

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ayam Broiler

Broiler adalah jenis ayam dari ras pedaging. Ayam broiler merupakan jenis ras unggulan hasil persilangan dari bangsa-bangsa ayam yang memiliki produktivitas tinggi, terutama dalam memproduksi daging ayam (Anita dan Widagdo, 2011). Ayam ras terdiri dari berbagai *strain* atau galur. Setiap *strain* atau galur diberi nama menurut perusahaan pembibitan (*breeding farm*) yang memproduksinya (Rasyaf, 2003). Ayam broiler yang ada sekarang mempunyai ciri ukuran tubuh besar, proporsi daging karkas tinggi, pertumbuhan cepat, warna kulit putih atau kuning bersih dan dapat tumbuh dalam waktu kurang lebih 5 minggu.

Pertumbuhan dapat didefinisikan sebagai penambahan jumlah ataupun ukuran sel, bentuk dan berat jaringan-jaringan tubuh seperti tulang, urat daging, jantung, otak serta semua jaringan tubuh lainnya yang berperan di dalam pertumbuhan kecuali jaringan lemak dan pertumbuhan terjadi dengan cara yang teratur (Anggorodi, 1995). Menurut Suprijatna *et al.* (2008), pertumbuhan terjadi pada bentuk yang paling kecil yaitu jaringan sel dimana sel akan membelah dari 1 sel menjadi 2 kemudian dari 2 menjadi 4 dan seterusnya namun dalam proses pembelahan tidak terjadi secara kontinyu dan menentu. Pertumbuhan ayam broiler dipengaruhi oleh faktor genetik, dimana masing-masing ternak mempunyai

kemampuan tumbuh yang berbeda-beda. Setiap minggunya pertumbuhan ayam broiler mengalami peningkatan sehingga mencapai pertumbuhan maksimal.

2.2. Ransum dan Kebutuhan Nutrien Ayam Broiler

Ransum adalah formulasi bahan pakan yang disusun menggunakan lebih dari satu bahan pakan yang diberikan pada ternak untuk memenuhi kebutuhan selama 24 jam yang dapat diberikan sekali atau beberapa kali agar tidak mengganggu kesehatan ternak, pertumbuhan dan produksi (Anggorodi, 1995). Ransum terdiri atas berbagai macam bahan organik dan anorganik yang diberikan kepada ternak untuk memenuhi kebutuhan nutrien yang diperlukan bagi pertumbuhan, perkembangan, dan reproduksi. Nutrien tersebut dapat dibagi menjadi enam kelas yaitu karbohidrat, lemak, protein, mineral, vitamin dan air. Menurut Wahyu (2004), faktor yang mempengaruhi konsumsi ransum antara lain umur, nutrisi ransum, kesehatan, bobot badan, suhu dan kelembaban serta kecepatan pertumbuhan, ransum yang diberikan harus dapat memenuhi kebutuhan zat-zat makanan ternak sesuai dengan periode pertumbuhan dan produksi guna untuk memperoleh produksi yang optimal dan penyusunan ransum yang tepat sesuai dengan kebutuhan tiap periode dipengaruhi oleh nilai gizi bahan pakan yang digunakan. Ayam mengkonsumsi ransum untuk memenuhi kebutuhan energinya, sebelum kebutuhan energinya terpenuhi, ayam akan terus makan. Energi terkadang dimasukkan sebagai zat makanan karena dihasilkan dari proses metabolisme dalam tubuh dari bahan karbohidrat, lemak dan protein (Suprijatna *et al.*, 2008).

2.2.1. Energi

Ransum yang dikonsumsi berguna untuk memenuhi kebutuhan energi, memelihara fungsi tubuh dan mengatur reaksi-reaksi sintesis dalam tubuh. Energi tersebut dapat dimanfaatkan melalui proses panjang yaitu melalui pencernaan, penyerapan, dan metabolisme (Suprijatna *et al.*, 2008). Hasil penelitian pendahulu dengan materi broiler umur 33 hari menunjukkan bahwa rata-rata energi metabolisme ransum sebesar 3.418,49 kkal/kg (Suryanto, 2008). Ayam cenderung meningkatkan konsumsinya jika diberi ransum yang rendah nilai energinya. Ketika energi diturunkan di bawah kebutuhan untuk hidup pokok dari fungsi-fungsi tubuh yang vital, maka ayam akan kehilangan beratnya (protein dan jaringan tubuh dipergunakan untuk energi). Kelebihan energi dalam ransum mengakibatkan ayam mendapat energi yang cukup dengan jumlah konsumsi yang sangat rendah, sehingga menurunkan konsumsi protein yang diperlukan untuk pertumbuhan optimum (Wahju, 2004).

2.2.2. Karbohidrat

Fungsi utama karbohidrat adalah sebagai sumber energi. Apabila semua kandungan ransum terdiri dari karbohidrat, terjadi defisiensi karbohidrat, yaitu dimanifestasikan terutama sebagai pertumbuhan yang buruk. Unit dasar karbohidrat adalah gula sederhana, yaitu heksosa karena setiap molekul mengandung enam atom karbon (North dan Bell, 1990). Karbohidrat yang berguna bagi unggas adalah gula-gula heksosa, sukrosa, maltosa dan pati (Suprijatna *et al.*, 2008).

Karbohidrat tersusun atas unsur H dan O. Klasifikasi karbohidrat menurut kompleksitas terdiri atas monosakarida, disakarida, trisakarida dan polisakarida. Karbohidrat yang sulit dicerna yaitu dalam bentuk serat kasar. Serat kasar mengandung selulosa hemiselulosa dan polisakarida lain yang berfungsi sebagai pelindung tanaman yang biasa disebut lignin. Lignin adalah gabungan senyawa karbohidrat yang lainnya akan tetapi proporsi karbonnya lebih tinggi. Lignin mengandung 1 – 5% nitrogen, 5 – 15% gugus metoksi dan pada intinya mengandung suatu unit aromatik serta mengandung unit dasar fenil propana (Tillman *et al.*, 1998). Laktosa tidak dapat digunakan oleh ayam karena sekresi saluran pencernaan tidak mengandung enzim laktase untuk mencerna bahan tersebut. Bahan pakan sebagai sumber energi yang baik bagi unggas mengandung karbohidrat yang mudah dicerna (North dan Bell, 1990).

2.2.3. Lemak

Lemak adalah senyawa organik berminyak dan berlemak yang tidak larut dalam air, yang dapat diestrak dari sel dan jaringan oleh pelarut non polar seperti *chloroform* atau *ether* (Murwani, 2010). Lemak murni ester gliserol memiliki asam lemak rantai panjang dan merupakan persenyawaan karbon, hidrogen dan oksigen, namun persenyawaan oksigen lebih rendah dibandingkan karbohidrat sehingga mengandung energi lebih tinggi hampir dua kali lipat per unit dibandingkan karbohidrat. Lemak menyediakan energi sangat banyak. Hampir 40% - 65% daging broiler tersusun atas lemak. Kandungan pakan untuk lemak dibatasi 2 – 5%, kandungan lemak berlebihan mengakibatkan ternak diare dan

ransum mudah tengik (*rancidity*). Lemak sering dicampurkan dalam pakan broiler untuk meningkatkan kandungan pakan (North dan Bell, 1990).

Fungsi lemak dalam tubuh ayam adalah sebagai sumber dan cadangan energi, pelindung organ-organ dalam tubuh terhadap benturan dari luar dan membantu penyerapan vitamin A, D, E dan K yang larut dalam lemak (Rizal, 2006). Lemak sering dicampurkan dalam ransum ayam broiler untuk meningkatkan kandungan energi ransum. Ransum ayam broiler yang defisiensi lemak menyebabkan pertumbuhan terhambat, akumulasi lemak di hati dan lebih mudah terserang infeksi pernafasan (Suprijatna *et al.*, 2008).

2.2.4. Protein dan asam-asam amino

Protein merupakan struktur yang sangat penting untuk jaringan-jaringan lunak di dalam tubuh hewan seperti urat daging, kolagen, serta bulu, kuku, dan paruh pada ayam (Wahju, 2004). Protein dibutuhkan sama halnya dengan energi, namun protein ini lebih banyak dimanfaatkan sebagai pembentuk jaringan tubuh, perbaikan jaringan tubuh yang rusak (Sulandari *et al.*, 2007). Protein juga sebagai sumber energi meskipun bukan yang utama karena memerlukan proses kompleks. Asam-asam amino esensial yang dibutuhkan ternak unggas adalah arginin, sistin, histidin, isoleusin, leusin, lisin, metionin, fenilalanin, treonin, triptofan, dan tirosin. Asam-asam amino non esensial yang diperlukan oleh ternak unggas adalah alanin, asam aspartat, asam glutamat, glisin, hidroksiprolin dan serin. Jaringan tubuh mampu mensintesis beberapa asam amino (asam amino non esensial). Asam amino yang tidak dapat disintesis tubuh harus tersedia dalam ransum (asam

amino esensial) (Suprijatna *et al.*, 2008). Menurut Rizal (2006), kekurangan protein dan asam amino dapat berakibat pada menurunnya pertumbuhan, meningkatnya deposisi lemak dalam tubuh karena kelebihan energi dalam tubuh tidak dipakai untuk pertumbuhan sehingga disimpan dalam bentuk lemak. Protein dan asam amino yang berlebih dalam ransum berakibat pada penurunan kandungan lemak tubuh, meningkatnya asam urat dalam darah, meningkatnya konsumsi air karena diperlukan untuk mengeluarkan asam urat serta stress yang ditandai dengan membesarnya kelenjar adrenalin dan meningkatnya produksi adrenokortiko-steroid.

2.2.5. Vitamin

Vitamin adalah senyawa organik, biasanya tidak disintesis oleh jaringan tubuh dan diperlukan dalam jumlah sangat sedikit. Vitamin bukan merupakan komponen struktural utama tubuh, tetapi diperlukan terutama sebagai koenzim atau regulator metabolisme (Suprijatna *et al.*, 2008). Vitamin yang penting bagi ayam dibagi menjadi dua golongan, yaitu vitamin yang larut dalam lemak, contohnya vitamin A, D, E dan K, serta vitamin yang larut dalam air, contohnya vitamin B₁, B₂, B₆, B₁₂, asam nikotinat, asam pantotenat, asam folat, biotin dan choline (Rizal, 2006).

Defisiensi vitamin A pada ayam dewasa menyebabkan ayam menjadi kurus, bulu kusut serta penurunan produksi dan defisiensi pada anak ayam menyebabkan pertumbuhan menurun. Vitamin A yang berlebih pada ransum dapat

menyebabkan konsumsi ransum menurun, pertumbuhan tulang yang abnormal, serta pelupuk mata mengeras dan bengkak (Wahju, 2004).

Kebutuhan vitamin D₃ tergantung pada sumber P dalam ransum, perbandingan Ca dan P. Tanda-tanda kekurangan vitamin D₃ pada anak ayam dan ayam dewasa adalah kandungan Ca dan P dalam plasma darah menurun, riketsia, pertumbuhan bulu terganggu, tulang dada bengkok, tulang rusuk mudah patah serta persendian bengkak dan parah lunak. Vitamin D₃ yang berlebih menyebabkan resorpsi garam-garam pada tulang, deposisi Ca tidak normal, inflamasi, kerusakan ginjal dan kalsifikasi (pengapuran) terutama pada arteri. Pemberian vitamin D₃ sampai 250 kali kebutuhan belum berbahaya pada unggas, tetapi timbul bahaya jika yang diberikan dalam bentuk 25-OH-D₃ karena 25-OH-D₃ ini 5 - 10 kali lebih toksik dibandingkan vitamin D₃. Bahaya toksik akan dipengaruhi jika ransum yang diberikan mengandung Ca dan P yang tinggi (Rizal, 2006).

Kekurangan vitamin E pada ayam muda dapat mengakibatkan degenerasi lipida tubuh, *hemolysis erythricyt*, distrofy otot dan *encephalomalacia*. Kekurangan vitamin B₁ dalam ransum dapat menimbulkan *polyneuritis*, *anorexia*, pertumbuhan terganggu, bulu kasar, kaki lemah dan lumpuh. Kekurangan vitamin B₁ mempunyai pengaruh sangat nyata terhadap nafsu makan. Kelebihan vitamin B₁ dengan dosis 5 – 6 mg per kilogram berat badan dapat menyebabkan analgesik terhadap system saraf periper. Kekurangan vitamin B₂ dapat menyebabkan lumpuh jari (*curled-toe paralysis*) sehingga menyebabkan ayam tidak mampu bergerak, otot kaki menjadi *antrophy* dan lemah, jari bergulung, peningkatan

ukuran dan perlemakan serta menimbulkan diare (Wahju, 2004). Vitamin B₂ yang berlebih akan dikeluarkan melalui urin karena dapat menimbulkan masalah jika kelebihan mencapai 200 kilo dari kebutuhan. Kekurangan vitamin B₆ menyebabkan pertumbuhan yang terhambat, konsumsi ransum menurun, *acrodynia*, *perosis* dan *alopecia* (Rizal, 2006).

2.2.6. Mineral

Mineral merupakan komponen dari senyawa organik jaringan tubuh dan senyawa kimiawi lainnya yang berperan dalam proses metabolisme. Kebutuhannya sangat sedikit, tetapi sangat vital, terutama pada ayam yang sedang tumbuh dan memproduksi karena kerangka tubuh dan kerabang telur tersusun terutama dari mineral, yaitu kalsium dan fosfor (Suprijatna *et al.*, 2008). Menurut Tillman *et al.* (1998), mineral mempunyai peranan penting dalam tubuh, antara lain untuk pertumbuhan tulang, produksi, dan reproduksi, pembentukan butir darah merah dan berperan juga dalam sistem syaraf. Suatu mineral (kalsium, fosfor, natrium, kalium, klorida) jarang menyebabkan kematian tetapi berpengaruh langsung terhadap kesehatan ternak. Salah satu upaya untuk mengantisipasi adalah dengan suplementasi mineral makro (Ca, P), serta mineral mikro (Cu, Zn, Fe, Mn, Mo, Se) dalam ransum. Kebutuhan mineral pada unggas dipengaruhi oleh bangsa, varietas, produktivitas, umur, jenis kelamin, kondisi fisiologis, kecukupan nutrisi dan lingkungan.

Kalsium dan fosfor merupakan sebagian zat mineral yang esensial bagi tubuh. Kedua zat ini erat kaitannya satu dengan yang lain yaitu dalam

pembentukan tulang. Fosfor juga berperan dalam metabolisme karbohidrat dan lemak, merupakan bagian dari sel hidup serta dibutuhkan pula untuk memelihara keseimbangan asam basa. Kalsium berperan dalam pembentukan dan pemeliharaan tulang. Kalsium dan vitamin K berperan dalam pembekuan darah. Kalsium dapat diperoleh dalam kalsium karbonat. Imbangan Ca dan P pada ransum unggas adalah antara 1:1 dan 2:1 (Tillman *et al.*, 1998). Hasil penelitian Miller (1978) memperlihatkan pertambahan berat badan yang optimum dan pertumbuhan bulu yang cepat dengan pemberian ransum yang mempunyai imbangan kalsium dengan fosfor sebesar 2:1.

2.3. Rumput Laut (*Gracilaria verrucosa*)

Rumput laut merupakan jenis alga merah yang mempunyai nilai dan telah dibudidayakan. Identitas rumput laut ini ditandai dengan *thallus* silindris, licin, berwarna kuning coklat atau kuning hijau. Ciri yang membedakan *Gracilaria verrucosa* dari *Gracilaria gigas* maupun jenis *gracilaria* lainnya adalah cabang-cabang lateralnya yang memanjang menyerupai rambut. Ukuran panjang sekitar 25 cm dan diameter *thallus* sekitar 0,5 - 1,5 mm. Habitat rumput laut (*Gracilaria verrucosa*) ini menempel pada substrat batu atau benda lainnya (Direktorat Jenderal Perikanan, 2005). Alga merah merupakan salah satu hasil perikanan yang penting di Indonesia serta mempunyai nilai ekonomi tinggi dibandingkan jenis alga yang lain karena mengandung karaginan dan agar. Komposisi kimia rumput laut bervariasi tergantung pada jenis spesies, tempat tumbuh dan musim (Winarno 1996).

Jenis-jenis alga merah antara lain *gigas*, *salicornia*, *verrucosa*, *denticulatum*, *edule*, *spinosum*, *elata*, *cottoni* dan lain sebagainya. *Gracilaria* umumnya tumbuh di perairan yang mempunyai terumbu karang yang melekat pada substrat karang mati. *Gracilaria verrucosa* dan *G. gigas* umumnya dibudidayakan di tambak (Anggadiredja *et al.*, 2006). *Gracilaria* umumnya dapat ditanam dengan sistem rakit apung dan lepas dasar di perairan pantai dan tambak. Kecepatan tumbuh berat rata-rata hariannya dapat mencapai 4% di perairan pantai atau goba (*lagoon*) dan 3% di perairan tambak (Atmadja *et al.*, 1997). *Gracilaria verrucosa* menurut Anggadiredja *et al.* (2006), mempunyai taksonomi sebagai berikut :

Divisi : *Rhodophyta*
Kelas : *Rhodopyceae*
Bangsa : *Gigartinales*
Suku : *Gracilariaceae*
Marga : *Gracilaria*
Jenis : *Gracilaria verrucosa*

Dibandingkan dengan komoditas perikanan lainnya, budidaya *Gracilaria verrucosa* mudah dan sederhana serta modal usaha yang relatif murah. Periode pemeliharaan *Gracilaria verrucosa* relatif singkat dan produksinya kontinyu karena dapat dipanen secara rutin setiap 40 – 45 hari (Nurdjana, 2005). Produksi rumput laut *Gracilaria verrucosa* dari tambak dapat mencapai minimal 1 ton kering/ha/periode tanam (4 – 6 minggu). Pertumbuhan rumput laut *Gracilaria verrucosa* lambat pada musim hujan, sehingga tidak dapat memproduksi secara

optimal (Atmadja *et al.*, 1997). Rumput laut *Gracilaria verrucosa* diperlihatkan pada Ilustrasi 1.



Ilustrasi 1. Rumput Laut (*Gracilaria verrucosa*)

Rumput laut untuk ransum ternak di Indonesia belum digunakan secara optimal. Rumput laut sering digunakan sebagai sumber mineral dan vitamin dalam ransum. Sumber mineral terbaik adalah bahan pakan yang berasal dari laut misalnya tepung rumput laut dan tepung ikan. Pemberian ransum ternak ayam dengan menu rumput laut (*Porphyra atropurpureae*) dengan level 2,5 sampai 10% dari total ransum memberikan hasil yang baik, meningkatkan kesehatan, berat telur, produksi telur, kekuatan kulit telur, dan daya tetas di Jepang (Horhoruw *et al.*, 2009). Rumput laut *Gracilaria verrucosa* mempunyai kandungan gizi yang tinggi. Menurut Anggadiredja *et al.* (2006), beberapa komponen-komponen utama yang terdapat dalam makro alga laut adalah karbohidrat (gula atau *vegetable gum*), protein, lemak, dan abu yang sebagian besar merupakan senyawa - senyawa

garam natrium dan kalium. Rumput laut juga mengandung vitamin, seperti vitamin A (β -karoten), B1, B2, B6, B12, dan vitamin C serta mengandung mineral seperti kalium, kalsium, fosfor, natrium, zat besi, dan iodium. Rumput laut mengandung SK yang tinggi serta protein yang rendah, dengan demikian maka perlu dilakukan proses fermentasi untuk tetap meningkatkan gizi rumput laut yang mengandung serat yang tinggi.

2.4. Fermentasi

Fermentasi merupakan hasil pengembangbiakan beberapa tipe mikroorganisme khususnya bakteri, ragi dan jamur pada media tertentu yang aktivitasnya menyebabkan perubahan kimia pada media tersebut. Hal ini disebabkan oleh aktivitas enzim yang dihasilkan mikroorganisme ataupun enzim yang ada pada substrat yang lebih dikenal dengan nama enzim endogenus, meliputi perubahan molekul-molekul kompleks atau senyawa-senyawa organik seperti protein, karbohidrat dan lemak menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana dan mudah dicerna (Pasaribu *et al.*, 1998). Nilai nutrisi bahan pakan yang difermentasi lebih baik dari aslinya, fermentasi dapat memecah selulosa, hemiselulosa, dan polimernya menjadi gula sederhana atau turunannya serta mampu meningkatkan nutrisi bahan asal, karena mikroba bersifat katabolik selain juga dapat mensintesis vitamin seperti riboflavin, vitamin B12 dan pro vitamin A (Mahfudz *et al.*, 1997).

Rumput laut mengandung SK yang tinggi dan protein yang rendah, dengan demikian maka perlu dilakukan proses fermentasi untuk meningkatkan gizi

rumput laut yang mengandung serat yang tinggi. Fermentasi rumput laut dilakukan menggunakan ragi tape jerami yang mengandung inokulan *Aspergillus niger*, *Rhizopus* dan *acetobacter*. Masing-masing dari inokulum tersebut memiliki peranan yang berbeda-beda. *Aspergillus niger* dapat meningkatkan nilai energi dan protein termetabolis serta dapat menurunkan kadar serat kasar pada tepung rumput laut, *Rhizopus* mampu memproduksi enzim *phytase* yang mencerna *phytates*, sehingga dapat memberikan penyerapan mineral dengan maksimal, *Acetobacter* mampu menghasilkan senyawa selulosa yang tinggi. Kandungan protein yang terdapat pada ragi berkisar antara 40 – 50% dan jumlah protein yang terdapat pada ragi tergantung pada penyusunnya (Susanto dan Saneto, 1994).

2.5. Pertumbuhan Ayam Broiler

Pertumbuhan murni menurut Anggorodi (1997) adalah pertambahan dalam bentuk dan bobot jaringan-jaringan tubuh seperti urat daging, tulang, jantung, otak dan semua jaringan tubuh lainnya (kecuali lemak). Kemampuan ternak mengubah zat-zat nutrisi ditunjukkan dengan pertambahan bobot badan. Pertambahan bobot badan merupakan salah satu kriteria yang digunakan untuk mengukur pertumbuhan. Tillman *et al.* (1998) menyatakan bahwa pertumbuhan umumnya dinyatakan dengan pengukuran kenaikan berat badan yang dilakukan dengan cara penimbangan yang berulang-ulang terhadap pertambahan berat badan tiap hari, tiap minggu atau tiap satuan waktu lainnya.

Ayam ras pedaging atau broiler memiliki keunggulan berproduksi yang lebih tinggi dibanding dengan jenis ayam buras. Pertumbuhan badan pada ayam

ras sangat cepat dengan perolehan tingkat timbangan badan yang tinggi dalam waktu 5 – 6 minggu, yaitu 1,3 – 1,8 kg. Tiap pertumbuhan ayam broiler akan berbeda pada setiap minggunya, bergantung pada *strain* ayam, jenis kelamin, dan faktor lingkungan yang mendukung (Fadilah, 2004). Pertumbuhan bagi ternak umumnya berkaitan erat dengan berkembangnya bagian-bagian tubuh seperti tulang, otot dan lemak (Lawrence dan Fowler, 2002). Menurut Wahju (2004), pertumbuhan ayam broiler dipengaruhi oleh protein sebagai sumber utama. Defisiensi protein dapat mengakibatkan pertumbuhan sesuai dengan derajat defisiensinya.

2.5.1. Sistem kerangka dan proses pembentukan tulang

Kerangka adalah suatu kesatuan sistem yang tersusun dari banyak tulang yang menunjang terbentuknya tubuh sebagai tempat melekatnya otot. Unsur penyusun tulang adalah kalsium fosfat (13%), magnesium fosfat (5%) dan kalsium karbonat (2%) (Suprijatna *et al.*, 2008). Tulang ayam tersusun atas 70% bahan anorganik dan 25% bahan organik. Beberapa tulang antara lain *tibia*, *femur*, *pubis*, *sternum*, *iga*, *ulna* dan *scapula* dinamakan tulang meduler (*medullary bone*) karena mampu menyimpan kalsium saat telur tidak atau belum terbentuk, tetapi kalsium tersebut dilepas kembali saat pembentukan kerabang telur. Proses pelepasan dan penyimpanan kalsium pada tulang dikontrol oleh hormone estrogen (Yuwanta, 2004).

Periode pertumbuhan diawali dengan pertumbuhan tulang yang sangat cepat. Laju pertumbuhan otot menurun dan deposisi lemak meningkat setelah

pubertas. Tulang tumbuh secara kontinyu dengan kadar laju pertumbuhan yang relatif lambat, sedangkan otot relatif cepat, sehingga rasio otot dengan tulang meningkat selama pertumbuhan (Rose *et al.*, 1996). Proses pertumbuhan tulang diawali dengan pembentukan tulang yang merupakan peningkatan produksi jumlah substansi dasar sel, dalam waktu yang sama ukuran sel meningkat, diperkirakan sebagai suatu bentuk polihedral, selanjutnya melalui jumlah proses sel-sel yang berdekatan saling dihubungkan, dalam tahap ini sel-sel tersebut diketahui sebagai *osteoblast*. *Osteoblast* menyusun permukaan lapisan tulang. Peningkatan ketebalan tulang terjadi melalui peningkatan jumlah lapisan dari matriks dan kemudian terjadi kalsifikasi yang menghasilkan suatu ruangan dalam matriks yang disebut *lacuna*. Sel tulang yang sebenarnya disebut *osteosit* (Enny *et al.*, 2002). Pertumbuhan tulang terjadi pada daerah antara epifisis dan diafisis. Pertumbuhan tulang terjadi pada saat ternak masih dalam masa pertumbuhan, yang meliputi proses pematangan dan penyusunan matriks tulang. Bagian permukaan epifisis dan diafisis seiring dengan perkembangannya akan mengalami kalsifikasi secara terus-menerus sampai pertumbuhan memanjang dari kerangka terbentuk (Tillman *et al.*, 1998).

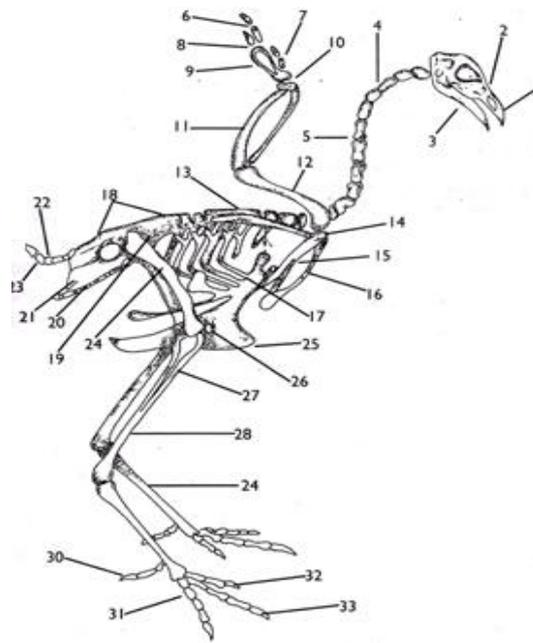
Tulang adalah bagian organ yang terkeras dari tubuh dan mempunyai beberapa fungsi penting yang merupakan sebuah jaringan kompleks yang terbuat dari sel hidup (2%) yang terdapat pada matriks yang kaya akan mineralisasi kolagen (98%). Pertumbuhan tulang sebenarnya dapat terjadi melalui dua proses, yaitu *osifikasi endochondral* dan *osifikasi intramembranosa*, kemudian diikuti dengan perubahan struktur tulang dan perkembangan kerangka (Lawrence dan

Fowler, 2002). *Osifikasi intramembranosa* melibatkan pergantian membran jaringan ikat dengan jaringan tulang. *Osifikasi endochondral* adalah pembentukan tulang melalui suatu pergantian kartilago (tulang rawan) menjadi jaringan tulang (Ovideo dan Ferket, 2005), selanjutnya terjadi proses pengapuran tulang rawan yang diserap dan digantikan oleh tulang (Enny *et al.*, 2002). Jaringan tulang tumbuh dan berkembang dipengaruhi oleh faktor genetik, ransum dan fungsi hormonal yang mempengaruhi laju pertumbuhan, bentuk tulang serta ukuran dari tulang (Wilson *et al.*, 1991).

Bagian terkeras pada organ tubuh ini mempunyai beberapa fungsi penting yang merupakan jaringan kompleks yang terbuat dari sel hidup (2%) yang terdapat pada matriks yang kaya akan mineralisasi kolagen (98%). Matriks ini diisi oleh kolagen (80 - 90%). Bentuk dewasanya dibentuk oleh piridinium, lemak dan protein nonkolagen (osteokalsin, osteonectin dan osteopontins) yang diisi 10 – 15% matriks organik. Protein nonkolagen menyambung variasi fungsi dari tulang seperti stabilitas matriks, kalsifikasi dan aktivitas regulasi metabolik lain (Ovideo dan Ferket, 2005). Tulang berperan dalam membentuk rangka dan berperan penting dalam menjaga kondisi ion dalam tubuh. Kalsifikasi tulang merupakan proses pengendapan mineral kalsium dan fosfor ke dalam matriks tulang (Pudyani, 2005).

Mekanisme pertumbuhan tulang panjang sama pada semua spesies hewan, tetapi ada variasi utama pada tingkat pertumbuhan antara tulang yang sama dari spesies yang berbeda, tulang dari individu hewan dan dua daerah tumbuh (pertumbuhan piring tulang) dari tulang yang sama (Kirkwood *et al.*, 1989).

Pertumbuhan piring matriks dibentuk oleh kolagen tipe II yang berinteraksi dengan kolagen tipe IX dan XI untuk membentuk fibril heterotipik yang didistribusikan ke seluruh matriks tulang rawan. Beberapa proteoglikan seperti agrekan dan protein kolagen, seperti osteopontin dan osteonektin, yang juga merupakan bagian dari pertumbuhan matriks (Velleman, 2000). Sistem kerangka pada unggas diperlihatkan pada Ilustrasi 2.



Keterangan :

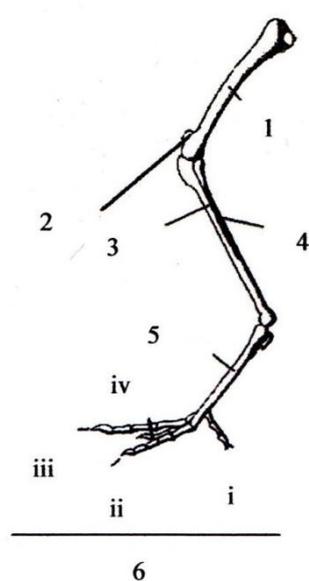
- | | | |
|------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 1. Paruh | 12. Lengan atas | 24. Tulang paha |
| 2. Pangkal paruh | 13. Tulang belakang | 25. Tulang dada |
| 3. Paruh bawah | 14. Scapula | 26. Lutut (tempurung lutut) |
| 4. Tulang-tulang leher | 15. Tulang selangka | 27. Fibula |
| 5. Ruas tulang leher | 16. Tulang garpu | 28. Tibia |
| 6. Jari kedua | 17. Tulang rusuk | 29. Tulang jalan |
| 7. Jari pertama | 18. Tulang panggul | 30. Jari kaki pertama |
| 8. Jari ketiga | 19. Ilium | 31. Jari kaki keempat |
| 9. Meta corpus | 20. Pubis | 32. Jari kaki kedua |
| 10. Corpus | 21. Ischium | 33. Jari kaki ketiga |
| 11. Radius | 22. Tulang ekor | |
| | 23. Ruas tulang ekor | |

Ilustrasi 2. Sistem Kerangka pada Unggas (Suprijatna *et al.*, 2008)

Mineral memegang peranan penting dalam tubuh diantaranya sebagai komponen penyusun tulang dan proses metabolisme. Mineral matriks (anorganik matrik) terbuat dari kalsium dan fosfor dalam bentuk hidoksipatit (60 – 70% berat tulang) (Ovideo dan Ferket, 2005). Kalsium (Ca) merupakan mineral yang paling banyak terdapat dalam tubuh dan 99% ditemukan di kerangka. Fungsi dasar dari kalsium untuk membentuk rangka yang kuat dan melindungi organ yang penting serta membantu pergerakan dan pertumbuhan. Fosfor adalah mineral paling banyak kedua setelah kalsium yang terdapat dalam tubuh, sekitar 80% ditemukan dalam tulang. Sebagian besar jumlah fosfor tidak berada dalam jaringan tulang melainkan berada pada cairan tubuh dan jaringan lunak dalam tubuh yang memiliki fungsi yang penting (Underwood dan Settle, 2001).

Defisiensi kalsium, fosfor dan vitamin D₃ ditandai dengan terjadinya *leg disorder* (kelumpuhan) seperti tulang yang kenyal (*rikhitis*), *tibial dyschondroplasia* (Anggorodi, 1997), *osteoporosis*, *rickets*, *osteomyelitis*. Penyakit ini lebih sering menyerang bagian paha (*femur*), tulang kering (*tibia*) dan kaki (*tarsometatarsus*). Ayam yang terserang penyakit *leg disorder* akan mengalami kelumpuhan. Gejala ini ditandai dengan ketidakmampuan ayam untuk berdiri. *Tibial dyschondroplasia* (TDC) merupakan penyakit sistemik yang mempengaruhi zona pertumbuhan kartilaginous, terutama pada ayam pedaging. Penyakit ini disebabkan oleh faktor genetik (bibit dengan tingkat pertumbuhan yang cepat lebih mudah terkena), umur (unggas muda lebih rentan), jenis kelamin serta faktor ransum. Penyakit TDC terjadi akibat kegagalan mendistribusikan mineral sampai ke zona kartilago dan saluran darah gagal menuju kartilago yang

tidak normal. Proses tersebut akan lebih bahaya pada masa pertumbuhan. Berat tulang akan terpengaruh jika unggas telah tua. Penyakit *leg disorder* tersebut dapat diobati dengan cara menambahkan vitamin D dan kalsium karbonat dalam bentuk kapsul gelatin ke dalam ransum (Fadilah dan Polana, 2004). Kelebihan kalsium dan ransum dapat menyebabkan kekurangan fosfor karena keseimbangan fosfor pada ginjal terganggu. Pada unggas muda kelebihan kalsium bisa menimbulkan urolithiasis pada ginjal (Rizal, 2006). Tulang *femur*, *tibia* dan *tarsometatarsus* diperlihatkan pada Ilustrasi 3.



Keterangan :

1. *Femur*
2. *Patella*
3. *Tibiotarsus*
4. *Fibula*
5. *Tarsometatarsus*
6. Tulang jari
 - i. Jari pertama
 - ii. Jari kedua
 - iii. Jari ketiga
 - iv. Jari keempat

Ilustrasi 3. Tulang *Femur*, *Tibia*, *Tarsometatarsus* dan Jari pada Ayam (Department of Animal and Poultry Science, 2008)

Forest *et al.* (1975) mengatakan bahwa pertumbuhan yang paling cepat adalah tulang dan setelah tercapai ukuran maksimal pertumbuhan tulang akan terhenti. Tulang lebih dulu tumbuh karena merupakan rangka yang menentukan konformasi otot. Ditambahkan oleh Enny *et al.* (2002), bahwa kecepatan

mineralisasi tulang *femur* terjadi lebih lambat dibandingkan dengan tulang *tibia* dan *tarsometatarsus* dan diduga bahwa tulang *femur* merupakan rangkaian penyebab abnormalitas perkembangan panjang tulang. Tulang *tibia* merupakan tulang membentuk pipa yang kuat dengan bagian bawah berbatasan dengan penggabungan dari ruas-ruas atau tulang *tarsal*. *Tarsometatarsus* terbentuk melalui penggabungan ruas paling bawah dari tulang *tarsal* dan tulang *metatarsal* jari II, III, IV (McLelland, 1990). Tulang *tibia* merupakan sumber yang baik dari sumsum tulang, tidak seperti tulang lainnya. Panjang tulang *tibia* berkorelasi positif dengan berat badan (Sartika, 2000). Tulang *tarsometatarsus* atau *shank* sebagian besar ditutupi sisik dengan warna yang bervariasi. Warna kuning pada *shank* mengandung pigmen karotenoid dalam epidermis ketika pigmen melanik tidak ditemukan (North dan Bell, 1990).

2.3.2. Pertumbuhan otot

Otot-otot pada unggas antara lain berfungsi sebagai penggerak tubuh, meningkatkan suhu tubuh (*generate*) dan membentuk tubuh. Otot merupakan bagian utama yang paling penting sebagai sumber daging, sebab kualitas karkas ditentukan oleh jumlah daging yang terdapat pada karkas (Suprijatna *et al.*, 2008). Beberapa jenis otot pada unggas yang dikenal antara lain otot yang melekat pada tulang (disebut daging), otot lunak antara lain usus, paru-paru dan jantung. Daging dada, paha dan sayap merupakan daging yang dominan pada karkas. Menurut warnanya, otot unggas dibedakan dalam dua kategori, yaitu otot polos (putih) antara lain daging dada dan otot merah (misalnya otot paha dan sayap). Otot

merah mengandung mioglobin, zat besi dan pembawa oksigen lebih banyak dibandingkan dengan otot polos (putih). Pada otot terdapat saraf untuk menggerakkan otot apabila ada rangsangan dan terdapat pembuluh darah sebagai pembawa oksigen dan gas karbondioksida (Yuwanta, 2004).

Setelah anak ayam menetas, sejumlah serabut otot (sel tunggal) tidak bertambah panjang. Ukuran maksimal serabut otot dikontrol dengan perbaikan genetik ayam, tetapi ukurannya dapat meningkat atau menurun karena berbagai macam aktivitas (Suprijatna *et al.*, 2008). Pertumbuhan otot menjadi sangat lambat bila memasuki periode penggemukan atau *fattening* (Soeparno, 2005).