

Simulasi *Artificial Neural Network* untuk Menentukan Suhu Kritis pada Sapi Fries Holland Berdasarkan Respon Fisiologis

Suherman D¹, Purwanto BP², Manalu W³, dan Permana IG⁴

¹Jurusan Peternakan Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu, Bengkulu

²Departemen Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan, Fakultas Peternakan IPB

³Bagian Fisiologi Fakultas Kedokteran Hewan Institut Pertanian Bogor

⁴Departemen Ilmu Nutrisi Ternak, Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor

(Diterima 30 Januari 2013; disetujui 9 Maret 2013)

ABSTRACT

Suherman D, Purwanto BP, Manalu W, Permana IG. 2013. Artificial neural networks simulation to define critical temperature of Fries Holland based on physiological responses. *JITV* 18(1): 70-80.

Artificial Neural Networks (ANN) simulation for industrial engineering is used to define critical temperature of Fries Holland (FH) heifer based on physiological responses on models to predict heart rate and respiratory rate, using ambient temperature and humidity inputs. The research was conducted using six dairy cattles in Bogor and in Jakarta. The heifers were fed at 6 am and 3 pm daily. The environmental condition (Ta, Rh, THI, and Va) and physiological responses (heart rate and respiration rate) were then measured for 14 days in two months at 1 h intervals started from 5 am to 8 pm. By using this ANN simulation, the critical temperature for FH heifer were defined, from heart rate at Ta 24,5°C and Rh 78% at Bogor, and at Ta 23,5°C and Rh 88% at Jakarta, from respiratory rate at Ta 22,5°C and Rh 78% at Bogor, and at Ta 23,5°C and Rh 78% at Jakarta. The respiratory rate on FH heifer was more sensitive to stress due to Ta and Rh fluctuation than the heart rate.

Key Words: Artificial Neural Network, Critical Temperature, Heifer, Physiological Respons

ABSTRAK

Suherman D, Purwanto BP, Manalu W, Permana IG. 2013. Simulasi *artificial neural network* untuk menentukan suhu kritis pada sapi Fries Holland berdasarkan respon fisiologis. *JITV* 18(1): 70-80.

Simulasi *Artificial Neural Network* banyak digunakan di bidang teknik industri. Pada penelitian ini penerapannya dicobakan untuk bidang fisiologi lingkungan ternak. Simulasi dilakukan untuk menentukan suhu kritis pada sapi dara berdasarkan respon fisiologisnya. Model digunakan untuk memprediksi denyut jantung dan frekuensi respirasi sapi dara dengan input suhu dan kelembaban udara. Penelitian dilakukan di peternakan sapi perah di Bogor dan Jakarta menggunakan enam ekor sapi dara FH. Ternak diberi pakan dua kali sehari pada pukul 06.00 dan 15.00. Parameter cuaca yang diamati adalah (Ta, Rh, THI, dan Va), dan respon fisiologis (denyut jantung dan frekuensi respirasi). Pengamatan dilakukan setiap jam dari pukul 05.00 hingga pukul 20.00 selama 14 hari dalam kurun waktu dua bulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa simulasi ANN dapat menentukan suhu kritis dari sapi dara FH yang berbeda antara suhu dan kelembaban udara di Bogor dibandingkan di Jakarta. Sapi dara FH mengalami suhu kritis pada denyut jantung dengan Ta 24,5°C dan Rh 78% di lokasi Bogor dan Ta 23,5°C dengan Rh 88% di lokasi Jakarta. Sapi dara mengalami suhu kritis pada frekuensi respirasi pada Ta 22,5°C dan Rh 78% di lokasi Bogor dan pada Ta 23,5°C dengan Rh 78% di lokasi Jakarta. Frekuensi respirasi sapi dara FH lebih sensitif terkena cekaman akibat perubahan Ta dan Rh dibanding denyut jantung.

Kata Kunci: Artificial Neural Network, Suhu Kritis, Sapi Dara, Respon Fisiologis

PENDAHULUAN

Sapi perah dapat hidup dengan nyaman dan berproduksi secara optimum bila faktor-faktor internal dan eksternal berada dalam batasan-batasan normal sesuai dengan kebutuhan hidupnya. Suhu lingkungan merupakan salah satu faktor eksternal yang dapat mempengaruhi kenyamanan dan produktivitas sapi perah. Peningkatan performa sapi perah agar sesuai dengan kondisi lingkungan yang mencekam dapat

dilakukan dengan manajemen suhu lingkungan yang tepat, sehingga diharapkan dapat menjadi solusi dalam mengatasi cekaman panas pada tubuh ternak (Nardone et al. 2010).

Pada daerah pengembangan sapi perah FH di daerah tropis, suhu lingkungan siang hari mencapai 29°C selama lebih dari 6 jam. Sapi perah tersebut mengalami cekaman panas berkelanjutan sehingga produksi maksimal tidak tercapai. Dalam keadaan cekaman panas pada suhu kritis diperlukan energi tambahan

untuk meningkatkan pembuangan panas melalui penguapan kulit dan pernapasan, dan hal ini dapat menyebabkan produksi menurun.

Kombinasi suhu dan kelembaban udara merupakan faktor-faktor penentu dalam menentukan suhu kritis pada sapi perah. Suhu lingkungan ideal bagi sapi perah FH di daerah subtropis berkisar antara 4,4-21,1°C, dan suhu kritis 27°C. Hasil penelitian Sudono et al. (2003) di daerah tropis memperlihatkan produksi tidak berbeda dengan di daerah subtropis, apabila suhu lingkungan sekitar 18,3°C dan kelembaban udara sekitar 55%, serta penampilan produksi masih cukup baik bila suhu lingkungan meningkat sampai 21,1°C, dan suhu kritis sekitar 27°C memperlihatkan penampilan produksi semakin menurun.

Beberapa upaya dilakukan peternak dan pakar lingkungan peternakan untuk mengurangi cekaman panas pada sapi perah dengan memberikan naungan dalam bentuk kandang, pemberian kipas angin, pemberian *shelter* di sekitar kandang, waktu dan kualitas pemberian pakan, dan pemberian minum dengan air dingin. Upaya ini belum dapat menjawab seberapa besar dapat mereduksi cekaman panas sapi perah akibat suhu dan kelembaban udara baik berasal dari lingkungan maupun dalam kandang tanpa adanya pengukuran perubahan suhu dan kelembaban udara terhadap respon fisiologis dan korelasinya, agar besaran cekaman panas yang diterima ternak dapat diketahuinya. Korelasi suhu dan kelembaban udara dengan respon fisiologis ternak akan membentuk suatu formula yang diharapkan dapat memprediksi kondisi respon fisiologis pada suatu keadaan suhu dan kelembaban udara tertentu.

Pemecahan analisis dan pola hubungan antara kondisi lingkungan dengan respon fisiologis ternak biasanya dilakukan dengan analisis metode regresi, namun metode regresi mempunyai kelemahan tidak adanya umpan balik. Untuk mengatasi kelemahan analisis tersebut, untuk pertama kalinya dalam bidang fisiologi lingkungan ternak dicoba penggunaan *Artificial Neural Network* (ANN) atau Jaringan Syaraf Tiruan (JST) yang dapat memberikan umpan balik. Metode ANN lebih akurat dibandingkan metode regresi, karena memperhatikan aspek umpan balik sehingga perhitungannya dilakukan secara berulang (iterasi).

ANN merupakan jaringan dari sekelompok unit pemrosesan kecil yang dimodelkan berdasarkan jaringan syaraf manusia, sistem adaptif yang dapat mengubah strukturnya untuk memecahkan masalah berdasarkan informasi baik eksternal maupun internal yang mengalir melalui jaringan. Salah satu sistem pemrosesan informasi yang didesain dengan menirukan cara kerja otak manusia dalam menyelesaikan suatu masalah dengan melakukan proses belajar melalui perubahan bobot sinapsisnya. ANN

mampu melakukan pengenalan kegiatan berbasis data masa lalu yang akan dipelajari oleh jaringan syaraf tiruan, sehingga mempunyai kemampuan untuk memberikan keputusan terhadap data yang belum pernah dipelajari. Analisis ANN pertama kali dicoba dan dipelajari penerapannya di bidang fisiologi lingkungan ternak, yaitu untuk menentukan suhu kritis pada sapi dara FH berdasarkan respon fisiologis.

Teori lahirnya sistem jaringan syaraf tiruan muncul terutama dari disiplin ilmu teknik, *neuro science*, komputer, matematika, fisika, dan psikologi. Disiplin ilmu-ilmu tersebut bekerja bersama untuk satu tujuan yaitu pengembangan sistem kecerdasan (Kusumadewi 2003). Jaringan Syaraf Tiruan merupakan suatu metode komputasi yang meniru sistem jaringan syaraf biologis. Metode ini menggunakan elemen perhitungan tidak linier dasar yang disebut neuron dan diorganisasikan sebagai jaringan saling berhubungan sehingga mirip dengan jaringan syaraf manusia. Jaringan Syaraf Tiruan dibentuk untuk memecahkan suatu masalah tertentu seperti pengenalan pola atau klasifikasi karena proses pembelajaran (Eliyani 2005).

Penentuan formula suhu kritis dari korelasi suhu dan kelembaban udara dengan respon fisiologis sapi perah FH dicoba menggunakan ANN. ANN memiliki kemampuan dalam memprediksi data yang akan datang dengan pola data yang sudah ada sebelumnya, melalui proses *training* data dengan iterasi tertentu, sampai menghasilkan tingkat error yang diinginkan. Data respon fisiologis ternak berupa frekuensi respirasi dan denyut jantung pada suhu dan kelembaban udara tertentu akan dijadikan *input* dalam ANN, dan *output*-nya berupa frekuensi respirasi dan denyut jantung sapi perah FH pada berbagai suhu dan kelembaban udara yang diinginkan. Hasil prediksi dari simulasi menggunakan ANN diharapkan dapat digunakan untuk menentukan suhu kritis ternak dan cekaman panas berdasarkan respon fisiologis pada sapi dara Fries Holland di dua daerah dengan lingkungan dataran berbeda.

MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan pada peternakan sapi perah rakyat di Kebon Pedes Bogor sebagai daerah dataran sedang (400-600 dpl) dan di Pondok Rangan Jakarta Timur sebagai daerah dataran rendah (200-400 dpl). Lama penelitian di masing-masing lokasi adalah satu bulan dari bulan Januari 2011 hingga Februari 2011.

Enam ekor sapi dara FH menempati tiap petak kandang, dan diberi pakan pada pagi hari pukul 06.00 dan sore hari pukul 15.00. Jumlah pakan yang diberikan adalah berkisar antara 15-20 kg/ekor/hari rumput dan konsentrat berkisar antara 3-4 kg/ekor/hari, dengan rasio rumput dan konsentrat antara 60-70% : 40-30%. Selama pengamatan sapi tidak dimandikan.

Parameter faktor iklim yang diukur meliputi suhu udara (T_a), kelembaban udara (R_h), *Temperature Humidity Indeks* (THI), dan kecepatan angin (V_a). Sedangkan respon fisiologis yang diukur adalah denyut jantung (Hr) dan frekuensi pernafasan (Rr). Pencatatan faktor iklim dan respon fisiologis ternak dilakukan setiap hari mulai pukul 05.00 hingga pukul 20.00 dengan interval satu jam. Faktor iklim dicatat selama dua bulan, dan respon fisiologis ternak dalam kurun waktu dua bulan dicatat selama 14 hari.

Suhu udara dan kelembaban udara kandang diukur dengan termometer bola basah dan bola kering (*dry-wet*, Sanghai). Indeks suhu kelembaban (THI) dihitung menggunakan rumus Hahn (1999), yaitu: $THI = DBT + 0.36 WBT + 41.2$, $DBT =$ suhu bola kering ($^{\circ}C$) dan $WBT =$ suhu bola basah ($^{\circ}C$). Kecepatan angin diukur menggunakan anemometer digital yang diletakkan didalam kandang. Anemometer merekam data setiap 15 menit kemudian dibaca kecepatan rata-ratanya.

Denyut jantung (Hr) diukur dengan menempelkan stetoskop di dekat tulang axilla sebelah kiri (dada sebelah kiri) selama satu menit. Frekuensi respirasi (Rr), diukur setelah pengukuran denyut jantung dengan cara menempelkan stetoskop di dada untuk menghitung inspirasi dan ekspirasi respirasi selama satu menit.

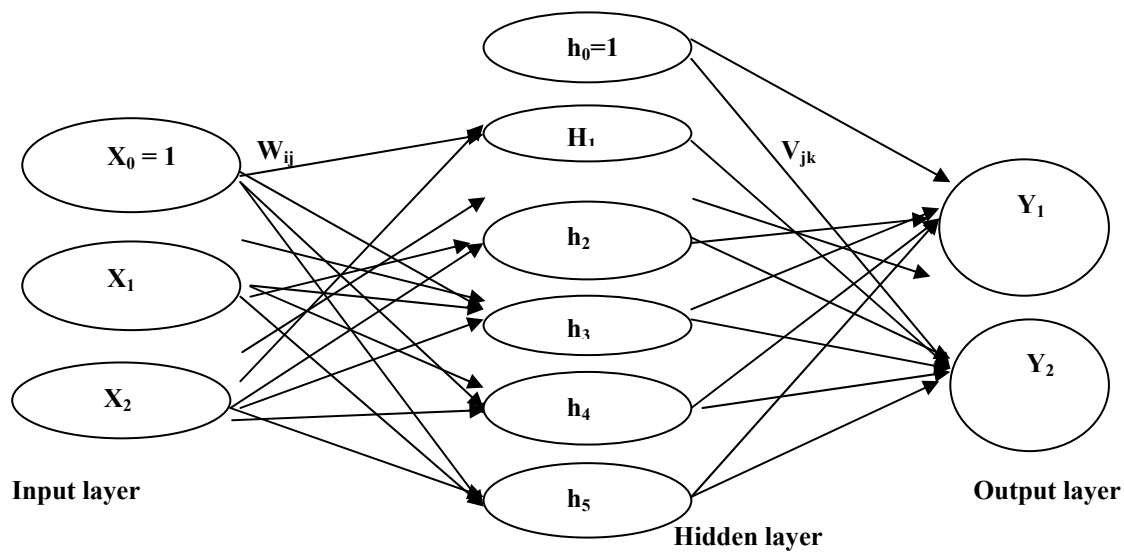
Data iklim mikro dan respon fisiologis ternak dianalisis untuk mendapatkan nilai rata-rata dan standar deviasi. Penentuan suhu kritis berdasarkan respon fisiologis disimulasikan dengan menggunakan analisis ANN, mengikuti model dan persamaan (Stergiou dan Siganos 2006).

Algoritman back propagation membagi proses belajar ANN menjadi empat tahapan utama yang dilakukan secara *iterative* sehingga jaringan menghasilkan perilaku yang diinginkan. Tahapan aktivasi jaringan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Inisiasi; pada tahap inisiasi, dilakukan pengkodean dan normalisasi data input (x_i) dan target t_k menjadi nilai dengan kisaran (0..1), kemudian memberikan nilai pada w_{ij} dan v_{jk} secara random dengan kisaran (-1 sampai 1).
2. Perambatan maju (*feed forwards step*); yaitu melakukan *training* pada x_i dan t_k kemudian menghitung besarnya h_j dan y_k .

$$h_j = \frac{1}{1 + e^{-\sum w_{ij} x_i}}$$

$$y_k = \frac{1}{1 + e^{-\sum v_{jk} h_j}}$$



- X : Masukan/input (x_1 dan x_2), $x_1 =$ suhu udara dan $x_2 =$ kelembaban udara $x_0 =$ bias pada masukan /input
- W_{ij} : Bobot pada lapisan tersembunyi
- V_{jk} : Bobot pada keluaran
- H : Jumlah unit pengolah pada lapisan tersembunyi (h_1, \dots, h_5), $h_0 =$ bias pada lapisan tersembunyi
- Y : Keluaran hasil
- y_1 : Frekuensi respirasi
- y_2 : Denyut jantung

Gambar 1. Skema arsitektur ANN metode propagasi balik pemodelan suhu kritis berdasarkan frekuensi respirasi (Rr) dan denyut jantung (Hr) sapi dara PFH pada suhu dan kelembaban udara berbeda

3. Perambatan mundur (*backward step*); menentukan nilai w_{ij} dan v_{jk} , menghitung error pada output layer, menentukan δ_k , v_{jk} , t_j dan w_{ij}

$$\delta_k = y_k (1 - t_k)(t_k - y_k)$$

$$v_{jk} = v_{jk} + \beta \delta_k \cdot h_j$$

$$t_j = h_j (1 - h_j) \sum_k \delta_k \cdot v_{jk}$$

$$w_{ij} = w_{ij} + \beta t_j \cdot x_i$$

Keterangan:

β adalah *constant of learning rate* (misal: $\beta = 0,5$).

4. Menentukan eror atau galat acuan dengan cara jumlah kuadrat dari selisih *output* yang diharapkan dengan *output* aktual melalui rumus sebagai berikut:

$$E = 0,5 \sum_{k=1}^N (Y_k - t_k)^2 < \xi$$

Keterangan:

t_k = vektor nilai *output* yang diharapkan

y_k = vektor nilai *output* aktual

N = banyaknya jumlah data dalam *training*

ξ = besar galat yang diharapkan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi lingkungan iklim mikro daerah penelitian

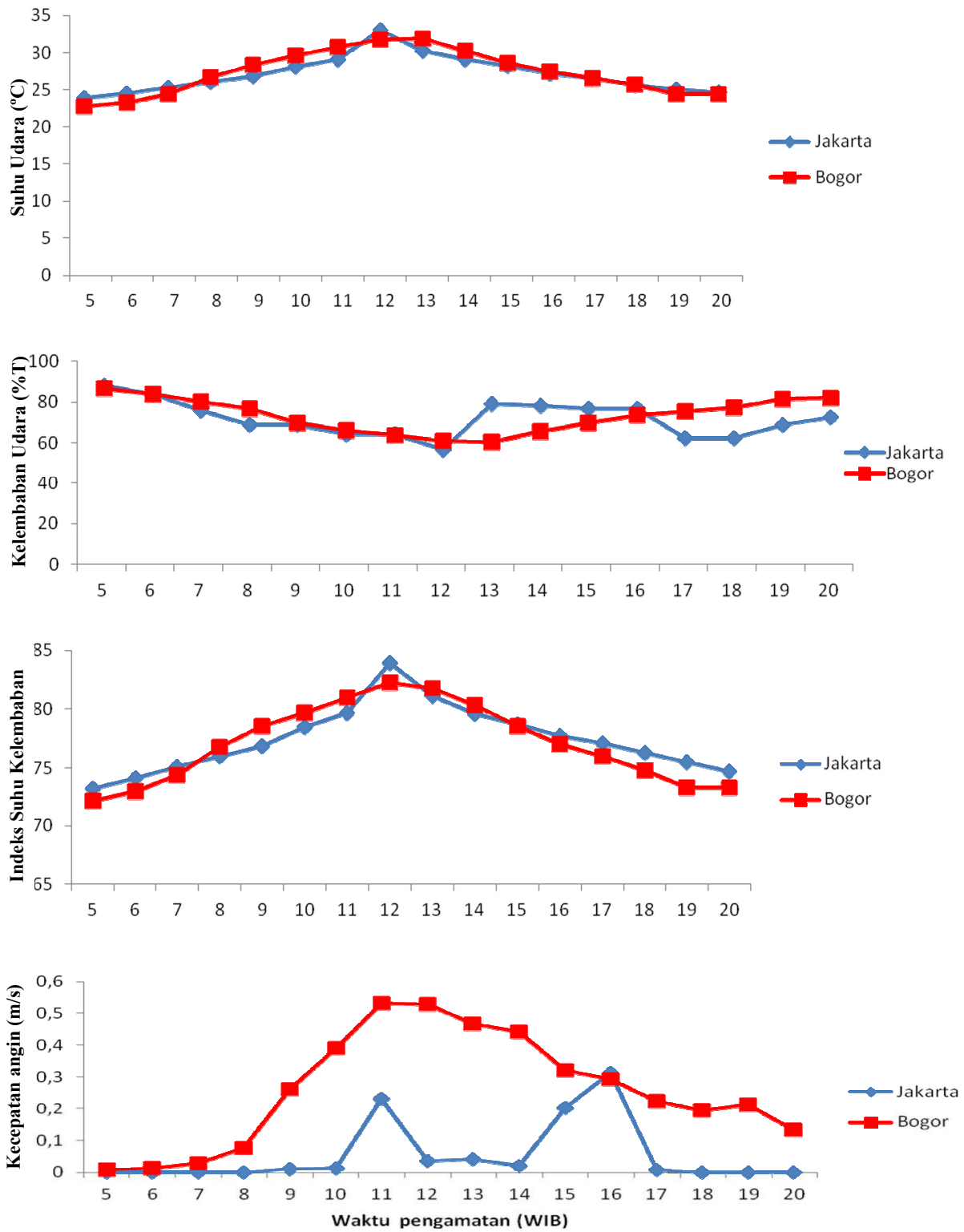
Hasil pengamatan selama penelitian berlangsung dari pukul 05.00 hingga pukul 20.00, kondisi lingkungan iklim mikro di lokasi Bogor dan Jakarta, berturut-turut memiliki kisaran suhu udara antara 22,79-32°C dan 23,96-33,11°C, kelembaban udara antara 60,14-86,64% dan 56,57-88,00%, nilai THI antara 72,23-82,32 dan 73,26-84,05, dan kecepatan angin antara 0,01-0,53 m/detik dan 0-0,4 m/detik (Gambar 2). Nilai suhu dan kelembaban udara tersebut menunjukkan kondisi lingkungan ternak memberikan cekaman pada sapi dara FH. Kisaran zona termonetral ternak berada pada suhu udara antara 5-25°C (Jones dan Stallings 1999), suhu udara antara 13-25°C dan kelembaban udara antara 50-60% (McNeilly 2001).

Kondisi pada pagi hari (pukul 05.00-09.00) hampir sama dengan sore hari (pukul 16.00-20.00), baik di daerah Bogor maupun Jakarta (Gambar 2). Suhu udara pagi hari sesuai untuk sapi dara FH, namun kelembaban udara kurang sesuai, karena berada di atas kisaran normal. Suhu udara pada sore hari menurun, namun kelembaban udara meningkat dan menyebabkan cekaman pada ternak. Nilai rataan THI sore hari sebesar 75 di daerah Bogor dan sebesar 76 di daerah Jakarta. Sementara itu, kecepatan angin pada sore hari belum cukup untuk mengurangi beban panas tubuh ternak. Bohmanova et al. (2007) menyatakan bahwa

kelembaban udara merupakan faktor penghambat proses stres panas pada iklim kering.

Pada siang hari (pukul 10.00-15.00), suhu udara dan THI meningkat hingga pukul 13.00 di daerah Bogor dan di Jakarta hingga pukul 12.00, sebaliknya kelembaban udara menurun, akan tetapi kelembaban udara tersebut tetap pada nilai memberikan cekaman panas, baik di daerah Bogor maupun Jakarta. Nilai rataan THI tertinggi di daerah Bogor sebesar 82,32 pada pukul 12.00 dan di daerah Jakarta pada pukul 13.00 sebesar 84,05. Perbedaan nilai rataan THI tersebut, karena suhu udara tertinggi di daerah Bogor pada pukul 13.00 sebesar 32°C dan kelembaban udara terendah sebesar 60,14%, sedangkan suhu tertinggi di daerah Jakarta pada pukul 12.00 sebesar 33,11°C dan kelembaban udara terendah sebesar 56,57%. Berdasarkan klasifikasi Pennington dan Vandevender (2004) nilai THI di daerah Bogor dan Jakarta tersebut menunjukkan terjadi cekaman panas sedang pada ternak. Cekaman panas sedang ditandai dengan terjadinya pelepasan panas tubuh sebanyak 50% melalui proses respirasi (Berman 2005). Pada kondisi iklim mikro tersebut, harus diperhatikan peternak di Indonesia melalui perbaikan manajemen pakan dan sirkulasi kandang (Velasco et al. 2002). Peningkatan pemahaman efek lingkungan iklim mikro pada siang hari menuntut peternak untuk memaksimalkan efek positif dan negatifnya (Collier et al. 2006).

Pagi menuju siang hari, kecepatan angin meningkat seiring meningkatnya suhu udara dan radiasi matahari, tetapi peningkatan kecepatan angin belum banyak berpengaruh pada penurunan cekaman panas tubuh ternak, sebaliknya sore hari kecepatan angin semakin menurun di daerah Bogor dan Jakarta (Gambar 2). Rataan kecepatan angin tertinggi di daerah Bogor pada pukul 11.00 siang sebesar 0,53 m/detik dan kecepatan angin di daerah Jakarta sebesar 0,25 m/detik, sedangkan kecepatan angin pukul 16.00 sore di daerah Jakarta tertinggi sebesar 0,4 m/detik dan begitu juga kecepatan angin di daerah Bogor sebesar 0,4 m/detik. Kecepatan angin di daerah Bogor dan Jakarta tersebut, belum cukup berfungsi untuk membantu pelepasan panas dan mereduksi beban panas tubuh ternak sapi dara FH. Rataan kecepatan angin siang hari pada kondisi udara cerah di Bogor dan Jakarta tersebut, tidak banyak berpengaruh terhadap penurunan cekaman panas pada tubuh sapi FH. Lee dan Keala (2005) menyatakan bahwa pemberian kecepatan angin 1,12-1,30 m/detik akan membantu sapi FH mengatasi cekaman panas. Angin dapat digunakan untuk membantu pelepasan panas dan mereduksi cekaman panas pada ternak (Yani dan Purwanto 2006). Selanjutnya perpindahan panas dengan konveksi dan evaporasi antara ternak dengan lingkungan dipengaruhi kecepatan angin sebesar 25%.



Gambar 2. Rataan fluktuasi suhu udara (Ta), kelembaban udara (Rh), indeks suhu kelembaban (THI) dan Kecepatan angin (Va) selama Januari-Februari 2011 di Bogor dan Jakarta

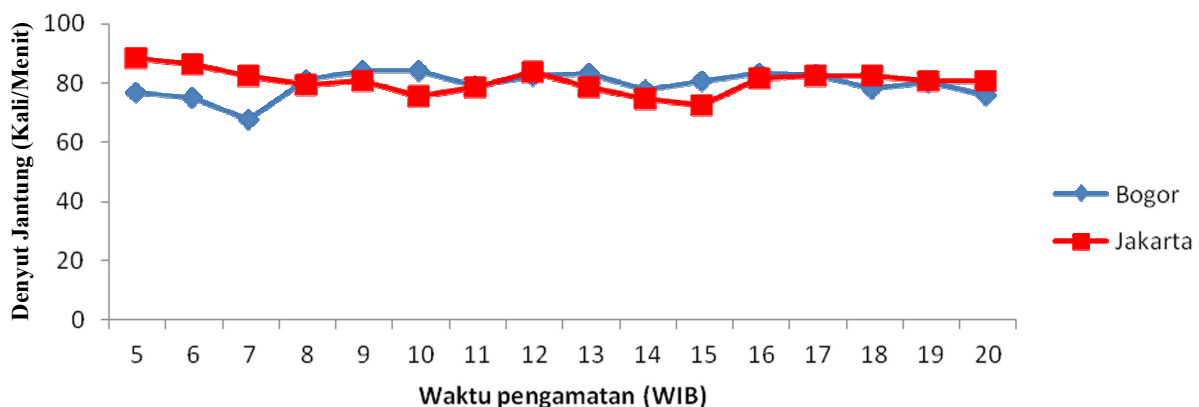
Respon fisiologis ternak

Denyut jantung harian ternak di daerah Bogor berkisar antara 67-84 kali/menit dan denyut jantung ternak di daerah Jakarta berkisar antara 72-88 kali/menit. Kisaran denyut jantung normal untuk sapi perah antara 50-80 kali/menit (Kelly 1984). Pada pagi hari, peningkatan denyut jantung terjadi satu jam setelah ternak makan untuk daerah Bogor, tetapi denyut jantung ternak di daerah Jakarta relatif konstan, karena peningkatan suhu udara, kelembaban udara, dan THI di daerah Jakarta lebih rendah dibandingkan dengan Bogor. Mekanisme peningkatan denyut jantung yaitu terjadi peningkatan suhu darah yang secara langsung mempengaruhi jantung dan juga adanya pengaruh penurunan tekanan darah yang berasal dari vasodilatasi perifer (Nikkhah et al. 2008). Selanjutnya waktu pemberian pakan memberikan efek yang berbeda terhadap kesesuaian nutrisi bagian perifer.

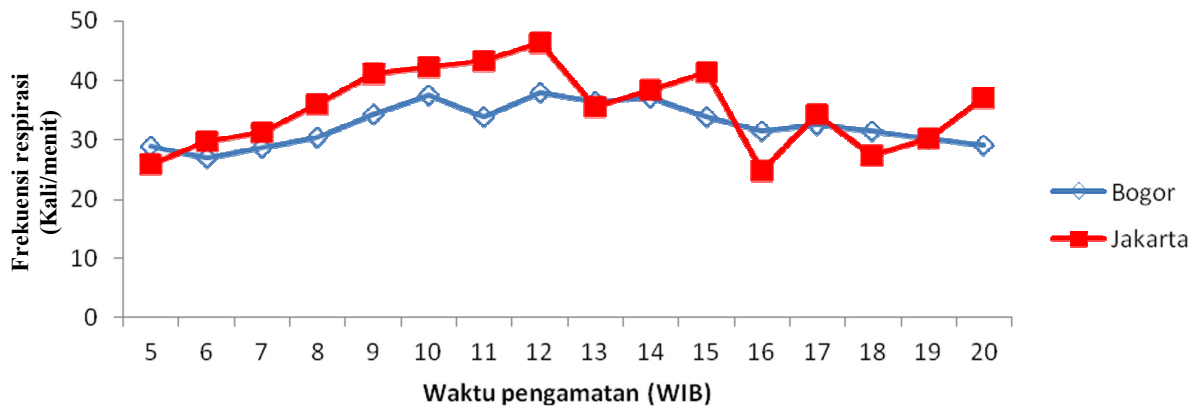
Denyut jantung ternak pada puncak cekaman cuaca panas pukul 12.00 di daerah Bogor sebesar 82 kali/menit dan denyut jantung ternak di daerah Jakarta sebesar 83 kali/menit (Gambar 3). Terjadinya perbedaan rata-rata denyut jantung di daerah Bogor dan Jakarta pada pukul 12.00 tersebut, karena puncak cekaman cuaca panas di daerah Bogor terjadi pukul 13.00 dengan denyut jantung ternak sebesar 83 kali/menit. Puncak cekaman cuaca panas pada pukul 13.00 di daerah Bogor, yaitu suhu udara sebesar 32°C, kelembaban udara 60,14%, dan THI sebesar 81,88, sedangkan puncak cuaca panas di daerah Jakarta pada pukul 12.00, yaitu suhu udara 33,11°C, kelembaban udara 56,57%, dan THI sebesar 84,05 (Gambar 2). Pada saat ada cekaman, suhu udara sebesar 32°C dengan denyut jantung mencapai 79 kali/menit (Schutz et al. 2009). Tekanan darah dan denyut jantung berfluktuasi

secara kontiniu setiap saat di bawah beberapa mekanisme pengaturan, seperti aktivitas syaraf otonom, faktor-faktor hormonal, dan respirasi untuk menjaga homeostasis kardivaskuler (Yoshimoto 2011).

Frekuensi respirasi harian ternak di daerah Bogor berkisar antara 27-38 kali/menit dan di daerah Jakarta berkisar antara 26-46 kali/menit. Frekuensi respirasi sapi yang dipelihara pada lingkungan mikro yang nyaman berkisar antara 20-30 kali/menit (Haupt 2005). Pada pukul 12.00 siang hari, rata-rata frekuensi respirasi sapi dara FH tertinggi di daerah Bogor sebesar 38 kali/menit dan di daerah Jakarta sebesar 46 kali/menit (Gambar 4). Rataan frekuensi respirasi ternak pada pukul 12.00 siang hari tersebut, baik di daerah Bogor maupun Jakarta telah mengalami stres panas yang diakibatkan suhu dan kelembaban udara dalam kandang. Peningkatan frekuensi respirasi seiring dengan peningkatan suhu udara dan nilai THI dalam kandang. Panas cuaca lingkungan dapat meningkatkan rata-rata suhu tubuh dan frekuensi respirasi (Schutz et al. 2010). Peningkatan beban panas yang disebabkan kombinasi suhu udara, kelembaban udara, pergerakan udara, dan radiasi matahari dapat meningkatkan suhu tubuh dan frekuensi respirasi serta mengurangi konsumsi pakan dan produksi susu (Ominski et al. 2002; West 2003). Peningkatan frekuensi respirasi dapat terjadi pada ternak untuk menjaga keseimbangan panas tubuh saat mengalami cekaman panas tubuh dari hasil metabolisme pakan dan cuaca lingkungan. Salah satu aktivitas yang dapat dilakukan ternak agar suhu tubuhnya tidak terus menerus naik melalui upaya cara peningkatan laju respirasi (McNeilly 2001). Sistem respirasi pada alveolus dapat mengatur suhu udara dan kelembaban udara yang masuk agar sesuai dengan suhu tubuh.



Gambar 3. Rataan fluktuasi denyut jantung (Hr) sapi dara FH tiap jam dari pukul 05.00 hingga pukul 20.00 antara lokasi Bogor dengan Jakarta.



Gambar 4. Rataan fluktuasi frekuensi respirasi (Rr) sapi dara FH tiap jam dari pukul 05.00 hingga pukul 20.00 antara lokasi Bogor dengan Jakarta.

Rataan frekuensi respirasi sapi dara FH, sore hari pukul 17.00 pada suhu udara rendah di daerah Bogor sebesar 32 kali/menit dan di daerah Jakarta sebesar 34 kali/menit. Terjadinya peningkatan frekuensi respirasi ternak pada pukul 17.00 sore hari tersebut, baik di daerah Bogor maupun Jakarta, karena ternak diberi pakan sore hari pukul 16.00. Peningkatan frekuensi respirasi terjadi setelah ternak mulai mengkonsumsi pakan hingga empat jam berikutnya, karena tekanan darah memiliki kekuatan atau irama yang sama dengan respirasi (Yang dan Kuo 2000).

Suhu Kritis berdasarkan indikator respon fisiologis melalui simulasi Artificial Neural Network (ANN)

Penerapan ANN merupakan langkah metode pelatihan propagasi balik yang dilakukan terhadap data-data pelatihan dengan harapan kesalahan (error) terkecil. Setelah dilakukan iterasi berulang-ulang dihasilkan nilai kesalahan yang fluktuasi serta nilai kesalahan yang semakin menurun dari setiap iterasi. Nilai kesalahan yang terkecil pada output prediksi terhadap output target, baik di Bogor maupun Jakarta pada Y_{p1} (frekuensi respirasi) dan Y_{p2} (denyut jantung) yaitu setelah dilakukan iterasi sebanyak 2.100.000/100 (21.000 kali). Masing-masing di Bogor dan Jakarta diperoleh nilai eror pada frekuensi respirasi sebesar 1,177737 dan 1,667858, dan denyut jantung sebesar 1,500040 dan 1,393270. Penurunan nilai eror pada frekuensi respirasi dan denyut jantung untuk Bogor dan Jakarta selama iterasi dapat ditunjukkan pada Tabel 1.

Langkah validasi hasil ANN pada frekuensi respirasi dan denyut jantung berdasarkan suhu dan kelembaban udara, dengan cara membandingkan data frekuensi respirasi dan denyut jantung hasil perhitungan ANN dibandingkan dengan hasil penelitian.

Pelaksanaan validasi dilakukan pada kondisi suhu dan kelembaban udara yang sama antara data hasil perhitungan ANN dan hasil penelitian. Selanjutnya validasi dimulai setelah didapatkan nilai *error* terendah, kemudian dilakukan proses normalisasi kembali, yaitu normalisasi data input (x_1, x_2), data target (y_{t1}, y_{t2}) dan hasil prediksi perhitungan ANN (y_{p1}, y_{p2}).

Nilai validasi menunjukkan kecenderungan hasil perhitungan ANN mendekati hasil pengukuran penelitian dengan rata-rata nilai persentase *error* yang rendah, masing-masing untuk Bogor dan Jakarta yaitu $y_{p1} = 0,82\%$ dan $0,95\%$, dan $y_{p2} = 1,50\%$ dan $1,80\%$. Pada beberapa titik validasi terjadi perbedaan persentase *error* yang cukup besar, tetapi masih relatif dalam batasan yang rendah (% *error* < 5%). Hasil nilai tersebut dapat diartikan bahwa nilai prediksi sudah mendekati nilai aktualnya, sehingga dapat dijadikan acuan untuk suhu dan kelembaban udara dalam penentuan suhu kritis sapi dara di Bogor dan Jakarta.

Simulasi merupakan teknik penyusunan dari kondisi yang nyata dan kemudian melakukan penelitian pada model yang dibuat dari sistem. Pada simulasi ini dilakukan dengan memperhatikan suhu dan kelembaban udara sebagai penentu suhu kritis dengan respon fisiologis ternak untuk setiap kondisi mulai dari nilai minimum sampai nilai maksimum yang terukur pada penelitian. Pada simulasi dengan mengkombinasi nilai input suhu dan kelembaban udara, maka didapat variasi nilai output frekuensi respirasi dan denyut jantung di Bogor dan Jakarta. Berdasarkan hasil simulasi suhu dan kelembaban udara, maka dapat diketahui respon fisiologis sapi perah pada frekuensi respirasi dan denyut jantung, tanpa perlu mengukur langsung kepada ternaknya, tetapi cukup melihat suhu dan kelembaban udara yang terukur saat itu, kemudian disimulasikan dengan ANN.

Tabel 1. Penurunan nilai *error* berdasarkan tahapan iterasi untuk frekuensi respirasi (Y_{p1}) dan denyut jantung (Y_{p2}) di Bogor dan Jakarta

Tahap iterasi ke	Bogor		Jakarta	
	Error Y_{p1}	Error Y_{p2}	Error Y_{p1}	Error Y_{p2}
100	2,809714	2,544321	3,232707	2,099220
100.000	1,190661	1,673544	1,668305	1,465998
200.000	1,189469	1,651128	1,651557	1,410462
400.000	1,185524	1,633988	1,617578	1,395631
600.000	1,179785	1,603280	1,621372	1,393471
800.000	1,177126	1,577698	1,631273	1,393027
1.000.000	1,177008	1,556823	1,640253	1,392966
1.200.000	1,177385	1,540282	1,650627	1,393027
1.400.000	1,177685	1,527407	1,655875	1,393084
1.500.000	1,177772	1,522079	1,658115	1,393113
1.600.000	1,177820	1,517351	1,660141	1,393141
1.700.000	1,177820	1,513136	1,661980	1,393168
1.800.000	1,177835	1,509355	1,663653	1,393195
1.900.000	1,177822	1,505946	1,665180	1,393221
2.000.000	1,177788	1,502855	1,666076	1,393246
2.100.000	1,177737	1,500040	1,667858	1,393270

Hasil simulasi menggunakan ANN tertera pada Tabel 2, menunjukkan bahwa semakin meningkat suhu udara, maka semakin meningkat pula frekuensi respirasi dan denyut jantung sapi perah. Semakin meningkat kelembaban udara baik pada suhu yang sama atau pada suhu yang meningkat, akan diperoleh hasil prediksi pada frekuensi respirasi dan denyut jantung sapi yang semakin meningkat. Begitu juga, dapat diperoleh korelasi antara suhu dan kelembaban udara didalam kandang dengan tingkat stress sapi perah berdasarkan frekuensi respirasi dan denyut jantung. Frekuensi respirasi sapi pada kondisi normal dapat berlangsung 20-30 kali/menit dan pada kondisi stress dapat mencapai 10 atau 60 kali/menit (Haupt 2005). Denyut jantung sapi pada kondisi normal berkisar 50-80 kali/menit serta pada kondisi stress berat mencapai 40 atau 120 kali/menit (Radostits et al. 2005).

Berdasarkan hasil prediksi hasil simulasi ANN, perubahan suhu dan kelembaban udara sangat sensitif mempengaruhi frekuensi respirasi dan denyut jantung sapi perah. Tingkat suhu kritis berdasarkan frekuensi respirasi dan denyut jantung pada suhu dan kelembaban udara berbeda baik di Bogor maupun Jakarta dapat dilihat pada Tabel 3.

Hasil prediksi menggunakan ANN, frekuensi respirasi sapi perah lebih sensitif dipengaruhi perubahan

suhu udara dan kelembaban udara dalam kandang. Sapi perah mengalami suhu kritis pada frekuensi respirasi di daerah Bogor dan Jakarta, masing-masing pada suhu udara 22,5°C dengan kelembaban udara 78% (32 kali/menit) dan suhu udara 23,5°C dengan kelembaban udara 78% (31 kali/menit). Denyut Jantung sapi perah FH terjadi suhu kritis di daerah Bogor dan Jakarta, masing-masing pada suhu udara 24,5°C dengan kelembaban 78% (81 kali/menit) dan suhu udara 23,5°C dengan kelembaban udara 88% (89 kali/menit). Hasil analisis menggunakan ANN untuk prediksi tingkat suhu kritis sapi perah berdasarkan perubahan suhu dan kelembaban udara dalam kandang lebih tahan terhadap panas bila dibandingkan dengan persyaratan kondisi lingkungan sapi perah yang nyaman yaitu pada suhu udara 18,30-21,10°C dan RH sebesar 55% (Sudono et al. 2003). Hal tersebut menunjukkan bahwa sapi perah telah beradaptasi dengan lingkungan dan secara genetik sapi perah FH tahan terhadap kondisi yang lebih panas. Peningkatan suhu dan kelembaban udara sangat mempengaruhi frekuensi respirasi bila dibandingkan dengan perubahan denyut jantung. Pada suhu udara yang lebih rendah (22,5-23,5°C), frekuensi respirasi sapi perah lebih sensitif terkena *stress* akibat perubahan kelembaban udara dibandingkan dengan denyut jantung.

Tabel 2. Hasil simulasi ANN perkiraan frekuensi respirasi (Rr) dan denyut jantung (Hr) pada suhu dan kelembaban udara yang berbeda di Bogor dan Jakarta

Bogor				Jakarta			
Suhu udara (°C)	Kelembaban udara (%)	Frekuensi respirasi (kali/menit)	Denyut jantung (kali/menit)	Suhu udara (°C)	Kelembaban udara (%)	Frekuensi respirasi (kali/menit)	Denyut jantung (kali/menit)
23	74	32	68	24	84	29	81
23	76	30	68	24	86	29	81
23	78	29	61	24	88	30	81
26	70	32	53	26,5	76	32	81
26	72	31	55	26,5	78	31	80
26	74	30	58	26,5	80	30	80
29	70	32	62	28,5	78	28	80
29	72	31	63	28,5	80	27	80
29	74	31	63	28,5	82	26	80
31	70	32	83	30	78	30	80
31	72	32	83	30	80	28	80
31	74	32	83	30	82	27	80
32	70	33	64	33	78	38	80
32	72	32	63	33	80	37	80
32	74	31	63	33	82	36	80

Tabel 3. Suhu dan kelembaban udara pada saat sapi perah mulai mengalami suhu kritis (cekaman panas) dengan indikator frekuensi respirasi (Rr) dan denyut jantung (Hr) di Bogor dan Jakarta

Bogor			Jakarta		
Suhu Udara (°C)	Kelembaban udara (%)	Indikator cekaman panas	Suhu udara (°C)	Kelembaban udara (%)	Indikator cekaman Panas
22,50	78	Rr	23,5	78	Rr
23	74	Rr	23,5	88	Hr
24	74	Rr	24	88	Rr dan Hr
24,50	78	Hr	25	80	Rr
25	74	Rr	25,5	82	Hr
25	70	Hr	26	78	Rr
26	74	Rr	26,5	80	Hr
27	74	Rr	27	76	Rr
28	74	Rr	27	78	Hr
28	70	Hr	28	74	Rr
29	74	Rr	28,5	78	Hr
30	74	Rr	29	74	Rr
30,50	68	Hr	30	78	Rr dan Hr
31	60	Hr	31	78	Rr dan Hr
31	74	Rr	32	82	Rr
32	74	Rr	33	78	Hr
32	60	Hr	33	88	Rr

Suhu kritis pada sapi dara FH terjadi apabila suhu lingkungan berubah menjadi lebih tinggi di atas zona termoneutral. Pada kondisi tersebut, toleransi ternak terhadap lingkungan menjadi rendah atau menurun, sehingga ternak mengalami cekaman panas. Efek cekaman panas akan berpengaruh terhadap pertumbuhan, reproduksi, masa laktasi, produksi, dan hormonal (Bond dan McDowell, 1972).

Pemecahan untuk mengatasi suhu kritis pada ternak dengan cara menurunkan suhu udara di sekitar sapi dara FH, melalui modifikasi lingkungan mikro dalam kandang. Hal tersebut bisa ditempuh dengan cara pemberian naungan dalam bentuk kandang, pemilihan bahan atap, tinggi atap, alas bahan lantai kandang, pendinginan udara, pendinginan melalui penguapan, dan kipas angin. Selain itu dapat diterapkan manajemen pakan melalui manajemen waktu pemberian pakan dan pemberian kualitas nutrisi.

KESIMPULAN

Model penerapan Artificial Neural Network (ANN) dapat digunakan untuk memprediksi frekuensi respirasi dan denyut jantung sapi dara Fries Holland dengan input suhu dan kelembaban udara sebagai penentu suhu kritis. Sapi dara FH mengalami suhu kritis di daerah Bogor pada suhu udara 22,5°C dengan kelembaban udara 78% dan di daerah Jakarta pada suhu udara 23,5°C dengan kelembaban udara 78%, yang dicirikan dengan meningkatnya frekuensi respirasi. Sapi dara FH mengalami suhu kritis di daerah Bogor pada suhu udara 24,5°C dengan kelembaban udara 78% dan di daerah Jakarta pada suhu udara 23,5°C dengan kelembaban udara 88%, yang dicirikan meningkatnya denyut jantung. Frekuensi respirasi sapi dara FH lebih sensitif terkena cekaman akibat perubahan suhu dan kelembaban udara dibandingkan dengan denyut jantung.

DAFTAR PUSTAKA

- Berman A. 2005. Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows. *J Anim Sci.* 83:1377-1384.
- Bohmanova J, Misztal I, Cole JB. 2007. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *J Dairy Sci* 90:1947-1956.
- Bond J, McDowell RE. 1972. Reproductive performance and physiological responses of beef females as affected by a prolonged high environmental temperature. *J Anim Sci.* 35:320-329.
- Collier RJ, Dahl GR, Vanbaale MJ. 2006. Mayor advances associated with environmental effect on dairy cattle. *J Dairy Sci.* 89:1244-1253.
- Eliyani. 2005. Pengantar jaringan syaraf tiruan. [http://trirezqiantoro.Wordpres.com/2007/05/jaringan syaraf tiruan](http://trirezqiantoro.Wordpres.com/2007/05/jaringan_syaraf_tiruan). [8 November 2011].
- Hahn GL. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J Anim Sci.* 77:10-20.
- Houpt KA. 2005. Domestic animal behavior for veterinarians and animal scientists. Philadelphia (USA): Elsevier.
- Jones GM, Stallings CC. 1999. Reducing heat stress for dairy cattle. Virginia Cooperative Extension. Publication Number 404-420. <http://www.edu/index.html>. [21 Oktober 2005].
- Kelly WR. 1984. Veterinary clinical diagnosis. London: Bailliere Tindall.
- Kusumadewi S. 2003. Artificial intelligence: Teknik dan aplikasinya. Yogyakarta (Indones): Graha Ilmu.
- Lee CN, Keala N. 2005. Evaluation of cooling system to improve lactating Holstein cows comfort in the sub-tropics. *J Anim Sci.* 82:128-136.
- McNeilly AS. 2001. Reproduction, fertility, and development. CSIRO Publishing 13:583-590.
- Nardone A, Kadzere CT, Maltz E. 2010. Effects of climate change on animal production and sustainability of livestock systems. *Livest. Prod Sci.* 130:57-69.
- Nikkhah EN, Schirmann K, Stewart M. 2008. Effect of feed delivery time on feed intake, milk production, and blood metabolites of dairy cows. *J Dairy Sci.* 9:4249-4260.
- Ominski KH, Kennedy AD, Wittenberg KM, Moshtaghi-Nia SA. 2002. Physiological and production responses to feeding schedule in lactating dairy cows exposed to short-term, moderate heat stress. *J Dairy Sci.* 85:730-737.
- Pennington JA, Vandevender K. 2004. Heat Stress in Dairy Cattle. [http://www.uaex.edu/other areas/publication/html](http://www.uaex.edu/other_areas/publication/html) [19 Mei 2004].
- Radostits OM, Gay CC, Arundel JH. 2005. *Veterinary Medicine: A Textbook of The Diseases of Cattle, Sheep, Pigs and Horse.* Blackwell Publishing Profesional, Iowa, USA.
- Santoso AB, Sudono A, Purwanto BP, Manalu W. 2003. Pengaruh lingkungan mikro terhadap respons fisiologi sapi dara peranakan Fries Holland. *Forum Pascasarjana.* 26:277-288.
- Schutz KE, Rogers AR, Cox NR, Tucker CB. 2009. Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: shade use, behavior, and body temperature. *Appl Anim Behav Sci.* 116:28-34.
- Schutz KE, Rogers AR, Cox NR, Tucker CB. 2010. The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle. *J Dairy Sci.* 93:125-133.
- Stergiou C, Siganos D. 2006. Neural Networks. http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol4/cs11/report.html [26 Juni 2010].

- Sudono A, Rosdiana RF, Setiawan BS. 2003. *Beternak Sapi Perah Secara Intensif*. Cetakan ke-2. AgroMedia Pustaka, Bogor.
- Velasco NB, Arguzon JA, Briones JI. 2002. Reducing heat stress in dairy cattle: Philippines. In: *International Training on Strategies for Reducing Heat Stress in Dairy Cattle*. Tainan, Taiwan (ROC): August 26-31, 2002. Taiwan Livestock Research Institute (TLRI-COA).
- West JW. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J Dairy Sci.* 86:2131-2141.
- Yani A, Purwanto BP. 2006. Pengaruh iklim mikro terhadap respon fisiologis sapi peranakan Fries Holland dan modifikasi lingkungan untuk meningkatkan produktifitasnya. *Med Petern.* 29:35-46.
- Yang CC, Kuo TB. 2000. Impact of pulse pressure on the respiratory-related arterial pressure variability and its autonomic in the rat. *Pflugers Arch.* 439:772-780.
- Yoshimoto T. 2011. Frequency components of systolic blood pressure variability reflect vasomotor and cardiac sympathetic functions in conscious rat. *J Physiol Sci.* 61:373-383.