

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Mineral

Nutrisi digunakan oleh hewan untuk keperluan hidup pokok dan produksinya. Frandson (1993) menyatakan fungsi nutrisi adalah sebagai pengganti jaringan pada hewan-hewan dewasa serta membangun jaringan baru pada hewan muda. Selain itu juga bersifat esensial sebagai sumber energi.

Terdapat enam komponen makanan yang dibedakan menurut sifat dan komponen kimiawinya yaitu karbohidrat, protein, lemak, mineral, vitamin, dan air. Mineral yang ditemukan dalam pakan terdiri dari makromineral, merupakan elemen esensial yang dibutuhkan dalam jumlah relatif besar dan mikromineral yang dibutuhkan dalam jumlah lebih kecil (Pond dan Church, 1982).

Fungsi mineral secara umum adalah sebagai komponen struktural pada jaringan dan organ tubuh, terdapat dalam cairan tubuh dan jaringan sebagai elektrolit terutama berhubungan dalam tekanan osmotik, keseimbangan asam dan basa, permeabilitas membran, katalis dalam enzim dan sistem hormon membentuk komponen spesifik dan bersatu dalam struktur metalloenzim (Underwood, 1981).

A.1 Tembaga (Cu)

Pada kebanyakan species, jaringan dengan Cu dalam konsentrasi tinggi terdapat pada hati, otak, ginjal, jantung, bagian dari pigmen mata; pankreas, limpa, otot, kulit dan tulang dengan konsentrasi sedang; dan dengan konsentrasi rendah pada tiroid, pituitari, dan thimus (Pond dan Church, 1982)

Tembaga dibutuhkan untuk aktivitas enzim yang berhubungan dengan metabolisme besi, elastin dan formasi kolagen, produksi melanin serta berintegrasi

dengan sistim syaraf pusat (Pond dan Church, 1982). Merupakan biokatalisator dalam tubuh, membentuk metalloprotein antara sitokrom oksidase, tirosinase dan lisil oksidase (Tillman *et al* , 1991).

Situs absorpsi Cu terjadi pada saluran tractus digestivus bervariasi menurut speciesnya; pada anjing absorpsi terutama terjadi di jejunum, pada tikus terjadi pada usus kecil dan kolon, di dalam duodenum pada ayam (Pond dan Church, 1982). Absorpsi Cu di dalam usus sebagian di atur oleh protein yang banyak mengandung sulfur di dalam sel-sel atau berhubungan erat dengan bagian tionin dari metalloprotein (O'dell, 1988). Pada sel epitelium duodenal ayam telah ditemukan Cu yang terikat dengan protein yang diasumsikan memainkan peranan dalam absorpsi Cu. Linder (1992) menyatakan hasil pengamatan dengan tikus menunjukkan bahwa kadar metallothionin dalam sel-sel epitelium intestinum menentukan jumlah Cu-diet yang masuk.

Dalam plasma darah, tembaga mula-mula diikat pada albumin dan transkuprein dan dibawa ke hati kemudian akan mengalami proses : (1) bersatu sebagai komponen seruloplasmin dan protein atau enzim yang spesifik, atau (2) hilang melalui empedu.

Defisiensi pada hewan yang kekurangan unsur ini mengakibatkan anemia, merupakan gejala umum pada semua species (Anggorodi, 1994; Tillman *et al*, 1991, O'dell , 1988). Swenson (1977) menyatakan gangguan klinik yang terjadi dengan adanya defisiensi Cu antara lain gangguan pertumbuhan tulang, depigmentasi dan pertumbuhan abnormal pada bulu.

A.2 Seng (Zn)

Seng terdistribusi secara luas pada jaringan tubuh, dengan konsentrasi tinggi dalam hati, tulang, ginjal, otot, pankreas, mata, kulit dan bulu (Pond dan Church, 1982). Fungsi biokimia Zn berhubungan dengan fungsi enzim yang dikandungnya. Seng dibutuhkan untuk sintesis protein dan metabolisme (Pond dan Church, 1982). Enzim timidin kinase merupakan enzim yang sangat peka terhadap kekurangan Zn, diperlukan dalam proses fosforilasi deoksi timidin untuk penggabungan dalam asam deoksiribonukleat. Enzim tersebut diperlukan untuk sintesis DNA (Anggorodi, 1994). Defisiensi Zn pada jaringan yang sedang tumbuh dengan cepat akan menurunkan sintesis DNA, RNA dan protein yang dapat menyebabkan tidak terjadinya proses pembelahan dan pergantian seluler (Evans dan Sandstead, 1988).

Absorpsi Zn pada tractus digestivus terjadi pada intestinum kecil. Pengaturan absorpsi terjadi pada sel intestinum. Transfer Zn keluar dari sel mukosa intestinum pada plasma diatur oleh metallothionein (Pond dan Church, 1982). Seng diekresikan dari dalam tubuh selain melalui pankreas dan empedu sebagian juga hilang melalui keringat, rambut, kulit, dan urin (Linder, 1992).

B. Pertumbuhan Tulang

Ayam merupakan unggas yang hidup didaratan. Ayam pedaging mempunyai kecepatan pertumbuhan sangat cepat dalam satuan waktu agar tercapai berat tertentu dalam waktu singkat (Rasyaf, 1994). Ciri-ciri dari ayam pedaging adalah bentuk badan yang besar, kuat dan penuh daging, temperamen lambat dan tenang, kemampuan bertelur rendah, beberapa jenis mempunyai bulu kaki, pada jenis tertentu mempunyai sifat lambat untuk bergerak (Wiharto, 1986).

Gerakan pada unggas didukung oleh sistem kerangka yang menyusunnya. Tulang merupakan alat gerak pasif. Pada unggas, tulang yang menyusunnya bersifat pneumatik (berongga). Dua belas persen struktur tulang pada ayam adalah tipe tulang berongga (Blakely dan David, 1992).

Tulang pada dasarnya adalah bentuk jaringan pengikat padat yang terspesialisasi, matriksnya lentur dan padat. Sel pembentuk tulang adalah sel osteoblas (sel osteogenik), sel tersebut selalu ditemukan pada lapisan dalam dari periosteum disekitar tulang dan dalam endosteum dari rongga sumsum dan kanal haversi. Sel ini berfungsi pada pertumbuhan tulang dan pada perbaikan fraktur (Bevelander dan Ramaley, 1988).

Tulang mengandung matriks, dengan mineral dalam bentuk kristal hidroksiapatit, selain itu juga menunjukkan sejumlah magnesium, sodium, tembaga, mangan dan yodium (Thomas dan Rook, 1983). Matriks organik penyusun tulang terdiri dari kolagen (Bloom dan Fawcett dalam Thomas dan Rook, 1983). Fibril kolagen terdiri dari subunit protein yang berpolimerasi. Subunit ini adalah suatu molekul panjang yang disebut tropokolagen. Tropokolagen terdiri dari 3 rantai polipeptida (Martin, 1992). Kolagen pada tulang akan terorganisir pada susunan yang kompleks. Pola organ tulang yang masak berupa lapisan serabut kolagen yang terdeposit secara berlapis-lapis membentuk lamela (Bevelander dan Ramaley, 1988).

Tulang selalu terbentuk dalam kerangka jaringan pengikat yang telah ada sebelumnya. Perbedaan-perbedaan dalam perkembangan terjadi karena dalam embrio beberapa tulang itu diendapkan dalam mesenkim yang belum terdiferensiasi (pembentukan tulang intramembran). Di bagian lain dari tubuh terjadi pembentukan tulang yang didahului oleh sistem tulang rawan penunpung sementara

(pembentukan tulang endokondral). Pembentukan matriks tulang dan osifikasi (pemulangan) merupakan proses penting dalam kedua hal tersebut (Bevelander dan Ramaley, 1988).

Osifikasi membranosa terutama terjadi dalam tulang-tulang tengkorak pipih dan klavikula (tulang selangka). Proses osifikasi endokondral terjadi pada kebanyakan tulang panjang. Tulang panjang adalah tulang yang mempunyai ukuran yang lebih besar pada salah satu sisi yang lain. Masing-masing terdiri dari bagian batang yang relatif silindris (diaphisis) dan dua ekstremitas yang disebut epifisis (Frandsen, 1992).

Pertumbuhan tulang panjang dimulai dengan proses mineralisasi jaringan tulang rawan (kartilago) yang kemudian digantikan perlahan-lahan dengan jaringan tulang (Frandsen, 1992). Tulang panjang dapat melanjutkan pertumbuhan panjangnya jika kartilago antara epifisis dan diaphisis melanjutkan pertumbuhannya. Jika semua kartilago ini telah berubah menjadi tulang, pertumbuhan panjangnya tidak mungkin terjadi. Tulang panjang bertambah diameternya karena aktivitas periosteum disekitar korteks tulang (Frandsen, 1992 ; Dellman dan Brown, 1987).

C. Peranan Cu dan Zn pada Pertumbuhan Tulang

Underwood (1981) menyatakan terdapat kejadian fraktur tulang secara spontan pada domba dan ternak yang memakan rumput pada pastura dengan kadar tembaga rendah. Perubahan tulang juga terjadi pada ayam dan babi. Suttle (1972) dalam Underwood (1981) menyatakan perubahan ini terjadi dengan adanya reduksi dan penghentian aktivitas osteoblastik. Kejadian ini menunjukkan bahwa osteoblast bagian yang paling sensitif terhadap defisiensi tembaga.

Aktivitas sel osteoblas meliputi pembentukan matriks dan mineralisasi (Junquera dan Cornerio, 1991). Peranan Cu yang berkaitan dengan aktivitas osteoblas adalah pada keterlibatannya mengontrol aktivitas lisil oksidase seperti dinyatakan oleh O'dell (1988) bahwa Cu mengawasi 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 inilah yang selanjutnya akan membentuk komponen matriks tulang (Martin, 1992).

Kolagen yang telah terbentuk ini selanjutnya akan menyebabkan pengendapan garam-garam kalsium fosfat. Terdapat beberapa teori yang menjelaskan mengenai keterlibatan kolagen pada proses pengendapan. Guyton (1992) menyatakan fibril kolagen dapat beraksi sebagai pusat nukleasi (pembentukan kristal permulaan) untuk deposisi atau presipitasi garam kalsium fosfat. Deposisi dari fase mineral menunjukkan terjadi pada permukaan fibril kolagen pada matriks organik (Glimcher, 1968 dalam Swenson, 1977). Ruangan ini tidak hanya memberikan situs nukleasi tetapi juga lingkungan mikro untuk fase transisi dari larutan ke bentuk padat.

Jackson (1957) dalam Swenson (1977) menyatakan bahwa permulaan deposisi partikel apatit dalam tulang periosteal embrionik aves tidak hanya terjadi pada permukaan kolagen tetapi juga di dalam fibril tersebut. Diperlihatkan bahwa awal deposisi bahan terutama berlokasi diantara ikatan. Permulaan formasi kristal terlihat di dalam atau pada fibril kolagen dalam hubungan antar ruang ke molekul struktural pada fibril kolagen itu sendiri. Hal tersebut menjelaskan peran nyata keterlibatan kolagen pada proses kalsifikasi.

Awal situs nukleasi yang berhubungan dengan ion kalsium dan fosfat tidak dapat dijelaskan dengan tepat. Rasmussen dan Bordier (1974) dalam Swenson (1977) menjelaskan bahwa fosfat pertama kali berikatan dengan kolagen, selanjutnya bergabung dengan Ca .

Peranan seng pada pertumbuhan tulang dapat teramati dengan terjadinya itu pertumbuhan tulang abnormal, hal ini mungkin berhubungan dengan gagalnya perkembangan dari sel kartilago pada daerah lempeng epifisial dan penurunan aktivitas osteoblastik pada *bone collar* (Swenson, 1977).

Anderson (1960) menyatakan, Zn diperlukan dalam proses deposisi unsur Ca dan P melalui aktifitas enzim alkalin fosfatase. Proses ini merupakan proses utama dalam pertumbuhan tulang yang mengakibatkan mengendapnya Ca dan P untuk membentuk kristal hidroksiapatit, proses ini dikenal dengan proses kalsifikasi.

Proses kalsifikasi yang melibatkan enzim alkalin fosfatase mekanismenya dijelaskan Ganong (1992) sebagai berikut; kalsium fosfat akan diendapkan tergantung pada perkalian konsentrasi Ca^{2+} dan PO_4^{4-} , pada nilai tertentu dari perkalian ini (perkalian solubilitas) larutan dijenuhkan. Bila kalsium dan fosfat melebihi perkalian solubilitas, maka kalsium fosfat akan mengendap. Osteoblas di dalam tulang disertai dengan alkalin fosfatase yang menghidrolisis ester fosfat. Fosfat yang dilepaskan oleh hidrolisis ester akan meningkatkan konsentrasi fosfat didekat dan melebihi tingkat solubilitas sehingga kalsium fosfat akan mengendap.