnya

$$JKG = \sum_{i=1}^m (\hat{y}_i - y_i)^2$$

- d) Perbarui bobot $w_j, j = 1, 2, \dots, n$ dan bias b dengan menggunakan metode penurunan gradien (*gradient descent*) seperti dalam artikel (Guminov, 2019), untuk meminimumkan JKG .

$$w_j = w_j - \alpha \frac{\partial(JKG)}{\partial w_j}$$

$$b = b - \alpha \frac{\partial(JKG)}{\partial b}$$

Konstanta $\alpha > 0$ disebut laju pembelajaran yang mengontrol seberapa besar perubahan bobot pada setiap langkah pelatihan. Nilai ini harus dipilih dengan hati-hati karena berpengaruh terhadap konvergensi dan akurasi algoritma perceptron.

3. Ulangi langkah 2 untuk sejumlah epoch (iterasi) tertentu atau hingga konvergensi dicapai.

4. Setelah algoritma konvergen atau mencapai jumlah epoch yang ditentukan, model perceptron siap digunakan untuk melakukan prediksi pada data baru.

Walaupun algoritma perceptron merupakan teknik yang sederhana tetapi sangat efektif untuk menyelesaikan berbagai masalah terkait regresi atau klasifikasi. Lebih lanjut terkait penggunaan algoritma perceptron saat ini dapat dibaca pada artikel-artikel (Begum, 2019; Tang, 2015, Zhu, 2014).

3. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam artikel ini berjumlah 1227 yang merupakan data suhu efektif sasaran untuk berbagai kondisi suhu aktual dalam kandang, kelembapan udara dan kecepatan angin yang tersedia dalam literatur (PT. CPI, 2018). Dengan demikian, terdapat 3 variabel prediktor yaitu x_1 (kelembapan udara), x_2 (kecepatan angin), x_3 (suhu aktual kandang) dan 1 variabel respon y (suhu efektif sasaran).

Dari 1227 data yang digunakan, sebanyak 1091 (88,9%) akan digunakan sebagai data latih untuk membentuk model dan sisanya sebanyak 136 (11,1%) akan digunakan sebagai data uji.

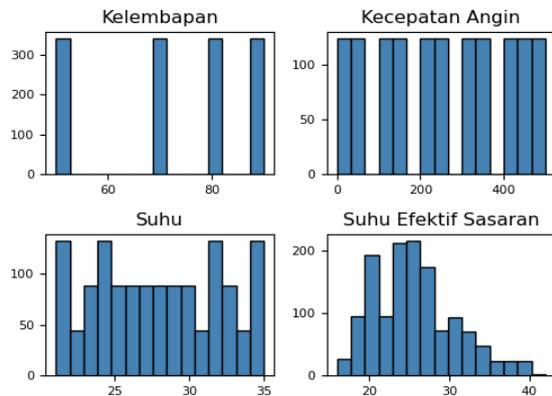
Dengan menggunakan bahasa pemrograman Python 3.7, algoritma perceptron akan diaplikasikan pada data latih untuk mencari hubungan fungsional antara variabel prediktor dengan variabel respon. Dalam tahap ini akan dicoba beberapa nilai laju pembelajaran dimulai dengan nilai yang kecil seperti 0,01. Setiap kali iterasi berhasil konvergen, nilai pembelajaran dapat dibesarkan 3 kali lipatnya sampai iterasi tidak lagi konvergen. Hal ini perlu dilakukan untuk mencegah iterasi berhenti terlalu dini yang dapat menghasilkan nilai yang belum mendekati optimal. Nilai pembelajaran terakhir sebelum iterasi menjadi tidak konvergen merupakan nilai pembelajaran yang optimal. Nilai pembelajaran ini akan menghasilkan model dengan Jumlah Kuadrat Galat (JKG) yang paling minimum. Model optimal yang didapat kemudian diuji dengan menggunakan data uji sehingga didapat perkiraan JKG model yang sebenarnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum pembentukan model dengan menggunakan algoritma perceptron, akan dilakukan pemrosesan data pendahuluan untuk

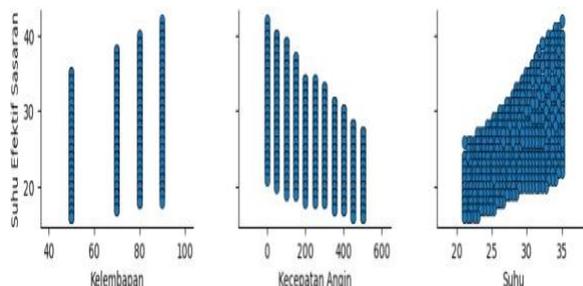
melihat deskripsi data secara umum dan hubungan antara variabel prediktor dengan variabel respon.

Tampak dalam Gambar 3, distribusi data yang digunakan dalam perhitungan ini. Dengan menggunakan suatu alat, kelembapan dalam kandang dapat diatur sehingga hanya mempunyai beberapa nilai yaitu 50%, 70%, 80% dan 90%. Kecepatan angin juga dapat dikendalikan dengan penyetelan sejumlah kipas angin sehingga bernilai 0, 50, 100, ..., 500 *feet per minutes*. Suhu aktual kandang yang diukur dengan termometer mempunyai rentang nilai 21,1°C – 35 °C. Suhu efektif sasaran sebagai variabel respon yang terjadi akibat interaksi ketiga variabel prediktor (kelembapan, kecepatan angin dan suhu aktual kandang) berdistribusi seperti dalam histogram paling kanan bawah.



Gambar 3. Histogram Data yang Digunakan

Apabila nilai-nilai variabel prediktor diplot terhadap variabel respon maka grafiknya tampak dalam Gambar 4.

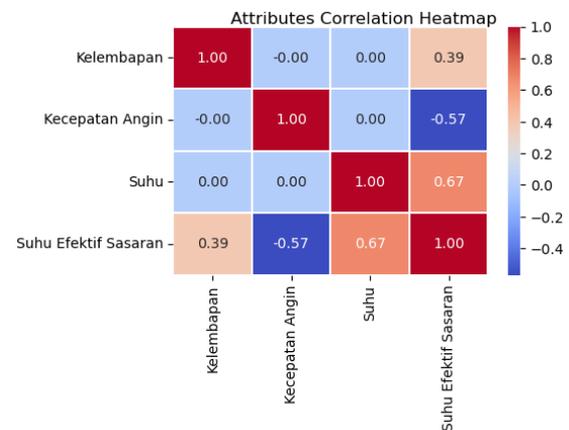


Gambar 4. Plot Hubungan Variabel Prediktor dengan Variabel Respon

Terlihat dalam Gambar 4, variabel kelembapan dan suhu berkorelasi positif dengan suhu efektif sasaran. Semakin tinggi kelembapan dan suhu,

semakin besar pula suhu efektif sasarannya. Sebaliknya variabel kecepatan angin berkorelasi secara negatif terhadap suhu efektif sasaran. Semakin besar nilai variabel kecepatan angin makin kecil nilai suhu efektif sasarannya.

Hal ini dapat diperjelas lagi dengan menghitung koefisien korelasi Pearson antar pasangan variabel seperti tampak dalam Gambar 5.



Gambar 5. Koefisien Korelasi Antar Variabel

Dari korelasi sederhana antar dua variabel seperti pada Gambar 5, dapat disimpulkan bahwa variabel suhu aktual kandang adalah variabel yang berkorelasi (secara positif) paling kuat terhadap variabel respon suhu efektif sasaran yaitu sebesar 0,67. Variabel kecepatan angin berkorelasi secara negatif terhadap suhu efektif sasaran sedangkan variabel kelembapan berkorelasi (secara positif) paling lemah. Indikator hubungan antar variabel dengan korelasi Pearson ini perlu diperkuat dengan analisis regresi yang menghadirkan variabel-variabel prediktor secara simultan dalam persamaan regresi sehingga hubungan antara sebuah variabel prediktor dengan variabel respon dikontrol oleh variabel prediktor lainnya.

Dengan banyak iterasi sejumlah 10000 dan $\alpha = 0,00001$, algoritma perceptron menghasilkan model optimal dengan nilai-nilai parameter

$$w_1 = 0,136605, w_2 = -0,018543$$

$$w_3 = 0,829319, b = -2,771324$$

dan $JKG = 1,6576$. Jadi model linier yang didapat mempunyai persamaan

$$y = (-2,771324) + 0,136605x_1 - 0,018543x_2 + 0,829319x_3$$

dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,935488$.

Hal ini menunjukkan bahwa persentase sumbangan pengaruh variabel prediktor x_1, x_2, x_3 (kelembapan, kecepatan angin, suhu)

secara serentak terhadap variabel tak bebas y (suhu efektif sasaran) sebesar 93,5488%.

Uji Koefisien Regresi secara bersama (*Uji F*) pada tingkat signifikansi 5% dengan hipotesis:

H_0 : Tidak ada pengaruh bersama antara kelembapan, kecepatan angin, dan suhu terhadap target efektif temperatur pada kandang ayam broiler

H_1 : Ada pengaruh bersama antara kelembapan, kecepatan angin, dan suhu terhadap target efektif temperatur pada kandang ayam broiler menghasilkan nilai

$F_{hitung} = 6859,506 > 2,611426 = F_{tabel}$ sehingga H_0 ditolak. Dengan kata lain kelembapan, kecepatan angin, dan suhu secara bersama-sama berpengaruh terhadap suhu efektif sasaran pada kandang ayam broiler.

Lebih lanjut, apabila model linier optimal yang dihasilkan ini digunakan untuk memprediksi variabel respon dari data uji maka diperoleh $JKG = 1,7184$. Selisih yang tidak terlalu jauh antara JKG data latih dan JKG data uji mengindikasikan bahwa model yang didapat cukup baik dan tidak terjadi *overfitting*.

Untuk membandingkan tingkat kepentingan relatif antar variabel bebas dalam menjelaskan fluktuasi variabel respon, digunakan nilai koefisien regresi terstandarisasi. Koefisien regresi terstandarisasi diperoleh dengan terlebih dahulu melakukan standarisasi variabel tak bebas dan variabel bebas dengan cara mengurangi setiap nilai pengamatan variabel dengan rata-ratanya dan dibagi dengan standar deviasinya. Dengan transformasi standar ini akan diperoleh variabel baru yang terbebas dari satuan pengukuran yang berbeda-beda antar variabel. Selanjutnya variabel tak bebas terstandarisasi diregresikan dengan semua variabel bebas terstandarisasi untuk memperoleh koefisien regresi terstandarisasi sebagaimana yang dimaksud. Berdasarkan perhitungan diperoleh, koefisien regresi untuk masing-masing variabel bebas kelembapan (x_1), kecepatan angin (x_2) dan suhu (x_3) berturut-turut adalah 0.393, -0.574, dan 0.673. Suhu menjadi faktor terpenting, disusul kecepatan angin, dan terakhir kelembapan dengan nilai perbandingan kepentingan sesuai dengan besarnya nilai mutlak koefisien regresi tersebut.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa algoritma perceptron dapat digunakan untuk memodelkan hubungan fungsional antara variabel kelembapan udara, kecepatan angin, suhu aktual kandang dengan suhu efektif sasaran dengan baik. Hal ini ditandai dengan nilai JKG yang kecil dan hampir sama pada data latih dan juga data uji. Selain itu koefisien determinasi model yang nilainya mendekati 1 juga mengindikasikan bahwa besarnya suhu efektif sasaran memang terutama ditentukan oleh 3 faktor penting yaitu kelembapan udara, kecepatan angin dan suhu aktual kandang yang menjadi variabel prediktor dalam model ini. Suhu menjadi faktor terpenting, disusul kecepatan angin, dan terakhir kelembapan.

Walaupun demikian, nilai JKG ini masih memungkinkan untuk diperkecil dengan model perceptron yang memuat banyak lapisan tersembunyi.

DAFTAR PUSTAKA

- Begum, A. et. al. 2019. Implementation of Deep Learning Algorithm with Perceptron using TensorFlow Library. *International Conference on Communications and Signal Processing*, p. 0172-0175.
- BPS.2022. *Distribusi Perdagangan Daging Ayam Ras Indonesia*. Badan Pusat Statistik. Jakarta
- Chollet, F. 2021. *Deep learning with Python 2nd edition*. Manning, Shelter Island, NY.
- Geron, A. 2023. *Hands On Machine Learning Scikit-Learn, Keras & TensorFlow 3rd edition*. O'Reilly, Sebastopol, CA.
- Guminov, S.V. et. al. 2019. Accelerated Primal-Dual Gradient Descent with Linesearch for Convex, Nonconvex, and Nonsmooth Optimization Problems. *Dokl. Math.* **99**, p. 125–128.
- Perrotta, P. 2020. *Programming Machine Learning: From Coding to Deep Learning*. The Pragmatic Bookshelf, Raleigh, North Carolina.
- Poultry Indonesia. 2022. *Prinsip Kerja Closed House*, <https://www.poultryindonesia.com/en/prinsip-kerja-closed-house/>.

- PT CPI. 2018. *Teknik Manajemen Closed House*. Jakarta: Ancol.
- Russell, S. et. al. 2020. *Artificial Intelligence: A Modern Approach 4th edition*. Pearson Education Inc., Upper Saddle River, New Jersey.
- Tang, J. et. al. 2015. Extreme Learning Machine for Multilayer Perceptron. *IEEE transactions on neural networks and learning systems*, 27(4), p.809-821.
- Zhu, Z. et. al. 2014. Multiview Perceptron: a Deep Model for Learning Face Identity and View Representations. *Advances in Neural Information Processing Systems*, p. 217-225.