

**GAMBARAN DARAH (SEL DARAH MERAH, HEMOGLOBIN, DAN
PCV) PADA AYAM KAMPUNG JANTAN DENGAN PEMBERIAN
KOMBINASI VITAMIN E, SELENIUM, DAN ZINC
MELALUI AIR MINUM**

(Skripsi)

Oleh

**CICI HARDIYANTI
1814141007**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

GAMBARAN DARAH (SEL DARAH MERAH, HEMOGLOBIN, DAN PCV) PADA AYAM KAMPUNG JANTAN DENGAN PEMBERIAN KOMBINASI VITAMIN E, SELENIUM, DAN ZINC MELALUI AIR MINUM

Oleh

Cici Hardiyanti

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui gambaran darah (sel darah merah, hemoglobin, dan *picked cell volume* (PCV)) pada ayam kampung jantan dengan pemberian kombinasi vitamin E, selenium, dan *zinc*. Penelitian dilaksanakan pada Januari-Maret 2022 di unit kandang Laboratorium Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Pemeriksaan sampel darah dilakukan di Laboratorium Patologi Klinik, Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Gadjah Mada. Penelitian eksperimental menggunakan 4 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan yang diberikan melalui air minum dengan P0; (kontrol), P1; 0,015 g/kg BB (vitamin E 0,6 IU, selenium 0,06 mg, dan *zinc* 2,4 mg), P2; 0,03 g/kg BB (vitamin E 1,2 IU, selenium 0,012 mg, dan *zinc* 4,8 mg), P3; 0,06 g/kg BB (vitamin E 2,4 IU, selenium 0,024 mg, dan *zinc* 9,6 mg). Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian kombinasi vitamin E, selenium, dan *zinc* pada ayam kampung jantan dapat meningkatkan sel darah merah dan hemoglobin serta mempertahankan *packed cell volume* (PCV) pada kisaran normal.

Kata kunci: Sel Darah Merah, Hemoglobin, Ayam Kampung Jantan, Vitamin E, Selenium, *Zinc*

ABSTRACT

BLOOD PROFILE (RED BLOOD CELLS, HEMOGLOBIN, AND PCV) ON MALE KAMPUNG CHICKEN WITH A COMBINATION OF VITAMIN E, SELENIUM, AND ZINC IN DRINKING WATER

By

Cici Hardiyanti

The aim of this study were to determine the blood profile (red blood cell, hemoglobin, and picked cell volume (PCV)) in male kampung chickens with a combination of vitamin E, selenium, and *zinc*. The research was conducted on January-March 2022 at the cage unit of the Integrated Field Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Lampung. The blood analysis was done at the Clinical Pathology Laboratory, Faculty of Veterinary Medicine, Gadjah Mada University. Experimental research using 4 treatments and 3 replications. Treatment given through drinking water with P0; (control), P1; 0.015 g/kg BW (vitamin E 0.6 IU, selenium 0.06 mg, and *zinc* 2.4 mg), P2; 0.03 g/kg BW (vitamin E 1.2 IU, selenium 0.012 mg, and *zinc* 4.8 mg), P3; 0.06 g/kg BW (vitamin E 2.4 IU, selenium 0.024 mg, and *zinc* 9.6 mg). The result obtained were analyzed with descriptive. The results showed that combination of vitamin E, selenium, and *zinc* in male kampung chickens could increase red blood cells and hemoglobin, while the packed cell volume (PCV) were in the normal range.

Keywords: Red Blood Cells, Hemoglobin, Male Kampung chickens, Vitamin E, Selenium, *Zinc*

**GAMBARAN DARAH (SEL DARAH MERAH, HEMOGLOBIN, DAN
PCV) PADA AYAM KAMPUNG JANTAN DENGAN PEMBERIAN
KOMBINASI VITAMIN E, SELENIUM, DAN ZINC
MELALUI AIR MINUM**

Oleh

CICI HARDIYANTI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PETERNAKAN**

Pada

**Jurusan Peternakan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi : **GAMBARAN DARAH (SEL DARAH MERAH. HEMOGLOBIN, DAN PCV) PADA AYAM KAMPUNG JANTAN DENGAN PEMBERIAN KOMBINASI VITAMIN E, SELENIUM, DAN ZINC MELALUI AIR MINUM**


Nama : **Cici Hardiyanti**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1814141007

Jurusan : **Peternakan**

Fakultas : **Pertanian**




drh. Purnama Edy Santosa, M.Si.
NIP 19700324 199703 1 005


Prof. Dr. Ir Muhtarudin, M.S.
NIP 19610307 198503 1 006

2. **Ketua Jurusan Peternakan**


12/1/22

Dr. Ir Arif Qisthon, M.Si.
NIP 19670603 199303 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : drh. Purnama Edy Santosa, M.Si.



Sekretaris : Prof. Dr. Ir Muhtarudin, M.S.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Sri Suharyati, S.Pt., M.P.**



Dekan Fakultas Pertanian

**Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP 19611020 198603 1 002**

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 15 Juli 2022

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis berupa skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (Sarjana) baik di Universitas Lampung maupun di perguruan tinggi lain;
2. Karya ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan pembimbing
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis dari publikasi orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dan disebutkan nama pengarang serta dicantumkan dalam Pustaka;
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah di peroleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya yang sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi.

Bandar Lampung, 16 Agustus 2022

Yang Membuat Pernyataan



Cici Hardiyanti

NPM. 1814141007

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Lempuyang Bandar pada 27 Januari 2000, sebagai anak terakhir dari dua bersaudara dari pasangan bapak Suhartono dan ibu Satiyem Endang. Penulis menyelesaikan pendidikan taman kanak-kanak di TK Permata Hati Lempuyang Bandar pada 2006, SD Negeri 1 Lempuyang Bandar pada 2012, SMP Negeri 3 Way Pengubuan pada 2015, dan SMA Negeri 1 Terbanggi Besar pada 2018.

Penulis diterima sebagai Mahasiswa Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada 2018. Pada Januari 2020 penulis melaksanakan Magang Kerja HIMAPET di PT. Superindo Utama Jaya, Desa Karangrejo, Kecamatan Metro Utara, Kota Metro. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Lempuyang Bandar, Kecamatan Way Pengubuan, Kabupaten Lampung Tengah pada Februari sampai Maret 2021. Penulis melaksanakan Praktik Umum di Gisting Dairy Farm, Gisting Atas, Kecamatan Gisting, Kabupaten Tanggamus pada Agustus sampai September 2021.

MOTTO

Apapun yang menjadi takdirmu, akan mencari jalannya menemukanmu

-Ali bin Abi Thalib-

Jangan menilai saya dari kesuksesan tetapi,
nilai saya dari seberapa sering saya jatuh dan berhasil kembali

-Nelson Mandela-

Selesaikan dan tuntaskan apa yang menjadi pilihanmu,
berjuang seringkali jatuh tapi kadang dengan jatuh bisa mendewasakan kita

-CHY-

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi dengan judul “Gambaran Darah (Sel Darah Merah, Hemoglobin, dan PCV) pada Ayam Kampung Jantan dengan Pemberian Kombinasi Vitamin E, Selenium, dan *Zinc* Melalui Air Minum“ merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sajarna Peternakan di Universitas Lampung.

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.--selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung--atas izin untuk melaksanakan praktik umum;
2. Bapak Dr. Ir. Arif Qisthon, M.Si.--selaku Ketua Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung--atas persetujuan kepada penulis dalam melaksanakan praktik umum;
3. Ibu Ir. Khaira Nova, M.P.--selaku pembimbing akademik--atas bimbingan dan nasihat kepada penulis;
4. Bapak drh. Purnama Edy Santosa, M.Si.--selaku Dosen Pembimbing Utama--atas bimbingan, bantuan, arahan, motivasi, dan saran selama penyusunan skripsi;
5. Bapak Prof. Dr. Ir Muhtarudin, M.S.--selaku Dosen Pembimbing Anggota--atas bimbingan, bantuan, arahan, motivasi, dan saran selama penyusunan skripsi;
6. Ibu Sri Suharyati, S.Pt., M.P.--selaku Dosen Pembahas--atas bimbingan, bantuan, arahan, motivasi, dan saran selama penyusunan skripsi;
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung atas bimbingan dan ilmu yang diberikan selama masa studi;

8. Kedua orang tua, alm kakak tercinta dan kerabat atas doa, dukungan, dan kasih sayang yang tulus kepada penulis;
9. Tim penelitian (Annisa, Dimas, I Kadek Dwi Agus, Minda, Reni, Lani, Riski, Sherina, Wahyu, Yohanes) atas kerjasamanya selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi;
10. Teman-teman dan sahabat tercinta penulis atas kebersamannya selama masa studi;
11. Seluruh mahasiswa Peternakan angkatan 2016, 2017, 2018, 2019, dan 2020 dan semua pihak yang telah membantu dan mendukung dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan.

Bandar Lampung, Mei 2022

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
1.4 Kerangka Pemikiran	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Ayam Kampung.....	8
2.2 Vitamin E	11
2.3 Mineral Zn (<i>Zinc</i>)	12
2.4 Mineral Se (Selenium)	14
2.5 Darah	16
2.6 Sel Darah Merah	17
2.7 Hemoglobin	19
2.8 <i>Packed Cell Volume</i> (PCV)	20
III. METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	22
3.2.1 Alat penelitian	22
3.2.2 Bahan penelitian	23
3.3 Rancangan Penelitian	23
3.4 Peubah yang Diamati	25
3.5 Pelaksanaan Penelitian	25

3.5.1 Persiapan kandang	25
3.5.2 Kegiatan penelitian	25
3.5.3 Pengambilan sampel	27
3.5.4 Pengujian sampel	27
3.6 Analisis Data	28
IV. PEMBAHASAN	
4.1 Pengaruh Perlakuan terhadap Sel Darah Merah Ayam Kampung Jantan	29
4.2 Pengaruh Perlakuan terhadap Hemoglobin Ayam Kampung Jantan	33
4.3 Pengaruh Perlakuan terhadap Nilai PCV Ayam Kampung Jantan	37
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Rata-rata sel darah merah ayam kampung jantan	29
2. Rata-rata kadar hemoglobin ayam kampung jantan	33
3. Rata-rata nilai PCV ayam kampung jantan	37
4. Bobot badan ayam kampung jantan	52
5. Rata-rata suhu dan kelembaban kandang	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tata letak rancangan percobaan	23
2. Rata-rata sel darah merah ayam kampung jantan	30
3. Rata-rata kadar hemoglobin ayam kampung jantan	34
4. Rata-rata nilai PCV ayam kampung jantan	38

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Permintaan kebutuhan daging unggas yang terus meningkat setiap tahunnya menjadikan potensi peluang yang besar bagi industri perunggasan. Salah satu jenis ayam yang banyak dibudidayakan untuk dimanfaatkan dagingnya adalah ayam kampung. Ayam kampung merupakan jenis ayam asli Indonesia yang banyak dipelihara dan dapat ditemukan di seluruh Indonesia. Ayam kampung sangat disukai dan banyak dipelihara karena ayam tersebut dapat menjadi ayam dwiguna sebagai ayam penghasil telur dan ayam penghasil daging.

Potensi perkembangan ayam kampung yang semakin meningkat berkaitan dengan adanya keunggulan berupa pemeliharaan ayam kampung yang mudah dan memiliki daya tahan terhadap penyakit serta minat masyarakat terhadap produk unggas sehat, alami dengan cita rasa khas yang dimiliki oleh daging ayam kampung. Akan tetapi ayam kampung memiliki kelemahan pada produktivitas yang tergolong rendah. Pada tahun 2019, populasi ayam buras di Indonesia mencapai 301.761.386 ekor dengan produksi daging ayam buras sebesar 292.329,20 ton mengalami peningkatan dari produksi pada tahun 2018 sebesar 287.156,48 ton (BPS, 2019).

Produktivitas ayam kampung dapat dipengaruhi oleh kesehatan ayam, sehingga kesehatan ayam harus tetap dijaga agar ayam tidak rentan terhadap serangan penyakit. Penggunaan antibiotik pada industri peternakan digunakan sebagai pengobatan ternak untuk menghindari ternak dari kematian, namun penggunaan antibiotik dalam kurun waktu yang lama dan terus menerus dapat menyebabkan terjadinya resistensi antibiotik yang memiliki efek negatif terutama jika

dikonsumsi oleh manusia. Penggunaan antibiotik pada industri peternakan harus dikurangi untuk mencegah resistensi yang lebih berat dengan penggunaan bahan-bahan lainnya yang dapat menjaga kesehatan ternak.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menjaga kesehatan ayam kampung yaitu dengan mencukupi kebutuhan mikromineral dan vitamin sebagai antioksidan. Antioksidan yang tinggi dapat menstabilkan sel-sel dalam tubuh yang melawan radikal bebas dan menjaga membran sel dari kerusakan oksidatif serta bersifat immunomodulator (senyawa yang dapat meningkatkan pertahanan tubuh). Mikromineral merupakan mineral yang dibutuhkan oleh tubuh dalam jumlah sedikit, namun memiliki peran yang penting bagi tubuh.

Vitamin E banyak dibutuhkan dalam menjaga membran eritrosit dalam darah dan banyak ditemukan dalam lipoprotein plasma (Siswanto *et al.*, 2013). Vitamin E merupakan salah satu vitamin yang memiliki peran dalam menjaga sistem peredaran darah, otot, reproduksi, saraf dan imunitas tubuh (Habibian *et al.*, 2014). *Zinc* merupakan mineral yang memiliki fungsi sebagai antioksidan dalam tubuh (Tawfeek *et al.*, 2014). Selenium merupakan komponen dari enzim *glutathione peroksidase* yang bekerjasama dengan vitamin E dan berperan dalam melindungi jaringan seluler serta membran sel dari kerusakan oksidasi akibat radikal bebas (Lubis *et al.*, 2015). *Zinc* dan vitamin E berperan dalam mempertahankan sistem imun, mempertahankan sel dari kerusakan oksidatif, dan dapat membantu dalam pembentukan darah dan sintesis hemoglobin (Siswanto *et al.*, 2013). Menurut Cherdyntseva *et al.* (2005), penambahan vitamin E, selenium, dan *zinc* membantu dalam metabolisme eritrosit dan mempertahankan eritrosit dari lisis, membantu dalam sintesis heme dalam pembentukan hemoglobin, sehingga kadar eritrosit dalam darah dapat terjaga dan hemoglobin mampu mengedarkan oksigen dengan baik, sehingga nilai PCV dalam darah tetap terjaga dengan baik.

Kesehatan pada ayam dapat dilihat melalui gambaran darah. Darah memainkan peran yang sangat kompleks dalam memastikan fungsi proses fisiologis secara normal dan memastikan produktivitas yang optimal dalam tubuh ternak. Fungsi darah dalam tubuh secara umum berkaitan dengan transportasi zat-zat nutrisi, pembawa oksigen dan karbondioksida, metabolisme, dan sistem imunitas (Desmawati, 2013). Jumlah sel darah yang kurang dari normal akan menyebabkan ternak tersebut mudah terkena penyakit. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi gambaran darah (sel darah merah, kadar hemoglobin dan nilai PCV) diantaranya umur, jenis kelamin, ras, status nutrisi, aktivitas fisik, ketinggian tempat, dan temperatur lingkungan (Alfian *et al.*, 2017).

Penelitian pengaruh pemberian vitamin E, selenium, dan *zinc* terhadap gambaran darah (sel darah merah, hemoglobin, dan PCV) pada ayam kampung jantan belum pernah dilakukan, oleh karena itu penulis tertarik untuk meneliti pengaruh pemberian vitamin E, selenium, dan *zinc* terhadap gambaran darah (sel darah merah, hemoglobin, dan PCV) pada ayam kampung jantan.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gambaran darah (sel darah merah, hemoglobin, dan *picked cell volume* (PCV)) pada ayam kampung jantan dengan pemberian kombinasi vitamin E, selenium dan *zinc*.

1.3 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai gambaran darah (sel darah merah, hemoglobin, dan *picked cell volume* (PCV)) pada ayam kampung jantan dengan pemberian kombinasi vitamin E, selenium dan *zinc* sehingga dapat meningkatkan kesehatan dan produktivitas ayam kampung jantan.

1.4 Kerangka Pemikiran

Ayam kampung merupakan jenis ayam yang berasal dari hasil domestikasi ayam hutan merah atau *red jungle fowls (Gallus gallus)* dan ayam hutan hijau atau *green jungle fowls (Gallus varius)*. Awalnya, ayam tersebut hidup di hutan, kemudian didomestikasi serta dikembangkan oleh masyarakat pedesaan (Yaman, 2010). Berawal dari proses evolusi dan domestikasi, maka terciptalah ayam kampung yang telah beradaptasi dengan lingkungan sekitarnya, sehingga lebih tahan terhadap penyakit dan cuaca dibandingkan dengan ayam ras (Sarwono, 1999).

Ayam kampung dikenal juga sebagai ayam buras (bukan ras) mempunyai banyak keunggulan diantaranya peluang pasar besar dan berkaitan, harga jual tinggi dan relatif stabil, semakin lama pemeliharaan semakin mahal harga jual, relatif tahan terhadap penyakit dan stress. Ayam kampung juga memiliki beberapa kelemahan, yaitu sulitnya memperoleh bibit yang baik dan produksi telurnya yang lebih rendah dibandingkan ayam ras, pertumbuhannya relatif lambat sehingga waktu pemeliharaannya lebih lama, hal ini disebabkan oleh rendahnya potensi genetik ayam kampung (Suharyanto, 2007).

Peningkatan produksi daging ayam kampung dapat ditingkatkan dengan menjaga kesehatan ayam kampung agar kondisi fisiologis dapat berjalan dengan baik. Status fisiologis pada ternak sangat dipengaruhi oleh lingkungan, manajemen, nutrisi pakan dan iklim. Gambaran darah (*hematologis*) dapat dijadikan sebagai *screening test* untuk melihat kondisi fisiologis suatu ternak yang nantinya dihubungkan dengan status kesehatannya untuk meningkatkan produktivitas. Jumlah sel darah yang kurang dari normal dapat menyebabkan ternak mudah terserang penyakit karena darah memiliki peran yang penting dalam pengaturan fisiologis tubuh.

Gambaran darah dapat dilihat dari total sel darah merah, hemoglobin, dan *picked cell volume* (PCV). Eritrosit berfungsi sebagai pembawa hemoglobin yang mengangkut oksigen dan zat nutrisi untuk diedarkan ke seluruh jaringan tubuh (Guyton dan Hall, 2008). Hemoglobin berfungsi sebagai pegangkut oksigen dari paru-paru ke jaringan dan kembali membawa karbon dioksida dari paru-paru (Hoffbrand *et al.*, 2005). *Picked cell volume* merupakan persentase seluler bahan padat darah yang berupa komponen seluler darah (Isroli *et al.*, 2009). Jumlah eritrosit, hemoglobin, dan hematokrit menggambarkan kemampuan membawa oksigen ke jaringan dan ekskresikan karbondioksida (CO₂) dari tubuh. Ketiga parameter ini berjalan sejajar dan memiliki fungsi terkait satu sama lain (Meyer dan Harvey, 2004).

Jumlah eritrosit, kadar hemoglobin, dan nilai hematokrit dapat dipertahankan dalam kondisi normal dengan memenuhi jumlah antioksidan yang nantinya akan menjaga imunitas ternak (Kamil *et al.*, 2020). Antioksidan dapat mencegah perkembangan dari stres oksidatif dengan cara menetralkan radikal bebas dengan mendonasikan satu elektronnya, sehingga dapat mencegah kerusakan membran sel eritrosit yang dapat menurunkan hemoglobin (Tamam, 2012).

Imunomodulator merupakan zat alami yang membantu dan mengatur sistem kekebalan dalam tubuh sebagai immunosupresan dan imunostimulator.

Imunostimulan adalah agen yang digunakan untuk meningkatkan daya tahan tubuh terhadap infeksi (Sasmito, 2017).

Vitamin E merupakan jenis vitamin larut dalam lemak yang memiliki komponen antioksidan utama yang berperan sebagai pengatur metabolisme, kekebalan tubuh, dan melindungi jaringan seluler serta membran sel dari kerusakan oksidatif (Akil *et al.*, 2009). Vitamin E berperan sebagai faktor esensial eritropoiesis yang dapat meningkatkan sintesis hemoglobin. Vitamin E dapat memengaruhi proses eritropoiesis dengan meningkatkan jumlah unit koloni prekursor eritroid (memengaruhi penggunaan besi di dalam tubuh), dan memengaruhi penyerapan zat besi sehingga dapat berpengaruh dalam meningkatkan sintesis hemoglobin (Cherdyntseva *et al.*, 2005). Selain itu vitamin E dapat menstabilisasi proses

metabolisme eritrosit sehingga akan mencegah perkembangan stres oksidatif dan hipoksia. Dengan adanya peningkatan antioksidan maka tubuh dapat mengurangi dan mencegah stres oksidatif yang dapat memengaruhi hemoglobin (Lovita, 2014).

Selenium merupakan zat penting dari pakan yang bertindak sebagai antioksidan alami dan sebagai komponen dari selenoprotein yang mengatur proses fisiologis tubuh ternak (Zhang *et al.*, 2017). Selenium memiliki fungsi yang terkait dengan vitamin E, fungsi vitamin E akan diperkuat dan disempurnakan oleh selenium. Vitamin E bekerja mencegah terbentuknya peroksida bebas sedangkan selenium bekerja mengurangi peroksida yang terlanjur terbentuk. Selenium berperan dalam sintesis protein dan aktivitas penyerapannya. Protein tersebut digunakan sebagai aktivator dalam pembentukan sel darah.

Zinc berperan sebagai salah satu nutrisi antioksidan, yang berfungsi membuang radikal bebas pada plasma membran (Gropper *et al.*, 2005). *Zinc* memiliki peran dalam banyak fungsi tubuh salah satunya adalah kofaktor enzim *amino levulinic acid (ALA)-dehidratase* yang berperan dalam sintesis heme pada saat berada di sitosol sel sumsum tulang mempengaruhi jumlah heme yang akan berikatan dengan oksigen membentuk hemoglobin (Murray, 2006). Sintesis heme dapat mengalami gangguan apabila tubuh mengalami kekurangan seng. Kadar hemoglobin yang berkurang akan mempengaruhi jumlah eritrosit dan nilai PCV dalam darah.

Proses pembentukan darah (eritropoiesis) membutuhkan aktivator berupa protein. Protein berfungsi dalam penyebaran dan transportasi darah. Antioksidan yang terkandung dalam vitamin E, selenium, dan *zinc* dapat menjadi zat antibakteri yang melindungi sel-sel tubuh dari bakteri dan kerusakan oksidatif akibat radikal bebas, sehingga penyerapan protein maupun zat lain yang dibutuhkan sebagai aktivator dalam proses eritropoiesis dapat meningkat. Jika proses eritropoiesis berjalan dengan baik maka, jumlah eritrosit yang dihasilkan akan semakin baik. Hal ini akan sejajar dengan kadar hemoglobin dan nilai PCV dalam darah.

Penelitian yang dilakukan terhadap ayam pedaging umur 6 minggu menunjukkan bahwa pakan dengan suplementasi herbal dan *zinc* mampu memberikan peningkatan jumlah eritrosit, nilai hematokrit, dan hemoglobin. Pada pemberian kombinasi mikromineral *zinc* dan kunyit dapat meningkatkan jumlah eritrosit sebesar $3,32 \times 10^6/\text{mm}^3$. Pada pemberian kombinasi mikromineral *zinc* dan bawang putih meningkatkan hematokrit sebesar 25,25 % (Setyaningtjas *et al.*, 2010). Pada penelitian dengan penambahan ekstrak kulit manggis yang disuplementasi Cu dan Zn dalam ransum mampu mempertahankan jumlah eritrosit, kadar hemoglobin, dan nilai hematokrit berada pada kisaran normal ayam sentul (Alawiyah *et al.*, 2021).

Penelitian yang dilakukan terhadap ayam kampung dengan penggunaan kombinasi 5% minyak ikan lemur dan 5% minyak kelapa sawit yang ditambahkan vitamin E sebesar 30 mg/kg dalam ransum ayam dapat meningkatkan profil darah dan performan ayam kampung (Wijiastuti *et al.*, 2013). Pada penelitian kombinasi selenium dan vitamin E pada ayam petelur menunjukkan bahwa suplementasi vitamin E dan selenium serta kombinasinya cenderung meningkatkan jumlah eritrosit ayam petelur umur 45-51 minggu (Cahaya, 2014).

Berdasarkan hasil berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, diharapkan dengan penambahan kombinasi vitamin E, selenium, dan *zinc* sebagai imunomodulator dapat meningkatkan total sel darah merah, hemoglobin, dan *picked cell volume* (PCV) ayam kampung yang nantinya akan berkorelasi positif dengan peningkatan daya tahan tubuh.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ayam Kampung

Ayam kampung merupakan proses sejarah perkembangan perunggasan di tanah air. Ayam kampung merupakan hasil silangan antara ayam hutan merah (*Gallus gallus*) dan ayam hutan hijau (*Gallus varius*). Mulanya ayam tersebut hidup di hutan, kemudian didomestikasi dan dikembangkan oleh masyarakat pedesaan (Yaman, 2010). Ayam kampung tersebut terus berkembang dan mengalami seleksi alam, kemudian terus menyebar seiring dengan bermigrasinya masyarakat dan telah dibudidayakan secara turun temurun hingga saat ini (Suharyanto, 2007). Ayam kampung merupakan ayam asli lokal yang telah menyesuaikan dirinya dengan iklim tropis di Indonesia. Awalnya ayam kampung dipelihara sebagai sumber protein bagi masyarakat pedesaan dan dimanfaatkan telur serta dagingnya (Iskandar, 2010).

Istilah "ayam kampung" awalnya merupakan kebalikan dari istilah "ayam ras", dan istilah ini merujuk pada ayam yang ditemukan berkeliaran bebas di sekitar perumahan. Namun, sejak program pengembangan, pemurnian dan pemuliaan ayam dilakukan, kini muncul pula beberapa bibit ayam kampung unggulan. Untuk membedakannya, sekarang penyebutan ayam kampung dikenal dengan sebutan ayam buras, untuk ayam kampung yang sudah diseleksi dan dipelihara dengan teknik budidaya yang lebih baik. Peran peternak ayam kampung sangat penting karena memiliki daya adaptasi yang tinggi terhadap lingkungan dan relatif mudah pemeliharaannya (Sarwono, 1999).

Subspesies ayam kampung yang ada di Indonesia ada yang sudah teridentifikasi dan ada yang belum. Pemahaman masyarakat tentang ayam kampung bisa berbeda-beda di setiap daerah. Namun pada umumnya ayam kampung memiliki warna bulu yang beragam (hitam, putih, coklat, kuning dan kombinasinya), kaki cenderung panjang dan berwarna hitam, putih, atau kuning serta memiliki bentuk tubuh yang ramping. Beberapa ayam asli Indonesia yang paling terkenal adalah ayam pelung, ayam kedu, ayam merawang, dan ayam sentul (Suharyanto, 2007). Penampilan ayam kampung masih cukup beragam, begitu juga dengan karakteristik genetiknya. Warna bulu, ukuran tubuh dan kemampuan produksi yang tidak sama merupakan cerminan keragaman genetik ayam kampung (Wiranata *et al.*, 2013). Proses pembudidayaan dan pembiakan ayam tersebut menghasilkan berbagai sub spesies dengan penampilan fisik dan varietas yang beragam (Nuroso, 2010).

Ayam kampung atau dikenal juga dengan sebutan ayam kampung memiliki banyak kegunaan dan manfaat untuk menunjang kehidupan manusia, diantaranya perawatan yang sangat mudah karena tahan terhadap kondisi lingkungan, pengelolaan yang kurang baik, tidak membutuhkan banyak lahan, dapat dibudidayakan di seluruh penjuru rumah, dan harga jual yang stabil dan relatif lebih tinggi dibandingkan dengan ayam pedaging lain yang tidak mudah stres dengan perlakuan kasar, daya tahan tubuhnya lebih kuat dibandingkan ayam pedaging lainnya (Nuroso, 2010). Ayam kampung tahan penyakit, sehingga mudah dipelihara, beradaptasi dengan lingkungan baru, dan bebas stres. Dalam hal pakan, ayam kampung tidak terlalu mementingkan jenis makanan (Marhiyanto, 2006).

Manfaat beternak ayam kampung antara lain peluang pasar yang besar dan berkelanjutan. Harga jual yang tinggi dan relatif stabil. Semakin lama perawatan, semakin tinggi harga jualnya. Hal ini relatif tahan terhadap penyakit dan stres. Sebagai kebanggaan dalam beternak unggas lokal. Selain kelebihan tersebut, ayam buras mengalami kesulitan memperoleh benih yang lebih baik, pemijahan yang lebih sedikit, dan pertumbuhan yang relatif lebih lambat untuk waktu

pemeliharaan yang lebih lama dibandingkan ayam ras, juga memiliki beberapa kelemahan. Situasi ini terutama disebabkan oleh kemungkinan genetik yang rendah (Suharyanto, 2007). Kelemahan ayam kampung adalah pertumbuhannya lebih lambat dibandingkan dengan ayam yang dipelihara di kandang. Jika dibandingkan dengan ayam ras, ayam kampung memiliki ukuran tubuh yang lebih kecil, hal ini menunjukkan kemampuan menghasilkan daging yang lebih rendah (Rajab dan Papilaya, 2012).

Secara umum sistem pemeliharaan ayam kampung atau ayam buras masih sederhana, tetapi sistem pemeliharaan unggas domestik yang berkembang saat ini dapat dibagi menjadi tiga sistem pemeliharaan yaitu tradisional, semi intensif dan intensif (Pramuyati, 2009). Sistem pemeliharaan ayam secara intensif dipelihara dalam kandang dengan tujuan untuk menciptakan kenyamanan dan perlindungan, sehingga ayam dapat mengkonsumsi ransum yang diberikan lebih efisien untuk pertumbuhan dan produksi, kemudahan pemeliharaan, dan kelancaran proses produksi. Kandang beserta perlengkapannya berfungsi sebagai tempat ayam hidup dan bekerja bagi peternak (Sulistyoningsih, 2004).

Ayam jantan dan betina dapat dibedakan berdasarkan sisi morfologis dan fisiologisnya. Pada ayam jantan memiliki ukuran tubuh yang lebih besar, terdapat bulu *hackle feather* pada bagian leher, bulu sabit (*sickle feather*), dan bulu pinggul (*saddle feather*). Pada ayam betina ukuran tubuh lebih kecil dan memiliki bulu yang ujungnya bulat dan tidak memiliki bulu sabit (*sickle feather*). Secara fisiologisnya yaitu perkelaminan ayam yang diatur oleh sistem hormon (Kurtini *et al.*, 2014). Unggas mempunyai bursa fabricius yang berfungsi sebagai peenghasil dan tempat pendewasaan limfosit serta berisi makrofag dan sel plasma. *Bursa fabricius* mencapai ukuran maksimum dari tiap galur dan jenis kelamin ayam. Pada ayam jantan perkembangan *bursa fabricius* terhambat oleh hormon testosteron, sementara pada ayam betina hormon estrogen tidak menghambat perkembangan *bursa fabricius* (Rohyati, 2002).

2.2 Vitamin E

Vitamin E adalah antioksidan yang termasuk dalam senyawa fenolik yang larut dalam lemak, yang hadir dalam membran sel darah merah dan lipoprotein plasma. Sebagai antioksidan di dalam tubuh, vitamin E berperan sebagai penangkal radikal bebas. Radikal bebas masuk ke dalam tubuh atau terbentuk di dalam tubuh melalui proses metabolisme normal. Vitamin E sebagai donor ion hidrogen dapat mengubah radikal peroksi (produk peroksidasi lipid) menjadi radikal tokoferol yang kurang reaktif dan relatif stabil, sehingga tidak dapat memutus rantai asam lemak (Widjaja, 1997). Vitamin E ditemukan di lapisan fosfolipid membran sel dan memainkan peran biologis kunci dalam melindungi asam lemak tak jenuh ganda dan komponen lain dari membran sel dari oksidasi radikal bebas (Almatsier, 2009). Untuk menghindari kerusakan sel akibat radikal bebas, banyak dibutuhkan antioksidan yang larut dalam lemak dan larut dalam air untuk mencegah oksidasi/kerusakan radikal bebas. Vitamin E adalah antioksidan yang larut dalam lemak. Antioksidan bekerja secara sinergis untuk menghancurkan radikal bebas ini. Besarnya peran vitamin E sebagai antioksidan didasarkan pada fakta bahwa vitamin E memiliki cincin fenolik yang mampu mendonorkan ion hidrogen kepada radikal bebas (Roitt, 2003).

Vitamin E sebagai antioksidan dapat mencegah proses oksidasi komponen sel penting dan mencegah pembentukan produk toksik, seperti peroksidasi asam lemak tak jenuh. Vitamin E juga berfungsi untuk menjaga stabilitas dan keutuhan membran sel serta melindungi sel dan komponennya dari toksisitas berbagai obat, logam berat dan bahan kimia lainnya (Goodman dan Gillman, 1991). Vitamin E, sebagai antioksidan, bertanggung jawab untuk perlindungan membran sel. Ini juga menjaga permeabilitas membran. Integritas membran sel dapat mempertahankan/meningkatkan komunikasi sel, yang pada gilirannya mempengaruhi produksi sitokin. Peran vitamin E dalam meningkatkan produksi sitokin (Meydani *et al.*, 2005).

Vitamin E melindungi asam lemak tak jenuh pada permukaan fosfolipid sel. Radikal peroksil bereaksi 1000 kali lebih cepat dengan vitamin E dibandingkan dengan asam lemak tak jenuh dan membentuk radikal tokoferoksil. Peran biologis utama vitamin E adalah mencegah reaksi berantai dalam proses peroksidasi lipid dengan mendonorkan atom hidrogen dari gugus OH pada cincin kepada radikal bebas, sehingga membentuk radikal vitamin E yang konsisten dan tidak merusak (Almatsier, 2009).

Dalam kasus di mana terdapat gangguan penyerapan vitamin E, ada kemungkinan kekurangan produksi lipoprotein, seperti abetalipoproteinemia, yang mengakibatkan degenerasi membran sel, termasuk mudah pecahnya membran sel darah merah (Muhillal, 2004). Kekurangan vitamin E umumnya menyerang sistem saraf, otot, pembuluh darah dan sistem reproduksi. Kekurangan ini biasanya terjadi karena gangguan penyerapan lemak dan gangguan transportasi lipid (Almatsier, 2009). Kebutuhan vitamin E pada ayam fase starter umur 0--8 minggu sebesar 10 mg (Wahju, 2004).

Vitamin E juga dapat melindungi tubuh dari kerusakan yang diakibatkan oleh stres oksidatif dengan cara memengaruhi proses eritropoiesis. Vitamin E berperan sebagai faktor esensial eritropoiesis yang dapat meningkatkan jumlah unit koloni prekursor eritroid (memengaruhi penggunaan zat besi oleh tubuh) dan meningkatkan sintesis hemoglobin. Selain itu vitamin E dapat menstabilisasi proses metabolisme eritrosit dengan mencegah perkembangan dari stres oksidatif. Dengan adanya peningkatan antioksidan maka tubuh dapat mengurangi dan mencegah stres oksidatif yang dapat memengaruhi hemoglobin (Lovita, 2014).

2.3 Mineral Zn (*Zinc*)

Zinc memegang peranan penting dalam banyak fungsi tubuh, sebagai bagian dari enzim atau sebagai kofaktor pada kegiatan lebih dari 300 enzim. *Zinc* berperan dalam proliferasi sel terutama sel mukosa (Wintergerst *et al.*, 2007). *Zinc* juga

mempunyai peran yang penting dalam sintesa asam nukleat. Asam nukleat adalah senyawa yang esensial di dalam sel, sehingga keberadaan *zinc* mempunyai peranan penting di dalam fungsi imunitas seluler.

Peran *zinc* di dalam fungsi imunitas antara lain di dalam fungsi sel T dan dalam pembentukan antibodi oleh sel B, serta pertahanan non spesifik (Almatsier, 2009). *Zinc* juga diperlukan didalam aktivitas enzim SOD (*superoksida dismutase*) yang memiliki peran penting dalam sistem pertahanan tubuh, terutama terhadap aktivitas senyawa oksigen reaktif yang dapat menyebabkan stres oksidatif (Hery, 2007). Peran lain dari *zinc* adalah untuk sintesa protein. Protein merupakan komponen terbesar dalam pembentukan antibodi, maka dari itu keberadaan *zinc* sangat terkait dengan sistem imun humoral. *Zinc* juga mempunyai peranan pada produksi sitokin (Prasad, 2000).

Penurunan *zinc* juga terlihat mempengaruhi kemampuan sel NK untuk membunuh antigen (Rink dan Kirchner, 2000). Kekurangan *zinc* juga berimplikasi pada penurunan ketajaman indera perasa, melambatnya penyembuhan luka, gangguan pertumbuhan, menurunnya kematangan seksual, dan gangguan homeostasis (Almatsier, 2009). Kebutuhan minimum seng pada unggas sangat bervariasi tergantung pada beberapa faktor yaitu kematangan seksual, komposisi bahan pangan, temperatur air, dan kualitas air. Faktor komposisi bahan pangan antara lain kandungan kalsium dan phosphor, keberadaan asam *phytic*, dan keberadaan seng dalam bahan pangan. Faktor bahan pangan tersebut mempengaruhi penyerapan dan penggunaan seng oleh unggas (Abun, 2008).

Konsentrasi *zinc* pada organ dalam tidak tetap, tetapi bervariasi tergantung umur, jenis kelamin dan tingkat mineral dalam pakan yang dikonsumsi ternak. Variasi umur terutama pada berat tulang (konsentrasi *zinc* meningkat menurut umur), kulit, rambut (konsentrasi *zinc* menurun), kecenderungan kurang beratnya dalam hati, otot dan organ lain. Darah, tulang, hati, pankreas dan gonad merupakan organ-organ yang sangat responsif terhadap tingkat seng dalam pakan. Zn juga

dibutuhkan untuk mempertahankan integritas sel dan stabilisasi membran sel (Taylor *et al.*, 1988).

Mekanisme homeostasis yang efektif untuk *zinc* terjadi dalam intestin. Homeostasis dipertahankan melalui variasi dalam jumlah *zinc* yang diabsorpsi dan ekskresi endogenusnya dengan feses. Absorpsi *zinc* dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Pada ayam seng yang diabsorpsi sekitar 20--30%, sementara hewan muda mengabsorpsi *zinc* lebih efisien dibandingkan dengan hewan dewasa (Burns, 1980). Kebutuhan mineral *zinc* pada ayam umur 0--8 minggu sebesar 40 mg (Wahju, 2004).

2.4 Mineral Selenium

Selenium adalah bagian dari enzim antioksidan *glutathione peroxidase* (GSH-Px), yang terlibat dalam pembentukan hormon tiroid, yang terlibat dalam metabolisme tubuh (Sahin dan Kucuk, 2001). Mineral Se dapat direduksi menjadi bentuk oksidasi-2 (selenida) atau dioksidasi menjadi bentuk reduksi +4 (selenit) atau +6 (selenat) (McDowell 1992). Selenium mempunyai dua bentuk asam yaitu selenious (H_2SeO_3) dan selenic (H_2SeO_4), dimana dalam bentuk garamnya berturut-turut adalah selenit dan selenat (Georgievskii, 1982). Selenium penting untuk kesehatan dan merupakan komponen yang dibutuhkan dalam metabolik utama tubuh, termasuk metabolisme tiroid normal, sistem pertahanan antioksidan dan fungsi imunitas (Gartner *et al.*, 2002).

Selenium dan vitamin E memiliki hubungan yang saling keterkaitan. Selenium adalah mineral penting untuk pertumbuhan ayam dan juga dapat bertindak sebagai pengganti vitamin E (Siswanto *et al.*, 2013). Fungsi vitamin E dan selenium sebagai antioksidan dalam tubuh, dimana vitamin E akan mempertahankan mineral selenium dalam tubuh sehingga tubuh tidak defisiensi selenium dan juga mencegah terjadinya oto-oksidasi yang reaktif dalam membran lipid sehingga terbentuk kombinasi yang terkait antara selenium dan vitamin E yang bertindak

dan melindungi jaringan terhadap kerusakan oksidatif. Selenium dan vitamin E telah terbukti meningkatkan respon imun (Shinde *et al.*, 2007).

Selenium merupakan mineral kelumit yang memiliki peran penting dalam reaksi redoks dan antioksidan. Peranan tersebut didukung oleh enzim yang disebut *glutathione peroxidase* (GSPX/GPX) yang menghilangkan senyawa yang secara berlebihan berpotensi merusak jaringan dalam bentuk lipid hidroperoksida, hidrogen peroksida, dan peroksinitrit (Wintergerst *et al.*, 2007). Selenium dalam *glutathione peroxidase* mempunyai peranan sebagai katalisator dalam pemecahan peroksida yang terbentuk di dalam tubuh menjadi ikatan yang tidak bersifat toksik. Peroksida dapat berubah menjadi radikal bebas yang dapat mengoksidasi asam lemak tidak jenuh yang ada pada membran sel, sehingga merusak membran sel. Oleh karena itu disebutkan dalam beberapa literatur bahwa selenium bekerjasama dengan vitamin E dan berperan sebagai antioksidan. Kerjasama tersebut terjadi karena vitamin E menjaga membran sel dari radikal bebas dengan melepas ion hidrogennya, sedangkan selenium berperan dalam memecah peroksida menjadi ikatan yang tidak reaktif sehingga tidak merusak asam lemak tidak jenuh yang banyak terdapat dalam membran, membantu mempertahankan integritas membran dan melindungi DNA dari kerusakan (Almatsier, 2009). Selenium juga memiliki peran sebagai immunomodulatori dan anti-inflamatori (Calamari *et al.*, 2010). Selenium berfungsi sebagai komponen dari sejumlah enzim yang disebut selenoprotein (Siswanto *et al.*, 2013).

Selenium dapat mengurangi stres dan meningkatkan ketahanan terhadap penyakit karena peningkatan produksi dan peningkatan reproduksi. Pemberian suntikan selenium dan vitamin E pada ayam dapat mencegah stres sehingga ayam dapat mengkonsumsi pakan dengan baik. Selenium dan vitamin E berperan dalam melindungi pankreas dari kerusakan oksidatif, sehingga pankreas dapat berfungsi dengan baik untuk menghasilkan enzim pencernaan yang akan meningkatkan pencernaan nutrisi (Sahin dan Kucuk, 2011). Adsorpsi utama selenium terjadi didalam duodenum, sebagian usus kecil, dan usus halus (Georgievskii, 1982).

Kebutuhan mineral selenium pada ayam umur 0--8 minggu sebesar 0,15 mg (Wahju, 2004).

2.5 Darah

Darah merupakan cairan yang berfungsi mengirimkan zat-zat nutrien dan oksigen yang dibutuhkan oleh tubuh, mengangkut bahan-bahan kimia hasil metabolisme dan mengambil limbah dari sel kembali ke jantung untuk dibuang melalui paru-paru dan ginjal (Soeharsono *et al.*, 2010). Darah adalah suatu cairan tubuh yang berwarna merah dan kental. Kedua sifat utama ini, yaitu warna merah dan kental, yang membedakan darah dari cairan tubuh lainnya. Kekentalan ini disebabkan oleh banyaknya senyawa dengan berat molekul yang berbeda, dari yang kecil sampai yang besar seperti protein, yang terlarut didalam darah. Warna merah, yang memberi ciri yang sangat khas bagi darah, disebabkan oleh senyawa berwarna merah yang terdapat dalam sel-sel darah merah yang tersuspensi dalam darah (Sadikin, 2002).

Darah unggas terdiri atas plasma darah dan sel darah. Plasma darah terdiri atas protein (albumin, globulin, dan fibrinogen), lemak darah bentuk kolesterol, fosfolipid, lemak netral, asam lemak, dan mineral anorganik terutama kalsium, potassium, dan iodium. Sel darah terdiri atas sel darah merah (eritrosit), trombosit, dan leukosit (heterofil, eosinofil, basofil, limfosit, dan monosit) (Yuwanta, 2004).

Peran utama darah adalah sebagai media transportasi untuk membawa oksigen dari paru-paru ke sel-sel jaringan tubuh dan CO₂ ke paru-paru, membawa bahan makanan dari usus ke sel-sel tubuh, mengangkut zat-zat yang tidak terpakai sebagai hasil metabolisme untuk dikeluarkan dari tubuh, mentransfer enzim-enzim dan hormon, mengatur suhu tubuh, keseimbangan cairan asam-basa, dan untuk pertahanan tubuh terhadap infiltrasi benda-benda asing dan mikroorganisme (Suwandi, 2002). Darah dapat berfungsi sebagai membawa nutrien yang telah

disiapkan oleh saluran pencernaan menuju ke jaringan tubuh, membawa oksigen dari paru-paru ke jaringan, membawa karbon dioksida dari jaringan ke paru, membawa produk buangan dari berbagai jaringan menuju ginjal untuk diekskresikan, berperan penting dalam penendalian suhu dengan cara mengangkut panas dari struktur yang lebih dalam menuju ke permukaan tubuh, sistem bufer, mempertahankan pH yang konstan pada jaringan serta memiliki faktor penting dalam mempertahankan tubuh terhadap penyakit (Frandsen, 1993).

Fungsi transportasi dan kekebalan dapat dilihat dari variabel darah yang berupa eritrosit dan leukosit serta diferensial leukosit darah (Setyaningtjas, 2010).

Tubuh hewan yang mengalami gangguan fisiologis akan memberi perubahan pada gambaran profil darah. Adanya perubahan profil darah tersebut dapat disebabkan oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal misalnya kesehatan, stres, status gizi, suhu tubuh, sedangkan faktor eksternal misalnya akibat perubahan suhu lingkungan dan infeksi kuman. Profil darah merah diantaranya total eritrosit, hemoglobin dan hematokrit.

2.5.1 Sel darah merah

Sel darah merah atau eritrosit adalah sel yang membawa hemoglobin dalam aliran darah. Fungsi utama sel darah merah adalah untuk mentransfer hemoglobin yang membawa oksigen dari paru-paru ke jaringan. Sel eritrosit unggas memiliki struktur yang berbeda dengan sel eritrosit mamalia. Eritrosit pada mamalia berbentuk cakram bikonkaf, tebalnya sekitar 1,5 milimeter di bagian tepi dan tipis di bagian tengah (Thrall *et al.*, 2012). Eritrosit pada unggas umumnya lebih besar dari mamalia, tetapi lebih kecil dari reptil. Eritrosit pada unggas terdapat di bagian tengah dan berbentuk oval. Sel darah merah atau eritrosit pada unggas memiliki lebar 7 milimeter dan tebal 3 milimeter dan eritrosit ini membentuk 45% dari total volume darah. Butir-butir kromatin menggumpal dan kepadatannya meningkat seiring bertambahnya usia. Pada apusan darah *Wright's Stained*, nukleus akan tampak ungu, sedangkan sitoplasma akan berwarna merah muda

dengan tekstur yang seragam. Dalam sirkulasi perifer, sel darah merah yang matang memiliki warna, ukuran dan bentuk yang seragam (Bijanti *et al.*, 2010).

Kebanyakan eritrosit bersirkulasi untuk waktu yang terbatas dengan kisaran yang bervariasi dari 2--5 bulan pada hewan peliharaan dan tergantung pada spesiesnya. Eritrosit unggas memiliki rentang hidup eritrosit yang lebih pendek daripada mamalia. Eritrosit dari hewan dewasa dibentuk di sumsum tulang belakang sedangkan pada janin diproduksi oleh hati, limpa, dan kelenjar getah bening. *Eritropoiesis* pada periode embrio unggas terjadi di kantung kuning telur (Guyton dan Hall, 2008). Proses pembentukan sel darah merah, atau *eritropoiesis*, terjadi di sumsum tulang, yang ditemukan di berbagai tulang panjang. Proses pembentukannya melalui beberapa tahap, pertama besar dan mengandung inti dan tidak mengandung hemoglobin, kemudian sarat dengan hemoglobin dan akhirnya kehilangan inti dan siap untuk diedarkan dalam sirkulasi darah yang kemudian akan beredar di tubuh selama kurang lebih 25--140 hari, setelah itu akan mati. (Guyton dan Hall, 2008). *Eritropoiesis* membutuhkan bahan dasar protein, glukosa, dan berbagai aktivator. Beberapa aktivator proses *eritropoiesis* meliputi mikromineral Cu, Fe, dan Zn (Rosmalawati, 2008).

Jumlah sel darah merah bervariasi antar spesies unggas dan dipengaruhi oleh usia, jenis kelamin, pengaruh hormonal, hipoksia dan lingkungan. Jumlah sel darah merah pada ayam jantan melebihi jumlah ayam betina karena adanya hormon seks. Hormon estrogen menurunkan jumlah sel darah merah dan hemoglobin, sedangkan hormon androgen dan tiroid meningkatkan sel darah merah dan hemoglobin (Clark *et al.*, 2009). Jumlah sel darah merah berkorelasi positif dengan nilai PCV (hematokrit) dan kadar hemoglobin, semakin semakin tinggi nilai eritrosit maka nilai hematokrit dan hemoglobin juga semakin meningkat. Sebaliknya, ketika jumlah sel darah merah turun, begitu juga hematokrit dan hemoglobin (Meyer dan Harvey, 2004). Jumlah sel darah merah normal pada ayam yaitu $2,5-3,5 \times 10^6/\mu\text{L}$ (Weiss dan Wardrop, 2010). Sementara Sharmin dan Myenuddin (2004) mengatakan bahwa jumlah eritrosit pada ayam jantan $3,37 \times 10^6/\text{mm}^3$, sementara pada ayam betina $2,48 \times 10^6/\text{mm}^3$. Sedangkan menurut

Siswanto (2017), jumlah eritrosit hewan jantan lebih tinggi daripada hewan betina karena pengaruh faktor hormon testosteron.

2.5.2 Hemoglobin

Hemoglobin merupakan pigmen warna merah yang memberikan warna merah pada sel darah merah serta membawa oksigen, hemoglobin memiliki peran dalam terjadinya pengedaran oksigen dan pergantian gas pada sel yang digunakan dalam proses metabolisme (Yuniwati, 2015). Sel darah merah membentuk hemoglobin melalui sintesis asam asetat (*acetic acid*) dan *glicine* yang membentuk *porphyrin*. Selanjutnya *porphyrin* bersama dengan Fe menghasilkan satu molekul heme. Empat molekul heme yang terbentuk akan berikatan dengan molekul globin menghasilkan hemoglobin. Pembentukan heme terjadi didalam mitokondria dan sitosol sel darah yang belum matang, sementara globin dibentuk didalam ribosom dan sitosol (Soeharsono *et al.*, 2010).

Fungsi utama dari molekul hemoglobin adalah untuk mengangkut oksigen untuk respirasi sel. Hemoglobin mampu menarik karbondioksida dari jaringan, serta menjaga darah dalam pH seimbang. Satu molekul hemoglobin menempel pada satu molekul oksigen di lingkungan yang kaya oksigen (Kiswari, 2014). Hemoglobin memiliki kemampuan untuk mengikat molekul oksigen untuk membentuk oksihemoglobin. Selama perjalanan eritrosit melalui kapiler paru, hemoglobin akan bergabung dengan oksigen, dan selama perjalanan kapiler sistemik, oksihemoglobin ini melepaskan oksigen dan kembali ke hemoglobin (Stockham dan Scott, 2008).

Hemoglobin memiliki dua peran penting dalam tubuh, mengangkut oksigen dari sistem pernapasan ke seluruh tubuh dan mengangkut karbon dioksida. Kadar hemoglobin menjadi salah satu indikator yang digunakan sebagai pendeteksi adanya kekurangan zat gizi secara biokomia. Rendahnya kandungan oksigen dalam darah dapat menyebabkan peningkatan sel darah dan jumlah sel darah

merah serta penurunan kadar hemoglobin darah akibat gangguan pembentukan sel darah merah (Frandsen, 1993).

Faktor yang dapat mempengaruhi tinggi rendahnya hemoglobin dalam darah adalah umur dan status nutrisi, semakin bertambahnya umur akan diikuti dengan bertambahnya kadar Hb, karena konsumsi (nutrisi dan O₂) akan meningkat sehingga proses pembentukan Hb dan eritrosit tidak terganggu (Napirah *et al.*, 2013). Nilai hemoglobin normal ayam atau unggas yaitu 6,5--9,00 g/100ml (William, 2005). Sementara menurut Jain (1993), kisaran rata-rata jumlah hemoglobin ayam yaitu 7,0--13,0 g/dL.

2.5.3 Picked cell volume (PCV)

Hematokrit atau *Packed Cell Volume* (PCV) adalah suatu persentase seluler bahan padat darah yang berupa komponen darah dalam 100 ml darah. Nilai PCV merupakan petunjuk dari daya pengikat oksigen oleh darah dan bermanfaat bagi suatu diagnosa (Latimer, 2011). Tingginya PCV berhubungan dengan kebutuhan oksigen, dimana jumlah oksigen yang diperlukan di dalam tubuh berhubungan dengan produk metabolisme. Pada hewan normal PCV sebanding dengan jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin (Setyaningtjas, 2010). Hematokrit diukur dari presentase sel darah merah dalam seluruh volume darah (Soeharsono *et al.*, 2010). Fungsi lain dari hematokrit yaitu mengukur proporsi sel darah merah (eritrosit) karena hematokrit dapat mengukur konsentrasi eritrosit (Budiman, 2007).

Jumlah eritrosit, nilai hematokrit, dan kadar hemoglobin berjalan sejajar satu sama lain apabila terjadi perubahan (Meyer dan Harvey, 2004). Peningkatan atau penurunan hematokrit dalam darah mempengaruhi viskositas darah. Semakin besar persentase hematokrit maka akan semakin banyak gesekan yang terjadi di dalam sirkulasi darah pada berbagai lapisan darah dan gesekan ini menentukan viskositas, oleh karena itu viskositas darah meningkat dengan bersamaan hematokrit pun meningkat (Guyton dan Hall, 2008). Perubahan ini dapat berupa

meningkatnya kadar hematokrit saat terjadinya peningkatan hemokonsentrasi, baik oleh peningkatan kadar sel darah atau penurunan kadar plasma darah (Sutedjo, 2007).

Nilai hematokrit dipengaruhi oleh jumlah dan ukuran sel darah merah. Volume sel mungkin mengalami perubahan akibat peningkatan air plasma (*hemodilution*) atau penurunan air plasma (*hemoconcentration*) (Wardiny *et al.*, 2012). Peningkatan nilai hematokrit mengindikasikan adanya dehidrasi, pendarahan atau edema akibat adanya pengeluaran cairan dari pembuluh darah (Arfah, 2015). Peningkatan nilai hematokrit memiliki manfaat yang terbatas karena dapat menaikkan viskositas (kekentalan) darah yang akan memperlambat aliran darah pada kapiler dan meningkatkan kerja jantung (Chunningham, 2002). Sedangkan penurunan nilai hematokrit dapat disebabkan oleh kerusakan eritrosit, penurunan produksi eritrosit atau dipengaruhi oleh jumlah dan ukuran eritrosit (Wardhana *et al.*, 2001).

Nilai hematokrit normal pada ayam berkisar antara 35--55 % (Thrall *et al.*, 2012). Untuk menentukan ayam terkena anemia, nilai PCV harus berada dibawah nilai normal. Menurut William (2005), pada ayam buras, nilai PCV yang menyebabkan anemia adalah <24%. Nilai hematokrit pada ayam sangat bervariasi pada kisaran 30--35% untuk ayam jantan dewasa dan 33-35% untuk anak ayam. Sementara menurut Setyaningtijas *et al.* (2010), bahwa nilai normal hematokrit ayam antara 22-35% dengan rata-rata 30%.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Januari sampai Maret 2022 di unit kandang Laboratorium Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Analisis sampel darah penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Patologi Klinik, Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian yaitu kandang ayam kampung, *sprayer* untuk desinfeksi kandang, bambu untuk membuat 12 petak kandang, plastik terpal untuk tirai, sekam dan koran bekas sebagai *litter*, lampu bohlam 25 watt sebanyak 12 buah sebagai sumber pemanas area *brooding*, *hanging feeder* 12 buah, *chick feeder tray* 12 buah, tempat minum ayam 12 buah, ember 1 buah, *hand spray* 1 buah, nampan 1 buah untuk *dipping* kaki, timbangan elektrik 1 buah, *thermohygrometer* 1 buah untuk pengukuran suhu dan kelembaban udara, karung dan kantung plastik. Peralatan pengambilan sampel darah yaitu kapas, *disposable syringe* 3 ml 12 buah, tabung EDTA (*ethylene diamine tetraacetid acid*) 12 buah dan *cooler box* untuk penyimpanan sampel darah. Peralatan analisis gambaran darah yaitu *Hematology Analyzer (Rayto RT-76005)*, alat tulis dan kertas.

3.2.2 Bahan penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu DOC (*Day Old Chicken*) ayam kampung jantan sebanyak 60 ekor yang dipelihara selama 60 hari, ransum, air minum, sediaan bubuk kombinasi vitamin E, selenium, dan *zinc*, vaksin *Newcastle Disease* (ND) *live*, vaksin IBD, vaksin *Newcastle Disease* dan *Avian Influenza* (NDAI) *kill*. Bahan yang digunakan untuk pemeriksaan sel darah merah, Hemoglobin, dan PCV yaitu darah ayam kampung, alkohol 70%, *reagen lyse*, *rinse*, dan *diluent*.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ekperimental ini menggunakan 4 perlakuan dan 3 ulangan. Setiap ulangan terdiri atas 5 ekor ayam kampung jantan yang pembagian petaknya dapat dilihat pada Gambar 1. Pemberian sediaan bubuk kombinasi vitamin E, selenium, dan *zinc* ditambahkan ke dalam air minum dengan dosis yang berbeda sesuai dengan bobot badan pada 60 ekor ayam kampung yang terbagi menjadi :

P0: air minum tanpa Vitamin E, Selenium, dan *Zinc* (kontrol);

P1: air minum dengan 0,015 g/kg BB (vitamin E 0,6 IU, selenium 0,06 mg, dan *zinc* 2,4 mg);

P2: air minum dengan 0,03 g/kg BB (vitamin E 1,2 IU, selenium 0,012 mg, dan *zinc* 4,8 mg);

P3: air minum dengan 0,06 g/kg BB (vitamin E 2,4 IU, selenium 0,024 mg, dan *zinc* 9,6 mg).

P0U2	P2U3	P1U1	P3U1	P3U2	P0U3
P2U1	P3U3	P2U2	P1U3	P0U1	P1U2

Gambar 1. Tata letak rancangan penelitian

Keterangan :

P : Perlakuan;

U : Ulangan

Perhitungan dosis dilakukan berdasarkan dosis yang dianjurkan dalam gram terhadap berat badan. Kandungan yang terdapat dalam satu kemasan komersil seberat 1 kg yaitu vitamin E 40.000 IU, selenium 400 mg, dan *zinc* 160.000 mg, dengan dosis dasar 1 g/30 kg BB, sehingga dosis dasar yang digunakan yaitu 0,03 g/kgBB. Jadi, perhitungan kandungan vitamin E, selenium, dan *zinc* sebagai berikut:

Kandungan vitamin E dalam 0,03 g sediaan

$$\frac{40.000 \text{ IU}}{1.000 \text{ g}} = \frac{x}{0,03 \text{ g}}$$

$$x = \frac{40.000 \text{ IU} \times 0,03 \text{ g}}{1.000 \text{ g}}$$

$$x = 1,2 \text{ IU}$$

Kandungan selenium dalam 0,03 g sediaan

$$\frac{400 \text{ mg}}{1.000 \text{ g}} = \frac{x}{0,03 \text{ g}}$$

$$x = \frac{400 \text{ mg} \times 0,03 \text{ g}}{1.000 \text{ g}}$$

$$x = 0,012 \text{ mg}$$

Kandungan *zinc* dalam 0,03 g sediaan

$$\frac{160.000 \text{ mg}}{1.000 \text{ g}} = \frac{x}{0,03 \text{ g}}$$

$$x = \frac{160.000 \text{ mg} \times 0,03 \text{ g}}{1.000 \text{ g}}$$

$$x = 4,8 \text{ mg}$$

Perhitungan dosis 0,03 g/kgBB digunakan untuk perlakuan P2, perlakuan P1 diberikan setengah kali dosis yang dianjurkan yaitu 0,015 g/kgBB mengandung (vitamin E 0,6 IU, selenium 0,06 mg, dan *zinc* 2,4 mg), perlakuan P3 diberikan dua kali dosis yang dianjurkan yaitu 0,06 g/kgBB mengandung (vitamin E 2,4 IU, selenium 0,024 mg, dan *zinc* 9,6 mg).

3.4 Peubah yang Diamati

Peubah yang diamati dalam penelitian ini adalah sel darah merah, hemoglobin, dan *picked cell volume* (PCV) ayam kampung jantan.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Persiapan kandang

Persiapan kandang dilakukan 1--2 minggu sebelum dan ketika DOC tiba yang terdiri dari:

- a) membersihkan kandang dengan cara mencuci seluruh bagian kandang mulai dari lantai hingga dinding kandang menggunakan deterjen;
- b) melakukan desinfeksi kandang dengan penyemprotan menggunakan desinfektan;
- c) membersihkan peralatan seperti tempat pakan dan tempat minum dengan air bersih dan deterjen, kemudian direndam menggunakan larutan desinfektan dan dikeringkan dibawah sinar matahari;
- d) memasang tirai kandang;
- e) memasang sekat petak pada kandang dengan ukuran 1x1 meter sebanyak 12 sekat petak, dan setiap petak berisi 5 ekor ayam kampung jantan;
- f) memasang lampu bohlam sebagai pemanas DOC pada setiap petak;
- g) menaburkan sekam padi pada lantai kandang sebagai alas kandang (*litter*) dan dilapisi dengan koran;
- h) memasang tempat pakan dan minum pada setiap petak.

3.5.2 Kegiatan penelitian

Kegiatan penelitian yang dilakukan yaitu DOC ayam kampung dimasukkan ke dalam area *brooding* selama 14 hari. DOC yang baru tiba diberi air minum

dengan campuran larutan elektrolit. Ransum diberikan secara *ad libitum* dan mencatatkan konsumsi pakan setiap pagi hari. Setelah 14 hari dilakukan pemisahan antara ayam kampung jantan dan dimasukkan kedalam masing-masing petak perlakuan sebanyak 5 ekor. Pemberian air minum dengan perlakuan dilakukan setiap hari pada hari ke 14 setiap pukul 07.00 WIB sampai hari ke 60 pemeliharaan.

Penimbangan sampel ayam kampung dilakukan setiap pukul 06.00 WIB dengan mengambil secara acak pada setiap petak untuk mendapatkan data bobot badan yang akan dijadikan dasar untuk menghitung dosis pemberian. Sebelum pemberian dilakukan pemuasaan air minum selama 1 jam. Setelah didapatkan dosis pemberian, pembuatan air minum dengan perlakuan dilakukan dengan cara melarutkan sediaan bubuk kombinasi vitamin E, selenium, dan *zinc* kedalam 1/5 kebutuhan air minum berdasarkan kebutuhan sesuai dosis. Menurut Wahyu (2004), yang menyatakan ayam sebaiknya mengkonsumsi air dengan kisaran 2,5 sampai dengan 2 ml/gram konsumsi pakan. Perlakuan diberikan selama 1-3 jam atau hingga air minum dengan perlakuan habis. Setelah pemberian air minum dengan perlakuan habis, diberikan air minum secara *ad libitum*.

Lampu penerangan mulai dihidupkan pada pukul 17.30 sampai 06.00 WIB. Pengukuran suhu kelembaban dalam kandang dilakukan secara rutin pada pukul 07.00, 12.00 dan 17.00 WIB. Pengukuran suhu dan kelembaban dilakukan dengan menggunakan *termohygrometer* yang diletakkan di bagian tengah kandang dan digantung pada dinding kandang.

Kegiatan vaksinasi yang diberikan terdiri dari vaksin *Newcastle Disease* (ND), *Avian Influenza* (AI) dan *Infectious Bursal Disease* (IBD). Vaksin ND *live* diberikan saat ayam kampung berumur 7 hari melalui tetes mata dan hidung. Vaksin NDAI *killed* dan IBD diberikan saat ayam kampung umur 14 hari melalui suntik subkutan dan cekok mulut. Vaksin ulangan ND *live* diberikan saat ayam kampung berumur umur 21 hari melalui tetes mata dan hidung.

3.5.3 Pengambilan sampel

Pengambilan sampel darah dilakukan ketika ayam kampung berumur 60 hari dengan mengambil 1 ekor ayam kampung secara acak setiap petak percobaan sehingga mendapatkan 12 sampel. Pengambilan darah dilakukan dengan menggunakan *disposable syringe* 3 ml melalui *vena brachialis* sebanyak 3 ml. Kemudian sampel darah dimasukkan dalam tabung EDTA untuk di kirim ke Laboratorium Patologi Klinik, Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta dalam keadaan rantai dingin.

3.5.4 Pengujian sampel

Prosedur pemeriksaan sample darah untuk pengujian total sel darah merah, hemoglobin dan *picked cell volume* (PCV) menggunakan alat *Hematology Analyzer* (Rayto RT-76005) sebagai berikut:

a) Persiapan alat sebelum pengujian

Persiapan alat dilakukan dengan memeriksa cairan reagen, melihat jumlah volume dan kondisi cairan reagen (keruh atau kotor), memeriksa keseluruhan bagian selang dan memeriksa botol pembuangan.

b) Penggunaan alat

Penggunaan alat dilakukan dengan menyalakan tombol power dalam kondisi *on* pada bagian belakang, menunggu proses inialisasi kurang lebih 7-10 menit, hingga tampilan layar menunjukkan menu *log in*, kemudian memasukan kode nama pengguna dan kata kunci.

c) Pemeriksaan *whole blood count*

Pemeriksaan *whole blood count* dilakukan dengan menghidupkan tombol *analyze*, kemudian menekan tombol *next sample* untuk memasukkan data sampel, menghomogenkan sampel dan memasukkannya pada jarum *probe* hingga menyentuh bagian dasar tabung, menghidupkan tombol *probe*, dan sampel akan di proses hingga hasil analisis ditampilkan pada layar.

3.6 Analisis Data

Data yang telah diperoleh dari hasil pengamatan kemudian disusun dalam bentuk tabulasi dan ditampilkan dalam bentuk histogram untuk selanjutnya dianalisis secara deskriptif.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pemberian kombinasi vitamin E, seleniuam, dan *zinc* pada ayam kampung jantan dapat meningkatkan total sel darah merah dan hemoglobin serta mempertahankan *packed cell volume* (PCV) pada kisaran normal.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini penulis menyarankan untuk dapat dilakukan penelitian lanjutan terkait rentang waktu pemberian kombinasi vitamin E, selenium dan *zinc* yang lebih lama sehingga dapat diketahui pemberian yang efektif dalam menjaga kesehatan ayam kampung dan untuk mengetahui tingkat pemberian yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abun. 2008. Nutrisi Mineral pada Unggas. Bahan Ajar Mata Kuliah Nutrisi Unggas dan Monogastrik. Universitas Padjajaran. Bandung.
- Akil, S., W.G. Piliang, C.H. Wijaya, D.B. Utomo, dan I.K.G. Wiryawan. 2009. Pengkayaan selenium organik, inorganik dan vitamin E dalam pakan puyuh terhadap performa serta potensi telur puyuh sebagai sumber antioksidan. *JITV*. 14(1):1--10.
- Alawiyah, A., L. Adriani, dan D. Rusmana. 2021. Status hematologik ayam sentul dengan penambahan ekstrak kulit manggis (*Garcinia mangostana* L.) yang disuplementasi Cu dan Zn dalam ransum. *Jurnal Sains dan Teknologi Industri Peternakan*. 1(2):11--17.
- Alfian, Dasrul, dan Azhar. 2017. Jumlah eritrosit, kadar hemoglobin dan nilai hematokrit pada ayam bangkok, ayam kampung dan ayam peranakan. *Jimvet*. 1(3):533--539.
- Almatsier, S. 2009. Prinsip Dasar Ilmu Gizi. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Arfah, N.H. 2015. Pengaruh Pemberian Tepung Kunyit pada Ransum terhadap Jumlah Eritrosit, Hemoglobin, PCV, dan Leukosit Ayam Broiler. Skripsi. Fakultas Kedokteran Universitas Hasannudin Makasar. Makasar.
- Badan Pusat Statistika (BPS). 2019. Produksi daging ayam buras menurut provinsi. <https://www.bps.go.id/indicator/24/486/1/produksi-daging-ayam-buras-menurut-provinsi.html>. Diakses pada 02 November 2021.
- Bakta, I.M. 2015. Hematologi Klinik Ringkas. EGC. Jakarta.
- Bartfay, W.J., D. Hou, G.M. Brittenham, E.B. Sole, M.J.D. Lehotay and P.P. Liu. 1998. The synergistic effects of vitamin E and selenium in iron-overloaded mouse hearts. *Can. J. Cardiol*, 14:937--941.
- Bijanti, R., M.G.A. Yuliyani, R.S. Wahjuni, dan R.B. Utomo. 2010. Patologi Klinik Veteriner. Universitas Airlangga. Surabaya.

- Budiman, R. 2007. Pengaruh Penambahan Bubuk Bawang Putih pada Ransum Terhadap Gambaran Darah Ayam Kampung yang diinfeksi Cacing Nematoda (*Ascaridia galli*). Skripsi. Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Burns, M.J. 1980. Role of zinc in physiological processes. *Auburn Veterinarian*, 30(2):45--47.
- Cahaya, T.G. 2014. Pengaruh Suplementasi Vitamin E dan Selenium dalam Ransum terhadap Kualitas Telur dan Profil Darah Ayam Petelur Umur 45-51 Minggu. Skripsi. Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Calamari, L., F.Abeni, and G. Bertin. 2010. Metabolic and hematological profiles in mature horses supplemented with different selenium sources and doses. *Journal of Animal Science*. 88(2):650--659.
- Cherdyntseva, N., A. Shishkina, I. Butorin, H. Murase, P. Gervas, and T.V. Kagiya. 2005. Effect of tocopherol-monoglucoside (TMG), a water-soluble glycosylated derivate of vitamin E, on hematopoietic recovery in irradiated mice. *Journal of Radiation Research*, 46 (1):37--41.
- Clark, P., W.S.J. Boardman, and S.R. Raidal. 2009. Atlas of Clinical Avian Hematology. Wiley-Blackwell. USA.
- Chunningham, J.G. 2002. Textbook of Veterinary Physiology. W.B. Saunders Company. USA.
- Dawson, W.R, and G.C. Whittow. 2000. Regulation of Body Temperature: Sturkie's Avian Physiology. Academic Press. New York.
- Desmawati. 2013. Sistem Hematologi dan Imunologi. In Media. Jakarta.
- Dharmawan, N.S. 2002. Pengantar Patologi Klinik Veteriner, Hematologi Klinik. Universitas Udayana. Bali.
- Frandsen, R.D. 1993. Darah dan cairan tubuh lainnya. Universitas Gajah Mada Press. Yogyakarta.
- Gartner, R., B.C. Gasnier, J.W. Dietrich, B. Krebs, and M.W. Angstwurm. 2002. Selenium supplementation in patients with autoimmune thyroiditis decreases thyroid peroxidase antibodies concentrations. *The Journal Clinical Endocrinology and Metabolism*, 87(4):1687--1691.
- Georgievskii, V.I., B.N. Annenkov, and V.T. Samokhin. 1982. Mineral Nutrition of Animals. Butterworths. London.
- Goodman, L.S., and A.Gillman. 1991. The Pharmacological Basis of Therapeutics. Macmillan Publishing. New York.

- Gropper, S.S., J.L. Smith, and Groff. 2005. *Advanced Nutrition and Human Metabolism*. Wardsworth. USA.
- Gunawan, dan D.T.H. Sihombing. 2004. Pengaruh suhu lingkungan tinggi terhadap kondisi fisiologis dan produktivitas ayam buras. *Wartazoa*. 14(1):31--38.
- Guyton, A.C, dan J.E. Hall. 2008. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Habibi, B.Z., H.I. Wahyuni, dan E. Widiastuti. 2019. Profil darah merah dan bobot badan ayam broiler dipelihara pada ketinggian tempat yang berbeda. *Journal of Animal Research Applied Sciences*. 1(1):1--5.
- Habibian, M., S. Ghazi, M.M. Moeini, and A. Abdolmohammadi. 2014. Effect of dietary selenium and vitamin E on immune response and biological blood parameters of broiler reared under thermoneutral or heat stress condition. *Int. J. Biomet*, 58(5):741--752.
- Hery, W. 2007. *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas*. Kanisius. Yogyakarta.
- Hoffbrand, A.V, dan J.E. Petit. 2005. *Kapita Selekta Hematologi*. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Iskandar, S. 2010. *Usaha Tani Ayam Kampung*. Balai Penelitian Ternak Ciawi. Bogor.
- Isroli, S. Susanti, W. Widiastuti, T. Yudiarti, dan Sugiharto. 2009. Observasi beberapa variable hematologis ayam kedu pada pemeliharaan intensif. Prosiding. Seminar Nasional Kebangkitan Peternakan, Semarang, Indonesia. pp. 548--557.
- Jain, N.C. 1993. *Essential of Veterinary Hematology*. Lea and Febiger. USA.
- Kamil, K.A., D. Latipudin, A. Mushawwir, D. Rahmat, and R.L. Balia. 2020. The effects of ginger volatile oil (GVO) on the metabolic profile of glycolytic pathway, free radical and antioxidant activities of heat-stressed cihateup duck. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 10(3):1228--1233.
- Kiswari, R. 2014. *Hematologi dan Transfusi*. Erlangga. Jakarta.
- Kurtini, T., K. Nova, dan D. Septinova. 2014. *Produksi Ternak Unggas*. Anugrah Utama Raharja. Bandar Lampung.
- Kusnadi, E. 2008. Pengaruh temperatur kandang terhadap konsumsi ransum dan komponen darah ayam broiler. *Jurnal Indon Trop. Anim. Agric*, 33(3):197--202.

- Latimer, K.S. 2011. Duncan and Prasse's Veterinary Laboratory Medicine Clinical Pathology. 5th Edition. Jon Wiley and Sons Ltd. Oxford. USA.
- Lovita, A.N.D, and D.R. Indriati. 2014. Effect of vitamin E on maternal hemoglobin levels pregnant rats (*Rattus norvegicus*) exposed to subacute cigarette smoke. *Majalah Kesehatan FKUB*. 12 (1):60--68.
- Lubis, F.N.L., R. Alfianty, dan E. Sahara. 2015. Pengaruh suplementasi selenium organik (Se) dan vitamin E terhadap performa itik pegagan. *Jurnal Peternakan Sriwijaya*. 4(1):28--34.
- Marhiyanto, B. 2006. Beternak Ayam Buras. SIC. Surabaya.
- McDowell, L.R. 1992. Mineral in Animal and a Human Nutrition. Iowa State University Press. San Diego California.
- Meydani, S.N., S.N. Han, and D. Wu. 2005. Vitamin E and immune response in the aged: molecular mechanism and clinical implication. *Immunol Rev*, 205(1):269--284.
- Meyer, D.J, and J.W. Harvey. 2004. Veterinary Laboratory Medicine Interpretation end Diagnosis. Saunders University Pr. Saunders.
- Murray, R.K., D.K. Granner, K.M. Robert, A.M. Peter, and W.R. Victor. 2006. Harper's Biochemistry. Appliton and Lange. Stanford.
- Muhillal, H. 2004. Penentuan kebutuhan gizi dan kesepakatan harmonisasi di Asia Tenggara. dalam: ketahanan pangan dan gizi di era otonomi daerah dan globalisasi. *Prosiding WNPG VIII* . 301--307.
- Napirah, A., Supadmo, dan Zuprizal. 2013. Pengaruh penambahan tepung kunyit (*Curcuma domestica Valet*) dalam pakan terhadap parameter hematologi darah puyuh (*Coturnix-coturnix japonica*) pedaging. *Buletin Peternakan*. 37(2):114--119.
- Nuroso. 2010. Ayam Kampung Pedaging Hari per Hari. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Patria, D.A., K. Praseno, dan S. Tana. 2013. Kadar hemoglobin dan jumlah eritrosit Puyuh (*Coturnix coturnix japonica* Linn.) setelah pemberian larutan kombinasi mikromineral (Cu, Fe, Zn, Co) dan vitamin (A, B1, B12, C) dalam air minum. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. 21(1):26--35.
- Pramuyati. 2009. Peningkatan produktivitas ayam buras melalui pendekatan sistem usaha tani pada peternak kecil. *Majalah Ilmu dan Peternakan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan. Bogor.

- Prasad, A.S.2000. Effect of zinc deficiency on immune functions. *Journal of Trace Elements in Experimental Medicine*, 13(1):1--20.
- Praseno, K, dan E.Y.W. Yuniwati. 2000. Biologi Aves.Undip Press. Semarang.
- Rajab, dan Papiaya. 2012. Sifat kuantitatif ayam kampung lokal pada pemeliharaan tradisional. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*. 2(2):61--64.
- Rink, L, and H. Kirchner. 2000. Zinc-altered immune function and cytokine production. *Journal Nutr*. 130(5):1407--1411.
- Rizal, Y. 2006. Ilmu Nutrisi Unggas. Universitas Andalas Press. Padang.
- Rohyati, N. 2002. Pengaruh Pemberian Probiotik B-Mix dan Infeksi Salmonella Enteriditis terhadap Gambaran Mikroskopis Bursa Fabricius pada Ayam Broiler. Skripsi. Fakultas Kedokteran Hewan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Roitt, I.M. 2003. Essential Immunology. Widya Medika. Jakarta.
- Rosmalawati, N. 2008. Pengaruh Penggunaan Tepung Daun Sembung (Blumen Balamifera dalam Ransum terhadap Profil Darah Ayam Broiler Periode Finisher. Skripsi. Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sadikin, M. 2002. Biokimia Enzim. Widya Medikai. Jakarta.
- Safithri, A., D. Samsudewa, dan Isroli. 2018. Profil hematologi pada rusa timor (*Cervus timorensis*) betina berahi yang disuplementasi mineral pada satu siklus berahi. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*. 13(1):63--75.
- Sahin, K, and O. Kucuk. 2003. Zinc supplementation alleviates heat stress in laying jpanese quail. *Journal Nutr*, 133(9):2808--2811.
- Samodra, Y.T.J. 2020. Pengaruh dehidrasi (kehilangan) cairan 2.8% terhadap prestasi lari 400 meter. *Jurnal Penelitian Pembelajaran*. 6(2):526—540.
- Sarwono, B. 1999. Beternak Ayam Buras. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Sasmito, E. 2017. Imunomodulator Bahan Alami. Andi Offset. Jakarta.
- Schalm, O. W. 2010. Vetenary Hematology. Lea and Febriger. Phidelpia.
- Septiarini, A.A.I.A., N.I. Suwiti, dan I.G.A.A. Suartini. 2020. Nilai hematologi total eritrosit dan kadar hemoglobin sapi bali dengan pakan hijauan organik. *Buletin Veteriner Udayana*, 12(2):144--149.

- Setyaningtjas, A.S., S.D. Widhyari, dan R.D. Natalia. 2010. Jumlah eritrosit, nilai hematokrit, dan kadar hemoglobin ayam pedaging umur 6 minggu dengan pakan tambahan. *Jurnal Kedokteran Hewan*. 4(2):69--73.
- Sharmin, M.L, dan M. Myenuddin. 2004. Hematological values of the indigenous chickens. *Jurnal Veterina Medika*. 2(2):163--164.
- Shinde, V.K. Dhalwal, A.R. Paradkar, and K.R. Mahadik. 2007. Effect of Human Placental Extract on Age Related Antioxidant Enzyme Status in D-Galactose Treated Mice. Departemen of Pharmacognosy. Bharati Vidyapeeth University. Erandwane.
- Siswanto. 2017. Darah dan Cairan Tubuh. Diktat Fisiologi Veteriner 1. Universitas Udayana. Denpasar.
- Siswanto, Budisetyawati, dan F. Ernawati. 2013. Peran beberapa zat gizi mikro dalam sistem imunitas. *Gizi Indon*. 36(1):57--64.
- Soeharsono, A. Mushawwir, E. Hernawan, L. Adriani, dan K.A. Kamil. 2010. Fisiologi Ternak: Fenomena dan Nomena Dasar, Fungsi, dan Interaksi Organ pada Hewan. Widya Padjadjaran. Bandung.
- Stockham, S.L, and M.A. Scott. 2002. Fundamentals of Veterinary Clinical Pathology. 1st Edition. Blackwell publishing Co. USA.
- Streit, L. 2018. Micronutrients: Types, Functions, Benefit and More. <https://www.healthline.com/nutrition/micronutrients>. Diakses pada 15 Maret. 2022.
- Suharyanto, A.A. 2007. Panen Ayam Kampung dalam 7 Minggu Bebas Flu Burung. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Sulistyoningsih, M. 2004. Respon Fisiologis dan Tingkah Laku Ayam Broiler Periode Starter Akibat Cangkaman Temperatur dan Awal Pemberian Pakan yang Berbeda. Thesis. Fakultas Pertanian Universitas Diponegoro. Semarang.
- Sutedjo, A.Y. 2007. Mengenal Penyakit Melalui Hasil Pemeriksaan Laboratorium. Amara Books. Yogyakarta.
- Suwandi. 2002. Manfaat Pemeriksaan Gambaran Darah Umum pada Ternak Ruminansia. Temu Teknis Fungsional Non Penelitian. Balai Penelitian Ternak. Bogor.
- Swenson, M.J. 1984. Duke's Physiology of Domestic Animals. Ed 10th. Cornell Univ. Ithaca and London.

- Tamam, M., S. Hadisaputro, I. Setianingsih, dan A. Soemantri. 2012. Hubungan antara stres oksidatif dengan kadar hemoglobin pada penderita thalassemi. *Jurnal Kedokteran*. 27(1):251--256.
- Tawfeek, S.S., K.M.A. Hassanin, and I.M.I. Youssef. 2014. The effect of dietary supplementation of some antioxidants on performance, oxidative stress, and blood parameters in broilers under natural summer conditions. *Journal World's Poultry Res*, 4(1):10--19.
- Taylor, C.G., W.J. Bettger, and T.M. Bray. 1988. Effect of dietary zinc or copper efficiency on the primary free radical defense system in rats. *Journal Nutr*, 118(5):613--621.
- Thrall, M.A., G. Weiser, R.W. Allison, and T.W. Campbell. 2012. *Veterinary Hematology and Clinical Chemistry*. 2nd Edition. Wiley-Blackwell. West Sussex.
- Ulupi, N, dan T.T. Ihwantoro. 2014. Gambaran darah ayam akmpung dan ayam petelur komersil pada kandang terbuka di daersh tropis. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Ternak*. 2(1):219--223.
- Wahju, J. 2004. Ilmu Nutrisi Unggas. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Wardhana, A.H., E. Kenanawati, Nurmawati, Rahmaweni, dan C.B. Jatmiko. 2001. Pengaruh pemberian sediaan patikaan kebo (*Euphorbia Hirta* L) terhadap jumlah eritrosit, kadar hemoglobin, dan nilai hematokrit pada ayam yang diinfeksi dengan *eimeria tenella*. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*. 6(2):126--133.
- Wardiny, T.M. 2012. Pengaruh ekstrak daun mengkudu terhadap profil darah puyuh starter. *JITP*. 2(2):110--120.
- Weiss, D.J, and K.J. Wardrop. 2010. *Schal'm Veterinary Hematology*. Wiley Blackwell. Iowa.
- Widjaja, S. 1997. Antioksidan pertahanan tubuh terhadap efek oksidan dan radikal bebas. *Majalah Ilmiah Fakultas Kedokteran USAKTI*. 16(1):1662.
- Wijiastuti, T.E. Yuwono, dan N. Iriyanti. 2013. Pengaruh pemberian minyak ikan lemuru terhadap total protein plasma dan kadar hemoglobin (HB) pada ayam kampung. *Jurnal Ilmiah Peternakan*. 1(1):228--235.
- William, R.B. 2005. Avian malaria: clinical and chemical pathology of Plasmodium gallinaceum in the domestic fowl, *Gallus gallus*. *Avian Pathology*, 34(1):29--47.

- Wintergerst, E.S., S. Maggini, and D.H. Hornig. 2007. Contribution of selected vitamins and trace element to immune function. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 51(4):301--323.
- Wiranata, G.A., I.G.A.M.K. Dewi, dan R.R. Indrawati. 2013. Pengaruh energi metabolis dan protein ransum terhadap persentase karkas dan organ dalam ayam kampung (*Gallus domesticus*) betina umur 30 minggu. *Jurnal Peternakan Tropika*. 1(2):87--100.
- Yaman, M.A. 2010. Ayam Pedaging Unggul 6 Minggu Panen. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Yuniastuti, A. 2014. Nutrisi Mikromineral dan Kesehatan. Unnes Press. Semarang.
- Yuniwanti, E.Y.W. 2015. Profil darah ayam broiler setelah vaksinasi AI dan pemberian berbagai kadar VCO. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. 23(1):38--46.
- Yuwanta, T. 2004. Dasar Ternak Unggas. Kanisius. Yogyakarta.
- Zhang, D., T. Dong., J. Ye, and Z. Hou. 2017. Selenium accumulation in wheat (*Triticum aestivum* L) as affected by coapplication of either selenite or selenate with phosphorus. *Soil Sci Plant Nutr*, 63(1):37--44.