

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN HIPOTESIS

2.1. Sistem Skeleton Ayam

Ayam termasuk kelompok aves dari famili Phasianidae, genus *Gallus* dan spesies *Gallus domesticus*. Ciri-ciri ayam antara lain tubuh tertutup bulu, tidak bergigi, memiliki jengger dan pada jantan kaki dilengkapi taji (Banerjee, 1976). Spesifikasi lainnya adalah warna bulu variatif, memiliki paruh, memiliki sayap, jantung beruang empat, bernafas dengan pulmo, fertilisasi internal dan bersifat ovovivipar (Praseno dan Yuniwanti, 2000).

Pengelompokkan ayam dapat dilakukan berdasarkan kegunaan maupun nilai ekonomis, yang meliputi tipe pedaging, tipe petelur, tipe pedaging dan petelur, ayam petarung dan ornamental (Banerjee, 1976). Strain broiler merupakan pengembangan jenis unggas pedaging. Strain tersebut mempunyai potensi tumbuh kembang relatif lebih cepat daripada strain ayam lain (Praseno dan Yuniwanti, 2000). Ayam pedaging (broiler) merupakan jenis ayam yang baik untuk menghasilkan daging, mempunyai sifat ukuran berat badan yang besar, penuh daging dan lemak serta bergerak lambat dan tenang (Anonim, 1981). Umumnya ayam pedaging dipelihara selama 7 sampai 8 minggu. (Gamal, 2002).

Kerangka pada ayam terdiri dari tulang yang bersifat pneumatik (berongga), 12 % struktur tulang pada ayam adalah tipe medular yang merupakan suatu jaringan yang mengikat struktur berongga (Blakely dan Bade, 1992). Tulang tersebut berfungsi sebagai pembentuk rangka tubuh, tempat melekatnya otot,

melindungi organ vital, sumsum tulang dan mengandung rongga udara yang membantu dalam respirasi dan terbang (Banerjee, 1976).

Tulang pada dasarnya adalah bentuk jaringan pengikat padat yang terspesialisasi, matriksnya lentur dan padat (Bevelander dan Ramaley, 1988). Kira-kira sepertiga berat tulang terdiri dari kerangka organik yang berupa jaringan fibrosa dan sel-sel tulang. Bahan organik tersebut adalah kolagen dan polisakarida yang disebut glukosaminoglikan, yang mengandung kondroitin sulfat. Bahan tersebut menyebabkan sifat elastik dan keras pada tulang. Sekitar dua pertiga berat tulang terdiri dari komponen anorganik, yang terbanyak adalah garam-garam kalsium dan fosfat yang terdeposit pada kerangka organik (Frandsen, 1996).

Tulang terdiri dari bahan interselel yang mengalami kalsifikasi dan berbagai jenis sel yaitu osteosit; osteoblas yang mensintesis komponen matriks tulang; dan osteoklas yang merupakan sel raksasa berinti banyak yang diperlukan untuk resorpsi dan perubahan bentuk jaringan tulang (Junqueira dan Carneiro, 1992). Sel pembentuk tulang adalah osteoblas. Osteoblas berfungsi pada pertumbuhan tulang dan pada perbaikan fraktur (Bevelander dan Ramaley, 1988), berkaitan dengan kemampuannya dalam sekresi enzim alkalik fosfatase (Subowo, 1992). Osteosit atau sel tulang terdapat dalam lakuna pada matriks yang mengapur. Sel ini dalam kegiatan metabolisme yang diperlukan untuk pemeliharaan dan perubahan matriks tulang, serta dalam perimbangan mineral (Junqueira dan Carneiro, 1992). Telford dan Bridgman (1995) menyatakan bahwa osteosit berperan mempertahankan jaringan tulang. Sejumlah osteosit dilepaskan dari tulang selama perbaikan fraktur dan dapat diubah menjadi osteoblas aktif lagi.

Pertumbuhan memanjang pada tulang panjang terjadi jika kartilago antara epifisis dan diafisis melanjutkan pertumbuhan panjangnya. Kartilago akan diubah menjadi tulang keras (Weicert, 1958). Tulang panjang juga mengalami penambahan diameter. Pertambahan diameter terjadi melalui penulangan oleh periosteum yang disertai pengikisan jaringan tulang dari permukaan dalamnya. Akibatnya diameter tulang bertambah namun ketebalannya tetap dipertahankan (Subowo, 1992).

Junqueira dan Carneiro (1992) menyatakan bahwa jaringan tulang berkembang melalui 2 cara yaitu ossifikasi intramembranosa dan ossifikasi endokondral. Ossifikasi intramembranosa diawali dengan differensiasi kelompok fibroblas menjadi osteoblas, kemudian terjadi sintesis osteoid dan kalsifikasi sehingga terjadi penyelubungan osteoblas yang kemudian menjadi osteosit. Sel membran jaringan penyambung membelah diri sehingga menghasilkan lebih banyak osteoblas yang selanjutnya berperan dalam pertumbuhan pusat osifikasi. Beberapa pusat ossifikasi tulang tumbuh secara radial dan akhirnya bersatu sehingga menggantikan jaringan penyambung awal (Junqueira dan Carneiro, 1992).

Perkembangan tulang melalui ossifikasi endokondral terjadi pada suatu potongan tulang rawan hialin yang bentuknya mirip tulang yang akan dibentuk. Pembentukan tulang pendek dan tulang panjang terjadi melalui proses ini. Osifikasi endokondral terdiri dari 2 proses. Proses pertama adalah hipertropi dan destruksi kondrosit model tulang tersebut, sehingga menghasilkan lakuna-lakuna yang meluas dan dipisahkan oleh septum matriks tulang rawan yang mengalami

kalsifikasi. Proses kedua ditandai dengan tunas osteogenik yang menembus ruang-ruang yang ditinggalkan oleh kondrosit yang mengalami degenerasi. Sel yang belum berdiferensiasi menghasilkan osteoblas yang membentuk matriks tulang pada sisa-sisa matriks tulang rawan yang telah mengalami kalsifikasi. Septum jaringan tulang rawan yang mengalami kalsifikasi akan bertindak sebagai penyokong untuk permulaan kalsifikasi (Junqueira dan Carneiro, 1992).

2.2. Mikromineral

Seluruh jaringan hewan dan makanan mengandung bahan-bahan anorganik atau mineral dalam jumlah yang bervariasi (Underwood, 1981). Pemberian zat-zat mineral dalam jumlah sedikit sebagai tambahan terhadap karbohidrat, lemak dan protein diperlukan agar tubuh unggas dapat berfungsi dengan sempurna dan untuk mencegah penyakit defisiensi (Anggorodi, 1994).

Underwood (1981) menyatakan bahwa mineral mempunyai 3 tipe fungsi, yaitu: (1) Komponen struktural dari organ dan jaringan tubuh; (2) Konstituen dalam cairan tubuh dan jaringan sebagai elektrolit yang berfungsi mempertahankan tekanan osmotik, keseimbangan asam basa, permeabilitas membran dan iritabilitas jaringan; (3) Katalis pada enzim dan sistem hormon, sebagai komponen integral dan spesifik dari struktur metalloenzim, serta sebagai aktivator pada sistem-sistem tersebut.

Berdasarkan konsentrasi mineral yang terdapat dalam tubuh hewan, mineral dibedakan menjadi 2 golongan, yaitu makromineral dan mikromineral. Konsentrasi mikromineral dinyatakan dalam istilah parts per million (ppm),

sedangkan konsentrasi makromineral dinyatakan dalam persentase (Anggorodi, 1994). Mikromineral adalah mineral yang dibutuhkan dalam jumlah yang sangat sedikit dan jumlahnya dalam tubuh tidak lebih dari 1/20000 berat badan (Kamal, 1994). Konsentrasi zat-zat mikromineral yang masuk tubuh bersama makanan biasanya tidak lebih dari 50 mg/kg bobot badan (Anggorodi, 1994). Apabila mikromineral yang masuk dalam tubuh terdapat dalam jumlah besar maka dapat bersifat racun bagi tubuh (Frandsen, 1996).

Mikromineral meskipun dibutuhkan dalam jumlah sedikit, namun mempunyai peran yang besar pada berbagai proses yang terjadi dalam tubuh. Fungsi utama mikromineral adalah sebagai aktivator atau unsur pokok berbagai enzim. Kelainan tulang, gangguan pertumbuhan dan reproduksi serta kematian dapat disebabkan oleh adanya defisiensi mikromineral (Anggorodi, 1994).

2.2.1. Ferrum (Fe)

Mikromineral yang paling banyak dalam tubuh hewan adalah Fe atau zat besi. Kandungan Fe kira-kira 0,005 % dari berat badan. Kira-kira 57 % dari jumlah Fe terdapat dalam hemoglobin darah, dan 7 % terdapat dalam mioglobin (Wahju, 1997).

Fungsi utama Fe adalah terlibat dalam pengangkutan oksigen dalam darah dan transfer elektron (Linder, 1992). Oksigen akan diabsorpsi dan ditransfer ke sel-sel dan dari sel-sel ini oksigen dilepaskan, kemudian disimpan dalam ikatan dengan mioglobulin di dalam sel. Unsur Fe merupakan komponen yang aktif dari beberapa enzim yaitu sitokrom peroksidase dan katalase. Proses metabolisme

yang menyangkut Fe tergantung pada perubahan ferro menjadi ferri, dengan kata lain dapat dikatakan bahwa fungsi utama Fe adalah sebagai mediator proses-proses oksidasi. Fungsi Fe lainnya adalah sebagai pengangkut hidrogen menuju sel sebagai bagian dari sistem transpor elektron dalam sel (Tillman *et al.*, 1991).

Defisiensi Fe menyebabkan terhambatnya sintesis eritrosit oleh sumsum tulang karena Fe merupakan bagian dari hemoglobin. Sintesis yang terganggu akan menyebabkan jumlah eritrosit berkurang dan kadar hemoglobin rendah sehingga terjadi anemia (Tillman *et al.*, 1991).

2.2.2. Cuprum (Cu)

Distribusi Cu adalah di semua jaringan tubuh, yaitu hati, otak, jantung, dan ginjal (Tillman *et al.*, 1991). Darah mengandung Cu yang terdapat dalam plasma maupun eritrosit dengan konsentrasi yang hampir sama. Konsentrasi Cu paling tinggi terdapat dalam hati. Ransum yang mengandung Cu tinggi dapat meningkatkan kadar Cu dalam hati. Hati merupakan organ penyimpan utama Cu sehingga kriteria untuk defisiensi Cu adalah konsentrasi Cu di hati dan darah (Wahju, 1997).

Peran Cu antara lain sebagai biokatalisator dalam tubuh dan enzim yang tergantung pada Cu. Beberapa koenzim antara lain sitokrom oksidase, urikase, dan lisil oksidase (Tillman *et al.*, 1991). Unsur Cu juga esensial bagi pertumbuhan dan pembentukan hemoglobin, namun Cu bukan merupakan bagian dari hemoglobin (Underwood, 1981). Martin *et al.* (1978) menyatakan bahwa selain

berperan dalam sintesis hemoglobin, unsur Cu juga berperan dalam pembentukan tulang normal dan mempertahankan myelin dalam system saraf.

Kebutuhan Cu untuk unggas adalah 5 mg/kg (Wahju, 1997). Penambahan Cu tidak selalu merupakan prosedur yang aman karena dapat menyebabkan anemia, keracunan Cu atau defisiensi Zn meskipun pakan mengandung Fe dan Zn yang cukup (Underwood, 1981). Defisiensi Cu pada hewan menimbulkan anemia disamping perubahan-perubahan pada tulang dan kulit. Adanya defisiensi tersebut dapat mengakibatkan kehilangan kalsium dan flour dari tulang tubuh sehingga tulang menjadi rapuh dan mudah patah (Anggorodi, 1994). Tillman *et al.* (1991) menyatakan bahwa defisiensi Cu juga menyebabkan tidak berfungsinya jaringan pengikat dan gangguan kardiovaskuler.

2.2.3. Zinkum (Zn)

Distribusi unsur Zn adalah di berbagai jaringan tubuh hewan. Konsentrasi Zn tertinggi terdapat dalam jaringan penutup (integumen), yaitu pada kulit, rambut dan bulu, serta pada tulang (Linder, 1992). Unsur Zn terlibat dalam fungsi berbagai enzim sebagai kofaktor dari lebih 30 enzim yang berperan dalam proses-proses metabolisme dan merupakan unsur pokok dari metaloenzim (Anggorodi, 1994).

Unsur Zn berfungsi dalam metabolisme melalui 2 cara yaitu sebagai komponen dari enzim dan memulai konfigurasi struktur ligan organik non enzim tertentu (Tillman *et al.*, 1991). Enzim-enzim yang dipengaruhi berhubungan dengan metabolisme karbohidrat dan energi, degradasi dan sintesis asam amino,

biosintesis heme dan transpor CO_2 (karbonik anhidrase). Pengaruh paling nyata adalah dalam metabolisme fungsi dan pemeliharaan kulit, pankreas, dan organ-organ reproduksi jantan (Linder, 1992).

Defisiensi Zn pada unggas menyebabkan abnormalitas skeletal, abnormalitas pertumbuhan dan sejumlah penyakit kulit, terutama di kaki. Kekurangan unsur Zn juga menyebabkan terhambatnya pertumbuhan bulu, pernafasan abnormal serta pemendekan dan penebalan tulang panjang (Underwood, 1981).

Tabel 01. Kebutuhan Zat Mineral Ayam menurut Umur

Unsur	Umur Ayam (Minggu)	
	0-8	8-20
Kalsium (%)	1,0	0,6
Fosfor (%)	0,45	0,4
Natrium (%)	0,15	0,12
Kalium (%)	0,4	0,4
Klor (%)	0,15	0,1
Magnesium (mg/kg)	500	500
Mangan (mg/kg)	50	50
Zinkum (mg/kg)	40	30
Ferrum (mg/kg)	80	45
Cuprum (mg/kg)	5	5
Molybdenum (mg/kg)	0,2	0,2
Selenium (mg/kg)	0,15	0,1
Iodium (mg/kg)	0,35	0,35

(Wahju, 1997)

2.3. Peran Fe, Cu, Zn pada Osteogenesis

Konsentrasi Fe tertinggi terdapat dalam eritrosit, yaitu sebagai bagian dari molekul hemoglobin yang mengangkut oksigen dari paru-paru. Hemoglobin akan mengangkut oksigen ke sel-sel yang membutuhkannya untuk metabolisme glukosa, lipid, dan protein untuk menghasilkan energi (Muchtadi *et al.*, 1994). Energi yang dihasilkan dari metabolisme tersebut selanjutnya dapat digunakan untuk proses pertumbuhan, salah satunya adalah dalam pertumbuhan tulang.

Fungsi Cu adalah terlibat dalam metabolisme energi, perkembangan tulang dan perkembangan jaringan konektif, serta berperan dalam pembentukan darah, meskipun tidak terdapat pada molekul hemoglobin (Muchtadi *et al.*, 1994). Osteogenesis membutuhkan Cu berkaitan dengan aktivitas osteoblas dalam mengontrol aktivitas lisil oksidase, yaitu dalam pembentukan dan aktivasi lisil oksidase. Enzim lisil oksidase merupakan enzim utama dalam pembentukan ikatan silang (cross linkage) pada kolagen. Fibril kolagen yang telah berikatan silang ini selanjutnya akan membentuk komponen matriks tulang (Martin *et al.*, 1978).

Unsur Zn berfungsi dalam sintesis protein dan metabolisme (Anggorodi, 1994). Osteogenesis memerlukan unsur Zn dalam proses deposisi unsur Ca dan P melalui aktivitas enzim alkalin fosfatase. Proses ini merupakan proses utama dalam pertumbuhan tulang yang menyebabkan mengendapnya Ca dan P untuk membentuk kristal hidroksi apatit, dikenal dengan proses kalsifikasi (Anderson, 1960).

2.4. Hipotesis Penelitian

Mikromineral sangat essential bagi makhluk hidup meskipun dibutuhkan dalam jumlah yang sedikit. Unsur-unsur mikromineral seperti Fe, Cu, dan Zn berperan sebagai unsur pokok enzim mempengaruhi struktur enzim tertentu yang diperlukan dalam berbagai proses metabolisme. Pertumbuhan dan perkembangan tulang senantiasa terjadi sebagai hasil dari proses metabolisme. Berdasarkan hal tersebut, secara garis besar dapat diketahui bahwa ketiga mikromineral tersebut (Fe, Cu, Zn) mempunyai peran dalam proses metabolisme pendukung pertumbuhan tulang.

Berdasarkan uraian di atas dapat disusun hipotesis bahwa pemberian larutan mikromineral Fe, Cu, Zn dan kombinasinya sebagai air minum akan meningkatkan bobot, panjang dan diameter tulang ekstremitas posterior ayam (*Gallus sp.*), sehingga kombinasi larutan mikromineral Fe, Cu, Zn memiliki efektivitas yang tinggi jika dimanfaatkan sebagai air minum dalam pemeliharaan ayam.

