

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum Tulang dan Otot

A.1 Tulang

Tulang merupakan unsur kerangka tubuh yang berfungsi menyokong struktur-struktur berdaging dan melindungi organ-organ yang lemah dan vital (Janqueira dan Carneiro, 1995).

Tulang terdiri dari unsur seuler yaitu: osteosit, osteoblast, dan osteoklast, serta matriks tulang. Permukaan bagian dalam tulang dilapisi oleh jaringan penyambung yang disebut endosteum sedangkan permukaan bagian luar dilapisi lagi oleh periosteum. Berdasarkan bentuknya tulang dapat dibedakan menjadi tiga yaitu : tulang panjang, tulang pendek, dan tulang pipih. Berdasarkan sifatnya, tulang dapat digolongkan menjadi dua yaitu : tulang kompak dan tulang spongiosa (Telford dan Briggman, 1995).

A.2 Otot

Menurut Bavelander dan Ramaley (1988), menyebutkan bahwa jaringan otot dalam tubuh dapat dibedakan menjadi tiga macam yaitu :

1. Otot polos ialah jaringan otot yang tersusun oleh sel otot yang berbentuk seperti gelendong dengan satu inti di bagian tengah dan bekerja diluar kontrol kesadaran kita (involunter).

2. Otot jantung ialah jaringan otot yang tersusun atas serabut otot bergaris melintang yang dihubungkan oleh *discus intercalatus*, inti sel berada di tengah, bekerja diluar kontrol kesadaran kita (involunter) dan otot ini khusus terdapat pada organ jantung.
3. Otot seran lintang ialah jaringan otot yang tersusun sebagai berkas yang dibungkus oleh jaringan pengikat fibrosa, dan memperlihatkan garis-garis yang melintang. Berinti banyak dan terletak di bagian tepi. Bekerja di bawah kontrol kesadaran kita (volunter) (Frandsen, 1992).

Otot skeleton umumnya tersusun oleh fibril otot seran lintang. Kumpulan fibril-fibril otot akan membentuk muskulus dengan struktur sebagai berikut: beberapa fibril otot akan membentuk serabut otot yang terbungkus oleh jaringan pengikat yang disebut endomisium. Kumpulan beberapa serabut otot yang terbungkus endomisium tersebut akan membentuk fasikulus yang dibungkus oleh jaringan pengikat yang disebut perimisium, dan kumpulan beberapa fasikulus akan membentuk muskulus secara utuh yang terbungkus oleh jaringan pengikat yang disebut epimisium (Subowo, 1992).

B. Pertumbuhan

Telah diketahui bahwa pertumbuhan merupakan suatu proses fisiologis yang menyebabkan terjadinya pertambahan massa, ukuran, berat, dan volume per satuan waktu. Pertumbuhan menurut Anggorodi (1994) menyebutkan bahwa pertumbuhan merupakan manifestasi dari perubahan dalam unit-unit terkecil, yaitu

sel, yang mengalami hiperplasia dan hipertropi. Widdowson (1980), menyebutkan bahwa jaringan dan organ tersusun atas sel, sehingga jika sel mengalami pertumbuhan maka organ dan jaringan tersebut akan mengalami pertumbuhan pula.

Pertumbuhan murni meliputi perubahan bentuk serta berat dari jaringan seperti tulang, otot, otak, jantung dan jaringan lain (Anggorodi, 1994). Adapun kecepatan pertumbuhan mempunyai tahap yang berbeda-beda tergantung usia dan jenis organ. Pada usia sebelum pubertas, kecepatan pertumbuhan berada dalam tahap yang dipercepat, sedangkan setelah usia pubertas hingga dewasa, kecepatan pertumbuhan berada dalam tahap lambat. Kecepatan pertumbuhan tiap organ berbeda satu sama lain, menurut Soeparno (1994) menyebutkan bahwa urutan kecepatan pertumbuhan organ dalam mencapai pertumbuhan yang maksimal adalah: syaraf, tulang, otot, dan lemak.

Periode pertumbuhan pada hewan dapat dibedakan menjadi dua periode utama yaitu periode prenatal (pertumbuhan sebelum lahir) dan periode postnatal (pertumbuhan setelah lahir). Pertumbuhan prenatal berlangsung sejak awal fertilisasi hingga pada saat hewan lahir sebagai individu baru, contohnya pada ayam hanya berlangsung 21 hari. Pertumbuhan postnatal berlangsung sejak hewan dilahirkan hingga dewasa (Anggorodi, 1994).

B1. Histogenesis, pertumbuhan, dan perkembangan tulang.

Histogenesis jaringan tulang berkembang dari osifikasi intramembranosa, yang terjadi dalam suatu lapisan (membran) jaringan penyambung atau dengan

osifikasi endokondral yang terjadi dalam suatu model tulang rawan, yang secara perlahan mengalami kalsifikasi (Jangqueira dan Carneiro, 1995).

Pertumbuhan pada tulang agak sedikit berbeda dengan jaringan lain karena pertumbuhan tulang hanya berupa peningkatan ukuran tanpa disertai dengan perubahan bentuk (Davies, 1982). Pertumbuhan tulang panjang merupakan suatu proses yang kompleks. Pertambahan panjang suatu tulang panjang terjadi karena aktivitas lempeng epifisial. Sel-sel tulang rawan pada lempeng epifisial aktif mengalami hiperplasia sehingga jumlah sel bertambah dan menyebabkan pemanjangan tulang. Pertumbuhan membesar pada tulang disebabkan karena trabekula tulang yang terdapat pada manset tulang (bone collar) berkembang menjadi substansi padat yang membentuk osteon primer. Bersamaan dengan itu, periosteum tumbuh melebar secara radial ke arah luar dan pada bagian endosteum mengalami resorpsi oleh sel osteoklast (Dellman dan Brown, 1988).

B2. Histogenesis, pertumbuhan, dan perkembangan otot

Otot polos, otot jantung, maupun otot seran lintang terdiferensiasi dari myoblast yang berasal dari lapis benih tengah kecuali pada beberapa otot tertentu. Sel-sel dari myoblast tersebut akan berdiferensiasi dengan memanjang membentuk otot dengan sifat yang tertentu (Jangqueira dan Carneiro, 1995).

Pada fase awal, myoblast berhubungan membentuk sinsitium. Miofilamen yang seperti benang tersusun memanjang pada myoblast yang memanjang. Pada sarkoplasma tampak granula-granula sitoplasma yang tersusun linear dan bersatu.

Fibril tipis yang paling primitif bergabung menjadi fibril-fibril majemuk dan fibril-fibril ini bertambah dengan cepat dengan cara membelah diri.

B3. Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Tulang dan Otot

Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan pada tulang dan otot pada dasarnya adalah analog dengan faktor yang mempengaruhi pertumbuhan. Faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan disamping faktor genetik, faktor hormonal, dan lingkungan adalah faktor pakan baik dari segi kualitas maupun kuantitas (Anggorodi, 1994).

Faktor genetik, memiliki peran yang penting dalam mempengaruhi pertumbuhan. Pertumbuhan antara strain satu dengan yang lain akan berlainan sesuai dengan materi/kode genetik yang terdapat dalam DNA-nya.

Faktor hormonal dapat mempengaruhi pertumbuhan karena kondisi yang memacu sekresi dan juga respon hormonal yang terdapat dalam satu individu satu dengan yang lain akan berbeda, terutama hormon yang memacu pertumbuhan seperti hormon tumbuh (growth hormon). Adanya perbedaan tersebut tentunya akan mempengaruhi ekspresi pertumbuhan suatu hewan.

Faktor lingkungan dapat berpengaruh pada pertumbuhan. Sebagai ilustrasi, pada kondisi lingkungan yang ekstrem pertumbuhan hewan akan relatif lebih lambat karena energi yang diperoleh akan lebih cenderung digunakan untuk homeostasis daripada untuk produksi.

Faktor pakan, kandungan zat nutrisi yang memenuhi standar baik dari segi kualitas maupun kuantitas akan meningkatkan pertumbuhan dan metabolisme

tubuh. Adanya kasus kekurangan zat nutrisi pada hewan akan memperlambat puncak perubahan muskulus serta memperlambat laju penimbunan lemak. Makanan yang sempurna akan mempercepat laju puncak dari keduanya (Anggorodi, 1994).

C Kebutuhan Nutrisi pada Ayam

Pada hewan ternak baik ternak besar maupun ternak unggas membutuhkan sejumlah zat gizi yang cukup untuk kegiatan metabolisme. Zat gizi yang dibutuhkan meliputi: karbohidrat, lipid, protein, air, vitamin dan mineral serta sedikit zat aditif (Wahyu, 1992). Kebutuhan pakan sebagai sumber energi antar bangsa satu dengan yang lain dan antar umur satu dengan yang lain akan berbeda. Sebagian besar energi yang diperoleh dipergunakan untuk mempertahankan hidup (hidup pokok), dan apabila ada kelebihan barulah digunakan untuk memproduksi (Rasyaf, 1991).

Nutrisi standar pada ayam pada dasarnya sama dengan hewan lain yaitu karbohidrat, lipid, protein, air, vitamin dan mineral, namun komposisi masing-masing zat gizi tentunya akan berlainan sesuai dengan tujuan produksinya (Anggorodi, 1994). Untuk memenuhi kebutuhan nutrisi pada ayam selain komposisinya juga perlu diperhatikan jumlah konsumsinya.

Menurut Anonim (1994), ada beberapa faktor yang mempengaruhi jumlah kebutuhan pakan yang dikonsumsi ayam (pada kondisi normal dalam arti tanpa adanya gangguan penyakit). Faktor pertama adalah prosentase produksi, semakin banyak produksinya maka semakin banyak pula jumlah pakan

yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan produksi. Faktor kedua adalah ukuran tubuh, makin besar tubuh ayam maka makin banyak pula jumlah pakan yang dibutuhkan, contohnya ayam petelur tipe medium membutuhkan pakan yang lebih banyak daripada ayam petelur tipe ringan. Faktor yang ketiga adalah iklim. Iklim merupakan faktor yang dapat mempengaruhi jumlah konsumsi pakan pada ayam serta hewan pada umumnya. Iklim yang panas akan menurunkan konsumsi pakan pada ayam (Rasyaf, 1991). Menurut Williamson and Payne (1991), menyebutkan bahwa jenis unggas ringan lebih tahan terhadap suhu lingkungan daripada unggas yang lebih berat.

C1. Kebutuhan mineral pada ayam

Mineral sebagai salah satu zat gizi yang diperlukan untuk hidup pokok maupun untuk produksi, merupakan komponen esensial yang tidak dapat diabaikan keberadaannya dalam pakan ternak. Zat mineral terkandung dalam tubuh hewan kira-kira 3-5 % (Anggorodi, 1994). Sebagai bahan makanan esensial, mineral dapat dibedakan dalam dua kelompok besar. Kelompok pertama yaitu makromineral, yang terdiri atas : fosfor (P), kalsium (Ca), kalium (K), klor (Cl), natrium (Na), magnesium (Mg), dan sulfur (S). Kelompok yang kedua yaitu mikromineral yang terdiri atas : ferrum (Fe), cuprum (Cu), iodium (I), cobalt (Co), seng (Zn), mangan (Mn), selenium (Se), molibdenum (Mo), dan fluor (F). Meskipun fungsi antara satu mineral dengan yang lain sangat spesifik, namun secara umum peranan mineral dalam tubuh hewan adalah: sebagai bahan pembentuk jaringan tubuh, contoh Ca dan P pada pembentuk tulang dan gigi, selain itu

mineral berfungsi untuk memelihara keseimbangan asam dan basa dalam tubuh, misalnya dengan penggunaan Cl, P, dan S, sebagai pembentuk asam, sedangkan Ca, Fe, Mg, K dan Na sebagai pembentuk basa. Fungsi lain dari mineral yaitu sebagai pengatur kepekaan syaraf dan kontraksi otot (Muchtadi, *et al.*, 1994).

Adapun kebutuhan akan mineral antara hewan yang satu dengan yang lain akan relatif berbeda tergantung pada spesies, umur serta jenis zat mineral. Sebagai contoh kebutuhan Fe, Zn dan Cu pada ayam usia 0-8 minggu akan berbeda dengan ayam pada usia 20 minggu atau 40 minggu (Anggorodi, 1994). Kebutuhan mineral pada ayam dapat dilihat pada Tabel 01 :

Tabel 01. Kebutuhan Mineral pada Ayam

Zat Mineral	Umur (minggu)			
	0-8	8-20	20	40
	%	%	%	%
Kalsium	1,0	0,6	3,7**	3,3**
Fosfor	0,45	0,4	0,55	0,55
Natrium	0,15	0,15	0,15	0,15
Kalium	0,3	0,3	0,3	0,3
Klor	0,15	0,15	0,15	0,15
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Magnesium	500	500	500	500
Mangan	50	50	50	50
Zinkum	50	30	30	30
Ferrum	80	40	40	40
Cuprum	4	4	4	4
Molibdenum	0,2	0,2	0,2	0,2
Selenium	0,15	0,1	0,1	0,1
Iodium	0,35	0,35	0,3	0,3

* Kebutuhan sehari-hari dalam gram, prosentase tergantung laju konsumsi makanan

Sumber : Milton L. Scoot *cs.*, *Essential Inorganic Elemen Nutrition of the Chicken*, 275, 1976 (dalam Anggorodi, 1994).

C1.1. Kebutuhan , fungsi, dan metabolisme Fe pada ayam.

Menurut Anggorodi (1994), menyebutkan bahwa kebutuhan unsur Fe pada ayam petelur 0-8 minggu kurang lebih dua kali lebih besar dibanding usia setelahnya. Kebutuhan mikromineral Fe pada anak ayam kurang lebih 80 mg/kg pakan. Gejala yang nampak akibat dari defisiensi Fe terutama adalah terjadi anemia pada hewan tersebut (Anggorodi, 1994)

Fungsi utama mineral Fe adalah sebagai pengangkut O_2 dan CO_2 , juga sebagai pengangkut hidrogen dalam sel. Selain itu Fe merupakan komponen aktif beberapa enzim seperti sitokrom peroksidase dan katalase. Pada beberapa penelitian Fe berperan dalam sintesis kolagen yang diduga dengan jalan hidroksilasi terhadap prolin dan lysin (Tilman, *et al.*, 1991).

Unsur Fe diserap melalui usus halus dan sebagian lagi di lambung. Hewan biasanya menyerap Fe sesuai dengan kebutuhannya. Penyerapan Fe akan terus ditimbun dan tidak akan dilepaskan sampai jumlah tertentu (Anggorodi, 1994). Penyimpanan Fe dalam tubuh terutama pada sel-sel darah yaitu pada hemosiderin kurang lebih 35% dan dalam bentuk feritin kurang lebih 23% (Anggorodi, 1994). Pada dasarnya terdapat lima urutan metabolisme Fe dalam tubuh, yaitu: (1) penyerapan atau absorpsi, (2) transportasi (3) pemanfaatan, (4) penyimpanan, dan (5) ekskresi (Muchtadi, *et al.*, 1994). Besi yang ada dalam tubuh berasal dari tiga sumber yaitu dari hasil hemolisis, besi yang diambil dari penyimpanan dalam tubuh, dan besi yang diserap dari saluran pencernaan (Winarno, 1992). Pada saluran pencernaan terjadi proses reduksi Fe dari bentuk feri (Fe^{3+}) menjadi fero (Fe^{2+}) yang mudah diserap (Winarno, 1992).

C1.2. Kebutuhan, fungsi, dan metabolisme Cu pada ayam

Unsur Cu merupakan salah satu unsur esensial dalam pakan yang sangat dibutuhkan oleh ayam serta hewan pada umumnya dan juga oleh tumbuhan. Kebutuhan Cu kurang lebih sepersepuluh dari kebutuhan Fe (Anggorodi, 1994).

Komposisi Cu dalam tubuh hewan sangat bervariasi antara satu dengan yang lainnya, demikian pula distribusinya. Distribusi Cu dalam tubuh hewan terutama pada hepar. Pada ayam distribusinya meliputi hepar 18-20%, musculus 30-32 %, tulang 25-28 %, integumentum dan bulu 25-28 %, darah 5-6%, dan organ lain 8-12 %. Berdasarkan kandungan Cu tertinggi pada tubuh hewan, maka dapat dibedakan menjadi tiga kelompok. Kandungan Cu tinggi terdapat pada hepar, lien, tulang, dan integument. Kandungan Cu sedang, terdapat pada musculus, ren, dan jantung. Kandungan Cu rendah terdapat pada endokrin dan organ reproduksi (Praseno, 1994 b).

Defisiensi Cu mengakibatkan lambatnya laju pertambahan bobot badan (Ekperigin & Vohra, 1981), disamping itu dapat menyebabkan pembengkakan fibril elastin pada ayam. Pada mammalia dan aves menyebabkan hambatan perkembangan dan pertumbuhan hewan tersebut, serta menurunkan aktivitas enzim sitokrom yang berperan dalam proses respirasi, dan spesifik pada ayam dapat menyebabkan osteoporosis. Gejala lain yang sering timbul adalah diare dan anemia (Anggorodi, 1994).

Fungsi Cu dalam tubuh antara lain berperan dalam hemopoesis, osteogenesis, pigmentasi, dan keratinisasi bulu (Mc Naughton dan Day, 1978). Fungsi lain dari Cu antara lain berperan dalam proses enzimatik seperti enzim

respirasi (sitokrom oksidase), eritropoiesis, tirosinase, (Praseno, 1994 a), dan sintesis jaringan pengikat, serta berperan dalam pembentukan matriks tulang (O'Dell, 1988), (Tilman, *et al*, 1991). Suttle (1987) menyebutkan bahwa Cu berperan dalam pembentukan serabut elastin, dan menurut Ward (1995) Cu berperan pula dalam memacu pertumbuhan.

Metabolisme Cu dimulai dengan proses absorpsi Cu di lumen intestinum. Lokasi penyerapan pada hewan yang satu dengan yang lain berbeda-beda (Church and Pond, 1982). Disebutkan pula oleh Russel dan Dowell (1992) bahwa penyerapan Cu dapat terjadi di semua segmen saluran gastrointestinal, namun yang utama terdapat pada intestinum. Setelah proses penyerapan Cu diangkut oleh protein prostetik terutama adalah ceruloplasmin (Camakaris, 1988) yang kemudian diedarkan ke berbagai organ seperti tulang, otot, otak, hati dan sebagainya.

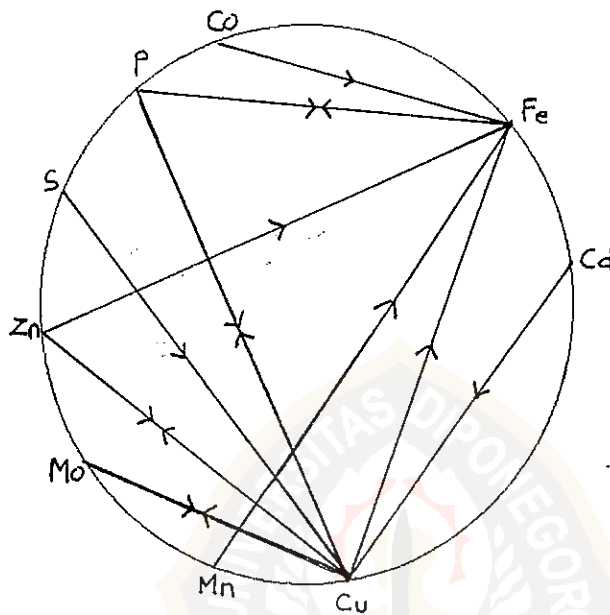
C1.3. Interaksi Fe dan Cu

Mekanisme hubungan antara Fe dan Cu dalam pakan memang belum diketahui secara pasti (Gawthorne, 1988), namun pada suatu penelitian menyebutkan bahwa Fe dan Cu sama-sama berperan dalam proses hemopoiesis, peningkatan Hemoglobin (Hb), peningkatan Packed Cell Volume (PCV), dan peningkatan bobot ayam (Mc Naughton and Day, 1968) dan Cu dapat membantu penyerapan Fe (Lehninger, 1991).

Menurut Alubaidi dan Sullivan dalam McNaughton and Day (1969) menyebutkan bahwa untuk permulaan anak kalkun 48-58 ppm Fe dan 5,8 ppm Cu dapat diberikan untuk memaksimalkan bobot badan dan hemoglobinnya. Hal itu menunjukkan bahwa mikromineral terutama Fe dan Cu memiliki interelasi

(hubungan) satu sama lain sehingga mikromineral -mikromineral tersebut dapat berinteraksi satu sama lain pada kondisi spesifik dalam tubuh hewan.

Adapun untuk lebih memperjelas interelasi antara Fe dan Cu secara skematis dapat dilihat pada (gambar 01) (Tilman *et.al* 1991).



Gambar 01. Interelasi mineral dalam tubuh hewan (terutama Fe dan Cu)

Keterangan :

- Unsur Fe :
- Fe mempengaruhi absorpsi P dan sebaliknya.
 - Penggunaan Fe oleh tubuh akan dipengaruhi oleh keberadaan Mn.
 - Penimbunan Fe dipacu oleh adanya defisiensi Co.

- Unsur Cu :
- Cu di butuhkan untuk sintesis fosfolipid..
 - Cu yang rendah dan Mo yang tinggi menyebabkan kehilangan P.
 - Cu diperlukan untuk metabolisme Fe.
 - Defisiensi Cu akan diperberat oleh adanya Cd.
 - Timbunan Cu dan Fe dalam hati akan dapat dikurangi oleh kadar Zn yang tinggi.