

---

**DAMPAK CEKAMAN PANAS TERHADAP PERTAMBAHAN  
BOBOT BADAN, RASIO HETEROFIL:LIMFOSIT DAN  
SUHU TUBUH AYAM BROILER**

*Effect of Heat Stress on Body Weight Gain, Heterophile-Lymphocyte Ratio  
and Body Temperature in Broiler*

**Sugito<sup>1</sup> dan Mira Delima<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Syiah Kuala

<sup>2</sup>Jurusan Peternakan Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala

e-mail: sugitofkhunsyiah@yahoo.co.id

**ABSTRAK**

Peningkatan temperatur lingkungan di dalam kandang dapat menyebabkan stres panas pada ayam broiler. Telah dilakukan penelitian untuk mengetahui dampak stres panas terhadap pertambahan bobot badan, rasio heterofil:limfosit, dan suhu tubuh ayam broiler. Dalam penelitian ini digunakan 20 ayam broiler strain Cobb berumur 20 hari yang dibagi secara acak ke dalam 2 kelompok perlakuan. Perlakuan pertama merupakan ayam kontrol tanpa diberi stres panas. Perlakuan kedua adalah ayam diberi perlakuan stres panas pada suhu kandang  $33\pm 1$  °C yang diberikan selama 4 jam per hari dengan lama waktu pemberian selama 14 hari. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa stres panas menyebabkan terjadinya penurunan pertambahan bobot badan, peningkatan suhu tubuh, dan perubahan tingkah laku, tetapi tidak berdampak terhadap rasio konversi pakan dan rasio heterofil:limfosit ayam broiler. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa stres panas berdampak tidak baik terhadap performan dan kesehatan ayam broiler.

---

Kata kunci: broiler, heterofil, limfosit, stres panas, suhu tubuh

**ABSTRACT**

*Increasing in ambient temperature inside the cage could lead to heat stress in broilers. This research was conducted to find out effects of heat stress on body weight gain, heterophile-lymphocyte ratio and body temperature in chicken broiler. Twenty broilers aged 20 days (strain Cobb) were randomly divided into 2 groups. The first group was treated with no heat stress, the second one was caged in  $33\pm 1$  °C temperature for 4 hours per day for 14 days. The results indicated that heat stress reduced body weight gain, increased body temperature, and changed behavior, but no effect on feed conversion ratio (FCR) and heterophile-lymphocyte ratio. It suggested that the heat stress caused detrimental effects on broiler chicken.*

---

Keywords: broiler, heterophile, lymphocyte, heat stress, body temperature

## PENDAHULUAN

Ayam termasuk golongan hewan berdarah panas (endotermik/homeotermik) yang suhu tubuhnya diatur dalam suatu batasan yang sesuai. Secara normal, suhu tubuh ayam dewasa berkisar mulai dari 41-42 °C dengan variasi sekitar 1,5 °C (Aengwanich dan Chinrasri, 2003). Ayam dapat memproduksi secara optimum bila faktor-faktor internal dan eksternal berada dalam batasan-batasan normal yang sesuai dengan kebutuhan hidupnya. Suhu lingkungan merupakan salah satu faktor eksternal yang dapat mempengaruhi produktivitas ayam. Suhu panas pada suatu lingkungan pemeliharaan ayam telah menjadi salah satu perhatian utama karena dapat menyebabkan kerugian ekonomi akibat peningkatan angka kematian ataupun penurunan produktivitas (St-Pierre *et al.*, 2003). Keadaan suhu yang relatif tinggi pada suatu lingkungan pemeliharaan ayam menyebabkan terjadinya cekaman panas. Cekaman panas (*heat stress*) menyebabkan gangguan terhadap pertumbuhan pada ayam broiler (Mashaly *et al.*, 2004). Penurunan pertumbuhan ini terkait dengan penurunan konsumsi pakan dan peningkatan konsumsi air minum selama ayam mengalami cekaman panas (Cooper dan Washburn, 1998).

Di Indonesia, laporan kerugian ekonomi karena pengaruh cekaman panas pada industri peternakan, khususnya ternak unggas, sampai sejauh ini belum ditemukan. Akan tetapi, gambaran nyata di lapangan tentang kerugian akibat cekaman panas ini diduga relatif besar, mengingat suhu rata-rata harian di beberapa daerah di Indonesia relatif tinggi, terutama pada musim kemarau. Di beberapa wilayah NAD, seperti di daerah Aceh Besar dan

Banda Aceh keadaan suhu relatif tinggi. Suhu harian pada siang hari di musim kemarau berkisar antara 31-35 °C. Menurut Soeharsono (1977) pemeliharaan ayam broiler pada daerah/lokasi bersuhu 32 °C menyebabkan penurunan berat badan mencapai 22%. Kuczynski (2002) melaporkan bahwa pemeliharaan ayam broiler sampai umur 35 hari pada suhu di atas 31 °C yang menyebabkan penurunan bobot badan mencapai 25%, jika dibandingkan dengan pemeliharaan pada suhu 21,1-22,2 °C. Pemeliharaan ayam broiler umur 3-5 minggu pada suhu di atas 30 °C dapat menyebabkan penurunan bobot badan sebesar 15-25% (Austic, 2000). Variasi dampak stres panas pada ayam, terutama pertambahan bobot badan, sangat tergantung pada lamanya ayam mengalami cekaman panas, suhu cekaman, umur dan jenis kelamin dan *strain* ayam, serta jenis pakan yang dikonsumsi (Mitchell dan Kettlewell, 1998; Al-Fataftah dan Abu-Dieyeh, 2007). Diprediksi bahwa dampak stres panas ini di masa yang akan datang semakin besar mengingat peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi dan lautan pada dekade terakhir ini terus terjadi akibat adanya efek pemanasan global (Lendrum dan Woodruff, 2006).

Cekaman panas tidak hanya berpengaruh pada performansi tetapi juga mengganggu pembentukan sel-sel imun. Hal ini disebabkan meningkatnya pembentukan hormon-hormon stres (glukokortikoid). Hormon ini dapat menyebabkan gangguan pembentukan sel-sel imun dan gangguan pembentukan berbagai sitokin yang diperlukan untuk respons imun (Mashaly *et al.*, 2004). Cekaman panas menyebabkan terjadinya leukositosis. Hal ini disebabkan oleh peningkatan jumlah heterofil (pada jenis

unggas) atau neutrofil (pada jenis hewan mamalia). Peningkatan heterofil ini terjadi akibat adanya induksi glukokortikoid pada jalur pembentukannya dan juga pelepasan heterofil cadangan pada sumsum tulang (Blecha, 2000). Ayam broiler yang mengalami cekaman panas kronis akan mengalami penurunan jumlah limfosit dan peningkatan jumlah heterofil sehingga rasio antara heterofil dan limfosit (H:L) meningkat (Aengwanich dan Chinrasri, 2003). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dampak pertambahan bobot badan, rasio heterofil:limfosit, dan suhu tubuh ayam broiler yang diberi cekaman panas pada suhu kandang  $33\pm 1$  °C selama 4 jam per hari dalam jangka waktu perlakuan selama 15 hari.

### MATERI DAN METODE

Hewan coba yang digunakan adalah ayam broiler betina *strain* Cobb berumur 20 hari dengan berat rata-rata ayam pada hari pertama penelitian adalah  $410,0\pm 20,5$  g. Vaksinasi ND diberikan pada umur 4 dan 14 hari. Pakan yang digunakan adalah jenis pakan pedaging *starter*. Hasil analisis proksimat pada pakan tersebut menunjukkan bahwa kadar protein kasar sebesar 18,75%, lemak kasar sebesar 6,87%, serat kasar sebesar 4,72%, dan energi bruto sebesar 3945,5 kal/g.

Simulasi stres panas dilakukan dengan membuat kandang berpemanas. Kandang berpemanas yang digunakan berukuran panjang, lebar dan tinggi masing-masing adalah 4,5, 3,5 dan 3,25 m. Untuk penempatan kelompok perlakuan, di dalam kandang dibuat 10 buah kandang kecil berlantai kawat. Kandang percobaan dibuat di Kandang Percobaan Toksikologi,

Balai Besar Penelitian Veteriner (BBalitvet) Bogor. Alat pemanas (*heater*) kandang dibuat dengan menggunakan komponen kawat nikelin berdaya 1000 Watt dan kipas angin (*ventilating fan*) 400 mm. Untuk mengontrol suhu, pada pemanas dipasang termoregulator berupa termostat yang memiliki pengatur (*switch*) berskala 0-40 °C. Suhu dalam kandang berpemanas secara gradual dinaikkan mulai dari pukul 10.00 pagi dan dipertahankan stabil pada suhu  $33\pm 1$  °C selama 4 jam (kira-kira pukul 11.00-15.00 WIB) dan kelembaban berkisar antara 70 dan 80%. Untuk mengukur temperatur dan kelembaban dalam kandang dipakai termometer dan higrometer *Hygro/Thermograph Sigma II Model NS II-Q*. Untuk pemantauan temperatur dan kelembaban di luar kandang berpemanas digunakan termometer dan higrometer digital *Corona*. Keadaan suhu di dalam kandang perlakuan kontrol luar (KL) sengaja tidak dipatok pada suhu tertentu karena diharapkan akan mengikuti pola suhu dan kelembaban harian secara alami pada saat penelitian ini dilaksanakan.

### Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan sebanyak 20 ayam yang dibagi ke dalam 2 kelompok perlakuan. Perlakuan I adalah kontrol luar, yaitu yang dipelihara tanpa perlakuan cekaman panas, ayam dipelihara mengikuti suhu harian. Perlakuan II adalah perlakuan yang diberi cekaman panas pada kandang dengan suhu  $33\pm 1$  °C selama 4 jam (kira-kira pukul 11.00-15.00 WIB) dengan lama waktu pemberian 14 hari. Parameter yang diukur pada penelitian tahap I ini adalah suhu tubuh, pertambahan bobot badan (PBB), rasio konversi pakan (RKP), dan rasio heterofil: limfosit (H:L).

#### **Pengukuran suhu tubuh ayam**

Suhu tubuh ayam diukur dengan menggunakan termometer digital (*Electronic Digital Clinical Thermometer MT-B132F*) dengan kisaran pengukuran 32-43 °C dan akurasi 0,1 °C. Pengukuran dilakukan di daerah kloaka dengan memasukkan *proof* termometer sedalam 2-3 cm selama 2-3 menit pada pukul 14.00 WIB. Pelaksanaan pengukuran dilakukan pada hari ke 14 pukul 15.00 WIB.

#### **Penimbangan bobot badan**

Penimbangan bobot badan (BB) dilakukan pada pagi hari ke-15. Pertambahan bobot badan (PBB) ditentukan berdasarkan pengurangan BB akhir (pagi hari ke-15) dengan BB awal (hari pertama) penelitian. Rata-rata PBB/ayam/hari ditetapkan dengan PBB masing-masing ayam dibagi 14 hari. Nilai rasio konversi pakan (RKP) dihitung berdasarkan jumlah rata-rata pakan yang dikonsumsi dibagi PBB selama 14 hari.

#### **Pengambilan sampel darah**

Sampel darah diambil dari vena brachialis di daerah sayap sebanyak 1 ml pada pagi hari pada hari ke-15. Darah yang diambil digunakan sebagai sampel untuk penentuan jumlah heterofil dan limfosit. Heterofil dan limfosit ditentukan dengan menggunakan metode preparat ulas dengan pewarnaan Giemsa (Campbell, 1995). Penentuan jumlah heterofil dan limfosit dilakukan di Laboratorium Hematologi Bagian Toksikologi BBalitvet Bogor.

#### **Pengamatan tingkah laku**

Tingkah laku (*behaviour*) yang diamati adalah mengepak sayap dan gelisah (berupa aktivitas gerak berjalan, duduk dan berdiri silih berganti).

Pengamatan tingkah laku dilakukan sejak suhu dalam kandang berpemanas dinaikkan.

#### **Analisis Statistik**

Untuk membandingkan rata-rata dua perlakuan, dilakukan uji t sedangkan pengukuran varian datanya dilakukan dengan uji kesamaan varian (Iriawan dan Astuti, 2006). Semua data ditampilkan sebagai rata-rata±standar deviasi (SD). Perhitungan statistik dilakukan dengan menggunakan bantuan program *Minitab 14 for Windows*.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Pertambahan Bobot Badan dan Rasio Konversi Pakan**

Rataan pertumbuhan bobot badan (PBB) dan rasio konversi pakan (FRC = *feed ratio conversion*) pada ayam broiler yang tidak dan yang diberi perlakuan cekaman panas dengan suhu kandang 33±1 °C selama 4 jam per hari dalam waktu 14 hari disajikan pada Tabel 1.

Pemberian cekaman panas dengan suhu kandang 33±1 °C selama 4 jam per hari selama 14 hari sejak ayam berumur 20 hari dapat menurunkan ( $P<0,05$ ) pertambahan bobot badan ayam tetapi tidak berpengaruh ( $P>0,05$ ) terhadap rasio konversi pakan. Penurunan bobot badan ini disebabkan selama mengalami cekaman panas, ayam mengurangi pakan dan meningkatkan konsumsi air minum agar pembentukan panas endoterm tubuhnya dapat berkurang. Di sisi lain, kurangnya asupan pakan ini menyebabkan kebutuhan energi dan zat gizi lainnya untuk pertumbuhan menjadi berkurang (Al-Fataftah dan Abu-Dieyeh, 2007). Pada ayam yang dipelihara di luar

Tabel 1. Rata-rata suhu tubuh, PBB, RKP, dan rasio H:L ayam yang tidak dan diberi stres panas dengan suhu kandang  $33\pm 1$  °C selama 14 hari

Perlakuan	Parameter yang Diukur			
	PBB (g)	RKP	Suhu Tubuh (°C)	Rasio H:L
T-SP	736,0 $\pm$ 26,2 <sup>a</sup>	2,09 $\pm$ 0,28 <sup>a</sup>	41,1 $\pm$ 0,27 <sup>a</sup>	0,36 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>
SP	629,0 $\pm$ 12,0 <sup>b</sup>	3,11 $\pm$ 0,23 <sup>a</sup>	42,3 $\pm$ 0,11 <sup>b</sup>	0,68 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>

Keterangan: T-SP = Tanpa stres panas; SP = Stres panas; PBB = Pertambahan bobot badan; RKP = Rasio konversi pakan; dan H:L = Heterofil:limfosit.

kandang berpemanas, temperatur dan kelembabannya lebih rendah, sehingga penggunaan energi oleh ayam menjadi efisien, karena tidak ada energi yang dikonsumsi terbuang dalam upaya tubuh melepas panas, seperti megap-megap (*panting*) (Austic, 2000). Hal ini juga terlihat dari rasio konversi pakan pada perlakuan kontrol (tanpa diberi stres panas). Meskipun secara statistik tidak berpengaruh, tetapi rata-rata RKPnya lebih rendah dari kelompok ayam yang diberi stres panas. Menurut Cooper dan Washburn (1998) temperatur dan kelembaban yang lebih rendah ini akan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan ransum (nilai FCR yang lebih rendah), karena ayam tidak perlu lagi mengeluarkan energi untuk mengatasi cekaman panas. Tingginya nilai RKP diduga karena debit aliran darah saluran pencernaan pada ayam yang diberi stres panas akan menurun, sedangkan debit aliran darah ke permukaan tubuh seperti alat-alat respirasi bagian atas meningkat dalam usaha untuk melepaskan panas tubuh. Penurunan debit aliran darah ke saluran pencernaan akan menyebabkan penurunan aktivitas enzimatis khususnya proteinase sehingga terjadi penurunan pada nilai cerna asam amino (Hillman *et al.*, 2000).

Pada penelitian ini, pemberian stres panas dapat menyebabkan kehilangan rata-

rata bobot badan sebesar 15% jika dibandingkan dengan pertambahan bobot badan ayam pada perlakuan tanpa cekaman panas (yang tidak diberi cekaman panas). Tingkat penurunan bobot badan sebesar 15% tersebut jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan laporan peneliti lainnya. Menurut Kuczynski (2002) bahwa pemeliharaan ayam broiler sampai umur 35 hari pada suhu di atas 31 °C dapat menyebabkan penurunan bobot badan mencapai 25% jika dibandingkan dengan pemeliharaan pada suhu 21,1-22,2 °C. Diduga bahwa salah satu penyebab rendahnya selisih kehilangan BB pada penelitian ini terkait dengan relatif tingginya suhu dan kelembaban di luar kandang berpemanas, yaitu pada kisaran 28-30,7 °C dan 74-77%. Menurut Borges *et al.* (2004), pada ayam broiler berumur di atas 21 hari, keadaan suhu lingkungan yang optimum untuk pertumbuhan berkisar antara 20-25 °C dengan kelembaban relatif berkisar antara 50-70%.

#### Suhu Tubuh Ayam

Keadaan suhu inti (*core temperature*) di dalam tubuh ayam dapat diprediksi dengan mengukur suhu di kloaka. Pengukuran suhu di daerah kloaka pada ayam selalu digunakan sebagai indikator suhu inti tubuh (Cooper dan Washburn, 1998). Rata-rata hasil pengukuran suhu

harian tubuh ayam pada perlakuan yang tidak dan diberi stres panas dengan suhu kandang  $33\pm 1$  °C selama 4 jam per hari dengan lama waktu pemaparan 14 hari dapat dilihat pada Tabel 1. Keadaan rata-rata suhu dan kelembaban di luar kandang berpemanas selama penelitian antara pukul 10.00-15.00 WIB pada kisaran 28-30,7 °C dan 74-77%.

Pemaparan cekaman panas menyebabkan peningkatan suhu tubuh ayam yang sangat nyata ( $P < 0,01$ ). Peningkatan suhu tubuh ayam yang mengalami stres panas ini terkait dengan perolehan panas dari lingkungan lebih besar dibandingkan kemampuan tubuh membuang panas dari dalam tubuh ayam. Hal ini menyebabkan terganggunya keseimbangan pelepasan panas tubuh (Cooper dan Washburn, 1998). Menurut Dawson dan Whittow (2000) bila temperatur lingkungan pemeliharaan ayam berada di atas suhu 31 °C, maka pelepasan yang dilakukan oleh tubuh ayam untuk pengeluaran panas tidak cukup. Dalam keadaan hipertermia, ayam berusaha melepaskan kelebihan beban panas dalam tubuhnya dengan cara mempercepat frekuensi pernafasan (*panting*). Bouchama dan Knochel (2002) menjelaskan bahwa peningkatan suhu darah lebih dari 1 °C akan mengaktifkan reseptor panas pada perifer dan hipotalamus. Sebagai responnya, terjadi *panting* dan pada permukaan kulit terlihat pelebaran pembuluh darah (*vasodilatasi*) untuk membawa panas tubuh ke permukaan kulit. Hasil penelitian ini sejalan dengan laporan penelitian Hillman *et al.* (2000) dan Lin (2005).

#### Nilai Rasio Heterofil dan Limfosit

Pemberian cekaman panas pada suhu  $33\pm 1$  °C selama 14 hari menyebabkan peningkatan ( $P < 0,05$ ) nilai rasio heterofil dan limfosit (H:L). Peningkatan nilai rasio H:L pada ayam yang mengalami cekaman panas ini terkait dengan meningkatnya pembentukan hormon glukokortikoid. Stimulus cekaman panas akan meningkatkan sekresi glukokortikoid dalam darah. Peningkatan ini merupakan mekanisme endokrin terdepan pada hewan dalam mempertahankan keadaan bila ada cekaman (Mostl dan Palme, 2002). Keberadaan reseptor glukokortikoid pada berbagai sel-sel pembentuk sel imun akan mengganggu fungsi NF- $\kappa$ B yang mengatur gen pembentukan sitokin yang berperan dalam pengaturan produksi sel-sel imun. Perubahan ekspresi gen yang diperantarai glukokortikoid ini dapat mengganggu produksi sel-sel imunitas tubuh (Padgett dan Glaser, 2003). Karena adanya keterkaitan yang kuat antara pelepasan hormon glukokortikoid dan pembentukan sel-sel leukosit, terutama heterofil dan limfosit, pengukuran kedua parameter ini selalu digunakan sebagai indikator cekaman panas pada hewan (Boonstra, 2004). Beberapa peneliti melaporkan bahwa rasio antara heterofil dan limfosit (H:L) sudah diterima secara luas sebagai indikator fisiologis yang dapat dipercaya dan memiliki nilai yang akurat untuk melihat respon stres pada ayam. Malah beberapa peneliti mengatakan pengukuran rasio H:L lebih dapat diterima sebagai indikator adanya stres ringan maupun yang berat jika dibandingkan pengukuran kadar hormon kortikostron (Davis *et al.*, 2008).

### Pengamatan Tingkah Laku

Hasil pengamatan terhadap tingkah laku ayam selama diberi perlakuan stres panas memperlihatkan berbagai pola tingkah laku. Pola yang dapat dicatat secara deskriptif pada penelitian ini berupa mengepak sayap, gelisah, dan bernapas terengah-engah (*panting*). Sebelum mengepakkan sayap, umumnya ayam terlihat merenggangkan bulu pada sayap dan bagian tubuh lainnya. Perenggangan bulu tersebut mulai terlihat pada saat suhu mencapai 30,5 °C. Pada suhu 31,5 °C, ayam terlihat telah mengepakkan sayap. Pada suhu 32 °C, selain mengepakkan sayap, ayam juga mulai terlihat menurunkan sayapnya. Pada ayam yang diberi cekaman panas suhu 33±1 °C selama 2-4 jam, semua ayam memperlihatkan bulu pada tubuh dalam keadaan merenggang atau berdiri (pteloteirik) dan posisi sayap merenggang dan turun. Perenggangan bulu dan posisi sayap menurun ini merupakan tingkah laku ayam dalam upaya membantu pelepasan panas tubuh melalui evaporasi pada kulit. Perenggangan bulu ini memberikan ruang terbuka yang lebih luas pada kulit untuk dapat meningkatkan pelepasan panas via konduksi dan atau konveksi (Dawson dan Whittow, 2000).

Kegelisahan ayam yang paling umum terlihat pada saat kenaikan suhu dalam kandang adalah perubahan sikap atau posisi tubuh berupa aktivitas berjalan, duduk, dan berdiri silih berganti. Pada awal dinaikkan suhu dalam kandang (kira-kira antara suhu 29,0-30,0 °C), umumnya ayam mengeluarkan suara (bernyanyi) sambil menysisik bulu. Pada saat suhu di dalam kandang naik antara 30,0-31,5 °C, ayam terlihat mulai *panting* dan lebih aktif mengibas-ngibaskan sayap dan ayam mulai banyak berjalan sambil mengembangkan

sayap, duduk dan berdiri kembali pada saat suhu kandang lebih dari 31,5 °C. Pada posisi duduk, kadang-kadang ayam menjulurkan leher di lantai. Pola tingkah laku kegelisahan ini, merupakan respon ayam untuk menghadapi adanya cekaman panas dan sebagai bentuk homeostasis pengaturan suhu tubuh agar dapat bertahan hidup (Wiernusz dan Teeter, 1996). Berbagai respon cekaman tersebut adalah bagian normal aktivitas tubuh sebagai strategi terhadap perubahan keadaan lingkungannya (Downing dan Bryden, 2002). Aktivitas yang spontan ini merupakan efek kerja reseptor panas pada bagian perifer tubuh dan direspon tubuh pada hipotalamus dengan peningkatan sekresi hormon-hormon stres seperti adrenalin dan glukokortikoid (Dawson dan Whittow, 2000; Bouchama dan Knochel, 2002).

### KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dampak pemberian stres panas sejak ayam broiler umur 20 hari pada suhu 33 ± 1 °C selama 4 jam per hari dengan lama waktu 14 hari dapat menurunkan pertambahan bobot badan, meningkatkan suhu tubuh, dan tingkah laku ayam, tetapi belum berdampak terhadap nilai rasio konversi pakan dan nilai rasio heterofil:limfosit.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Ibu Dr. Tri Budi selaku Kepala Laboratorium Toksikologi Balai Besar Penelitian Veteriner Bogor yang telah

mengizinkan pemakaian kandang selama penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aengwanich, W. and O. Chinrasri. 2002. Effect of heat stress on body temperature and hematological parameters in male layers. **Thai J. Physiol. Sci.** 15:27-33.
- Al-Fataftah, A.R.A. and Z.H.M. Abu-Dieyeh. 2007. Effect of Chronic Heat Stress on Broiler Performance in Jordan. **Intern. J. Poult. Sci.** 6(1): 64-70.
- Austic, R.E. 2000. Feeding Poultry in Hot and Cold Climates. In MK Yousef, editor. **Stress Physiology in Livestock**. Vol III, Poultry. Florida: CRC Pr.
- Blecha, F. 2000. Immune System Respon to Stress. In GP Moberg dan JA Mench, editor. **The Biology of Animals Stress Basic Principles and Implications for Animals Welfare**. Wallingford CABI.
- Boonstra, R. 2004. Coping with changing northern environments: the role of the stress axis in birds and mammals. **Integr. Comp. Biol.** 44:95-108.
- Borges, S.A., F.A.V. da Silva, A. Maiorka, D.M. Hooge, and K.R. Cummings. 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.
- Bouchama, A. and J.P. Knochel. 2002. Heat Stroke. **N. Engl. J. Med.** 346:1978-1988.
- Campbell, T.W. 1995. **Avian Hematology and Cytology**. 2<sup>nd</sup> ed. Ames, Iowa State University Press.
- Cooper, M.A. and K.W. Washburn. 1998. The Relationships of Body Temperature to Weight Gain, Feed Consumption, and Feed Utilization in Broilers under Heat Stress. **Poult. Sci.** 77:237-242
- Davis, A.K., D.L. Maney, and J.C. Maerz. 2008. The use of leukocyte profiles to measure stress in vertebrates: a review for ecologists. **Functional Ecology**. 22:760-772.
- Dawson, W.R. and G.C. Whittow. 2000. Regulation of Body Temperature. In Whittow GC, editor. **Sturkie's Avian Physiology**. Ed 5<sup>th</sup>. San Diego: Academic Press.
- Downing, J.A. and W.L. Bryden. 2002. Stress, Hen Husbandry and Welfare - A literature review of stress in poultry. In **A Non-Invasive Test of Stress in Laying Hens**. Australia: Rural Industries Research and Development Corporation.
- Hillman, P.E., N.R. Scot, and A. van Tienhoven. 2000. Physiological, Responses and Adaptations to Hot and Cold Environments. In Yousef MK, editor. **Stress Physiology in Livestock**. Volume 3, Poultry. Florida: CRC Pr.
- Iriawan, N dan S.P. Astuti. 2006. **Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14**. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Kuczynski, T. 2002. The application of poultry behaviour responses on heat stress to improve heating and ventilation systems efficiency. **Electr. J. Pol. Agric. Univ.** Vol. 5 and Issue 1.



- Lendrum, D.C. and R. Woodruff. 2006. Comparative risk assessment of the burden of disease from climate change. **Environ. Health Perspect.** 114:1935-1941.
- Lin, H. 2005. Thermoregulation responses of broiler chickens to humidity at different ambient temperatures. II. Four weeks of age. **Poult. Sci.** 84:1173-1178.
- Mashaly, M.M., G.L. Hendricks, M.A. Kalama, A.E. Gehad, A.O. Abbas, and P.H. Patterson. 2004. Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. **Poult. Sci.** 83:889-894.
- Mitchell, M.A. and P.J. Kettlewell. 1998. Physiological stress and welfare of broiler chickens in transit: solutions not problems!. **Poult. Sci.** 77:1803-1814.
- Mostl, E. and R. Palme. 2002. Hormones as indicators of stress. **Dom. Anim. Endocrinol.** 23:67-74.
- Padgett, D.A. and R. Glaser. 2003. How stress influences the immune response. **Trends Immunol.** 24:444-448.
- Soeharsono. 1977. Pengaruh temperatur lingkungan terhadap kebutuhan imbalanced kalori/protein ransum broiler. Di dalam: **Seminar Pertama tentang Ilmu dan Industri Perunggasan.** Bogor, 30-31 Mei 1977. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan. hlm 1-10.
- St-Pierre, N.R., B. Cobanov, and G. Schnitkey. 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries. **J. Dairy Sci.** 86:E52-E77.
- Wiernusz, C.J. and R.G. Teeter. 1996. Acclimation effects on fed and fasted broiler thermobalance during thermoneutral and high ambient temperature exposure. **Brit. Poult. Sci.** 37:677-687.