

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Ayam lokal pedaging dikenal sebagai ternak yang mempunyai daya hidup yang tinggi, dapat hidup diberbagai wilayah dengan perbedaan kondisi iklim yang ekstrim. Di Indonesia terdapat berbagai jenis ayam lokal, baik yang asli maupun hasil adaptasi yang dilakukan puluhan bahkan ratusan tahun yang lalu. Ayam lokal yang tidak memiliki karakteristik khusus disebut sebagai ayam kampung (Mariandayani dkk., 2013).

Early feeding erat kaitannya dengan pemberian pakan lebih awal yang sangat penting untuk mengembalikan energi yang telah hilang selama transportasi dari *hatchery* ke peternak, belum lagi penanganan ternak setelah menetas seperti penyuntikan vaksin dan *packaging* yang dapat mengakibatkan DOC menjadi stres hingga mengalami kematian. Pemberian pakan awal setelah penetasan atau sering dikenal dengan istilah *early feeding* memiliki berbagai manfaat bagi ayam ras pedaging (Sulistyoningsih, 2005). *Early feeding* dapat dilakukan salah satunya dengan pemberian L-arginine.

L-arginine merupakan asam amino yang memiliki kecenderungan basa yang cukup tinggi akibat adanya ekresi dua gugus amina pada gugus residunya. Tilman *et al.* (1989) menyatakan bahwa L-arginine esensial untuk pertumbuhan maksimum, namun tidak esensial untuk hidup pokok. Asam glutamat dan prolin dapat berfungsi sebagai pengganti inefektif dari L-arginine. L-arginine berperan dalam sintesis ornithin, prolin, glutamine dan creatin (Al-Daraji *et al.*, 2012 dan Fouad *et al.*, 2012) prekursor poliamina yang memiliki peran penting dalam pembelahan sel, dalam sintesis DNA, dan mengatur siklus di dalam sel. Selain pemberian L-arginine, pemberian betaine pada pakan juga dapat meningkatkan produktifitas ayam alope.

Betaine dikenal sebagai pendonor gugus metil yang berfungsi dalam banyak proses metabolisme seperti metabolisme energi, sintesis protein, karnitin, dan kreatin (Park and Kim, 2017). Betaine mengubah homocysteine kembali menjadi metionin, dan setelah mendonorkan gugus metilnya, akan dikonversi ke glisin (Sharma *et al.*, 2022). Betaine dapat meningkatkan konsumsi pakan, penambahan bobot badan, dan konversi pakan pada ayam pedaging. Beberapa hal diatas dapat membantu meningkatkan produktifitas ayam alope.

Banyak faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan usus, di antaranya adalah lingkungan dan bahan makanan yang masuk ke dalam saluran pencernaan (Mitchell and Carlisle, 1992). Periode awal setelah menetas merupakan periode penting bagi perkembangan morfologi usus halus agar dapat mencerna dan mengasimilasi nutrisi. Pencapaian kapasitas fungsional yang lebih cepat pada awal masa pertumbuhan, akan memberikan kesempatan pada ayam lebih cepat memanfaatkan nutrisi pakan. Beberapa laporan menunjukkan bahwa perkembangan usus halus yang terhambat pada awal pertumbuhan, berdampak pada pencapaian berat akhir yang lebih rendah (Gonzales *et al.*, 2003; Maiorka *et*

al., 2003; Saleh *et al.*, 2005; Novele *et al.*, 2009; Obun and Osaguona, 2013). Demikian juga komposisi zat dalam pakan dan zat aktif dalam ekstrak tanaman tertentu yang dibubuhkan dalam pakan mempengaruhi pertumbuhan vili usus (Jamroz *et al.*, 2006).

Kombinasi pemberian antara L-arginine secara *early feeding* dan betaine dalam penelitian ini sangat diharapkan dapat meningkatkan perkembangan organ pencernaan dan kualitas ayam alope.

1.2 Landasan teori

1.2.1 Ayam Alope

Ayam lokal pedaging adalah sumber daya domestik yang dimiliki rakyat Indonesia yang umum dipelihara. Ayam lokal dikenal sebagai ternak yang memiliki daya adaptasi tinggi, karena mampu menyesuaikan diri dengan berbagai lingkungan dan iklim yang ada di Indonesia (Lestari dkk., 2021). Ayam kampung atau biasa disebut ayam buras (bukan ras) merupakan ayam lokal Indonesia yang mudah beradaptasi. Ayam kampung merupakan ayam asli Indonesia yang masih memiliki gen asli sebanyak kurang lebih 50% (Subekti dan Arlina, 2011). Ayam kampung disebut juga dengan istilah ayam lokal atau ayam bukan ras (buras) adalah ayam asli Indonesia yang telah beradaptasi, hidup, berkembang dan bereproduksi dalam jangka waktu yang lama, baik di kawasan habitat tertentu maupun di beberapa tempat. Istilah ayam kampung semula adalah kebalikan dari istilah ayam ras, dan sebutan ini mengacu pada ayam yang ditemukan berkeliaran bebas di sekitar perumahan.

Manfaat ayam kampung buat kesehatan selanjutnya adalah dapat membantu meningkatkan sistem imun tubuh. Hal ini karena ayam mengandung mineral yang membantu meningkatkan sistem kekebalan tubuh. Sebagai sumber protein hewani ayam kampung mempunyai kelebihan seperti dagingnya yang kenyal dan padat, tidak lembek dan tidak berlemak sebagaimana ayam ras. Ayam buras memiliki keunggulan dibandingkan dengan ternak unggas yang lain seperti ayam ras pedaging (broiler), lebih tahan terhadap beberapa penyakit, cepat beradaptasi dengan lingkungan, tidak mudah stres (Puspasari dkk., 2024).

Ayam lokal atau yang lebih dikenal dengan ayam kampung merupakan plasma nutfah ternak unggas asli Indonesia yang potensial (Suprayogi *et al.*, 2018) dan memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap lingkungan (Nangoy & Karisoh, 2018) sehingga cocok untuk dikembangkan oleh masyarakat kecil dan menengah. Potensi usaha peternakan juga dapat dilihat dari jumlah permintaan protein hewani asal unggas oleh masyarakat yang sadar akan pentingnya protein hewani dengan nilai gizi tinggi dan aman untuk dikonsumsi (Suprayogi *et al.*, 2018). Rata-rata konsumsi daging ayam kampung penduduk Indonesia adalah 5,8 g/kapita/hari, sehingga jumlah asupan protein hewani dapat terpenuhi dari komoditas peternakan dari ternak ayam lokal (Munir *et al.*, 2016). Ayam kampung cocok ditanakkan oleh masyarakat Indonesia sebagai salah satu komoditas protein

hewani yang murah dan mudah didapatkan. Jumlah konsumsi daging ayam kampung/ras pada tahun 2019 sebesar 12,4 g/kapita/minggu (BPS, 2020).

1.2.2 *Early Feeding*

Pakan adalah salah satu faktor yang sangat penting untuk mencapai suatu keberhasilan produktivitas ayam broiler secara optimal, oleh karena itu kuantitas dan kualitas pakan hendaknya selalu diperhatikan (Silitonga dkk., 2023). Keterlambatan pemberian pakan telah terbukti berdampak buruk pada penurunan berat badan dini, kinerja pertumbuhan, dan perkembangan muskuloskeletal dan gastrointestinal dini.

Early feeding erat kaitannya dengan pemberian pakan lebih awal yang sangat penting untuk mengembalikan energi yang telah hilang selama transportasi dari *hatchery* ke peternak, belum lagi penanganan ternak setelah menetas seperti penyuntikan vaksin dan *packaging* yang dapat mengakibatkan DOC menjadi stres hingga mengalami kematian. Pemberian pakan awal setelah penetasan atau sering dikenal dengan istilah *early feeding* memiliki berbagai manfaat bagi ayam ras pedaging (Sulistyoningsih, 2005).

Pemberian pakan dini (*early feeding*) sangat berpengaruh dalam memicu momentum pertumbuhan yang tepat pada penetasan ayam pedaging (Husseiny *et.al.*, 2008). Keberhasilan *early feeding* juga ditentukan oleh manajemen *hatchery* dan bagaimana pemeliharaan di kandang. Penelitian baru menunjukkan bahwa pemberian pakan dini (*early feeding*) mempunyai pengaruh jangka panjang terhadap kinerja pertumbuhan anak ayam dan metabolisme nutrisi.

Early feeding dapat meningkatkan proses metabolisme, mempercepat gertakan pada sistem imunitas, mempercepat pertumbuhan organ-organ pencernaan, meningkatkan penyerapan *yolk*, secara signifikan mempengaruhi pertumbuhan awal serta peningkatan berat badan (Prabakar *et.al.*, 2016). Pertumbuhan pada ayam sebelum mendapatkan makanan dari luar diperoleh dari penyerapan kuning telur. Kuning telur merupakan sumber nutrisi utama setelah menetas (Noy and Sklan, 1999). *Early feeding* juga berpengaruh terhadap penyerapan *yolk suck* (kantong kuning telur) yang tidak terpakai pada saat proses inkubasi yang selanjutnya ditarik masuk ke dalam saluran pencernaan sebagai cadangan makanan diawal kehidupan ayam. Dengan demikian secara teoritis, walaupun ayam tidak diberi pakan dan air minum selama beberapa hari setelah menetas, ayam tetap dapat bertahan hidup dikarenakan adanya cadangan makanan dari *yolk suck* di organ pencernaannya, tetapi untuk pertumbuhan yang lebih maksimal, ayam tidak hanya membutuhkan *yolk suck* untuk bertahan hidup tetapi dengan pemberian pakan awal akan dimanfaatkan sebagai sumber energi awal yang dapat dimanfaatkan lebih awal pada ternak untuk memicu fungsi pada organ-organ pencernaan yang sangat berpengaruh dalam perkembangan ayam tersebut.

1.2.3 L-Arginine

L-arginine memiliki lebih banyak manfaat dan pengaruhnya ketika ditambahkan ke dalam pakan. L-arginine meningkatkan pelepasan hormon pertumbuhan, memfasilitasi pertumbuhan otot (dengan menghambat hilangnya otot), diperlukan untuk transportasi nitrogen yang digunakan dalam metabolisme otot meningkatkan kinerja otot dan meningkatkan penyerapan glukosa ke dalam sel otot (Stevens *et al.*, 2000).

Studi lain menunjukkan bahwa L-arginine meningkatkan fungsi sistem pencernaan pada mamalia dan burung dengan mengurangi permeabilitas khusus karena perannya dalam produksi nitrat oksida dan mempercepat penyembuhan pembengkakan yang terjadi dalam saluran pencernaan, L-arginine juga meningkatkan aktivitas jejenum untuk pencernaan karbohidrat dan protein (Uni dan Ferket, 2003).

L-arginine adalah substrat untuk biosintesis banyak molekul, termasuk protein, nitrat oksida (NO), keratin, glutamat, poliamina prolin glutamin (Fouad *et al.*, 2012) dan agmatine serta dimethylarginesia, dengan demikian memfasilitasi sejumlah fungsi biologis dan fisiologis penting pada unggas (Khajali dan Wideman, 2010).

1.2.4 Betaine

Betain adalah istilah umum untuk trimetilglisin juga dikenal sebagai oxyneurine lcyne, senyawa yang secara alami terdapat pada tumbuhan dan hewan (Wen *et al.*, 2021), dengan rumus kimia $C_5H_{11}NO_2$ dan berat molekul 117,2 g/mol. Betain dikenal sebagai pendonor gugus metil yang berfungsi dalam banyak proses metabolisme seperti metabolisme energi, sintesis protein, carnitin, dan kreatin (Park and Kim, 2017). Selain itu betain adalah prekursor sadenosyl methionin (SAM) yang berfungsi sebagai metilasi pembentukan kreatin (Zhang *et al.*, 2016).

Betaine menjadi suplemen yang baik karena betain mengubah homocysteine kembali menjadi metionin, dan setelah mendonorkan gugus metilnya akan dikonversi ke glisin (Sharma *et al.*, 2022). Dengan demikian betaine yang dapat mengembalikan keseimbangan dalam metabolisme, menghentikan penumpukan potensi homosistein yang beracun dan hemat metionin serta glisin (Maidin *et al.*, 2021). Betain dapat disintesis dari kolin yang diperoleh melalui pakan atau metabolisme lipid. Menurut Craig (2004), kolin dimetabolisme menjadi betain di matriks mitokondria melalui dua langkah dehidrogenasi enzimatis yang irreversible.

Betaine yang telah ditemukan secara nyata meningkatkan kinerja pertumbuhan hewan dan meringankan efek merugikan dari stres panas (Chand *et al.*, 2017). He *et al.*, (2015), melaporkan bahwa betaine dapat meningkatkan konsumsi pakan, penambahan bobot badan, dan konversi pakan pada ayam pedaging dengan mengarahkan perubahan morfologi pada epitel usus selama

gangguan osmotik yang disebabkan oleh stress panas, sehingga mengarah pada peningkatan efisiensi pakan dan tingkat pertumbuhan.

1.2.5 Morfometri

Saluran pencernaan merupakan organ perantara antara lingkungan internal dan eksternal dengan fungsi utama sebagai pencerna dan penyerapan nutrisi. Oleh sebab itu, karakteristik morfologi saluran pencernaan, terutama usus halus pada ayam, menentukan fungsi usus dalam pertumbuhan ayam (Yamauchi *and* Isshiki, 1991; Ferrer *et al.*, 1995). Banyak faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan usus, di antaranya adalah lingkungan dan bahan makanan yang masuk ke dalam saluran pencernaan.

Morfometri adalah suatu studi yang berhubungan dengan variasi dan perubahan dalam bentuk dan ukuran dari organisme, meliputi pengukuran dan analisis kerangka suatu organisme. Studi morfometri didasarkan pada sekumpulan data pengukuran yang mewakili variasi bentuk dan ukuran hewan ternak (Mitchell *and* Carlisle, 1992).

Morfologi mukosa usus terdiri atas vili yang berfungsi memperluas permukaan daerah penyerapan zat nutrisi. Mikrovili terdapat pada permukaan vili sebagai penjurusan sitoplasma yang dapat meningkatkan efisiensi penyerapan. Semakin luas permukaan vili usus semakin besar peluang terjadinya absorpsi dari saluran pencernaan (Yamauchi *and* Isshiki, 1991).

1.2.6 Histologi

Histologi pada ayam dapat diartikan sebagai studi tentang struktur jaringan pada ayam, seperti otot dada dan usus. Menurut Widodo (2018), usus adalah organ utama proses pencernaan dan absorpsi. Usus halus merupakan tempat terjadinya pencernaan karbohidrat, lemak, dan protein secara efektif. Pertumbuhan ayam bergantung pada pencernaan dan penyerapan nutrisi yang dilakukan oleh usus halus (Nasrin *et al.*, 2012).

Secara histologi usus ayam terdiri atas empat tunika, yaitu tunika mukosa, tunika submukosa, tunika muskularis, dan tunika serosa (Bacha *dan* Bacha, 2012). Southwell (2006) menyatakan bahwa usus terbentuk pada hari kedua hingga hari kesepuluh masa inkubasi, namun berbeda pada setiap individunya. Menurut Bellairs dan Osmond (2014), usus mulai jelas pembagiannya pada akhir hari keenam.

Menurut Ibrahim (2008), penambahan panjang usus sejalan dengan penambahan berat badan ayam. Panjang usus mengalami peningkatan sejalan dengan penambahan umur dan akan terus bertambah hingga periode umur tertentu. Salah satu parameter efektivitas perkembangan usus adalah panjang vili, semakin panjang vili maka semakin luas permukaan absorpsi nutrisi.

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan produktifitas ayam alope dengan pemberian L-arginine secara *early feeding* dan pemberian betaine pada pakan melalui perkembangan morfometri dan histomorfometri usus halus ayam alope.

Kegunaan penelitian ini adalah sebagai sumber informasi bagi mahasiswa, dosen, peneliti dan masyarakat terkait pengaruh level pemberian L-arginine secara *early feeding* dan pemberian betaine terhadap morfometri dan histomorfometri usus halus ayam alope.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus sampai Oktober 2024 bertempat di Laboratorium Produksi Ternak Unggas, Laboratorium Reproduksi Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Hasanuddin, Makassar dan Balai Besar Veteriner (BBVet), Maros.

2.2 Materi Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain kandang *cages* (individu), termostat, timbangan analitik, mesin tetas *setter* dan *hatcher*, tempat pakan, botol bekas, lampu, *nipple drinker*, wadah plastik, gelas ukur, penggaris, tali tis, alat tulis menulis, mikroskop, preparat, *objek glass*, *cover glass*, wadah kotak, dan kamera.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ayam alope umur 1 hari (DOC) sebanyak 80 ekor, pakan komersil, L-arginine, betaine, aquades, formalin 10%, dan air.

2.3 Tahapan dan Prosedur Penelitian

2.3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan secara experimental dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial 2 x 4 dengan 3 ulangan. Adapun susunan perlakuan yang akan di terapkan yaitu:

Faktor I: Level pemberian arginine pada awal penetasan yang diberi di hatcher, yang terdiri dari:

Ar 0 : Air (kontrol)

Ar 1 : Air 100 ml + L-arginine 0,25 gr

Faktor II: Level pemberian betaine yang dicampur pada pakan komersil, yang terdiri dari:

B0 : Betaine 0,00% (kontrol)

B1 : Betaine 0,005%

B2 : Betaine 0,010%

B3 : Betaine 0,015%

2.3.2 Prosedur Penelitian

a) Persiapan Kandang dan Peralatan

Pada penelitian ini, kandang yang digunakan yaitu kandang tipe *cages* (individu) sebanyak 80 petak, yang sebelumnya telah dilakukan sanitasi dan pemberian desinfektan agar kandang bebas dari hama sebelum DOC

dimasukkan ke dalam kandang. Begitu juga dengan peralatan kandang lainnya (tempat pakan), yang dicuci terlebih dahulu menggunakan sabun dan dibilas dengan air bersih. Kandang juga dilengkapi dengan lampu pijar sebagai sumber panas dan sumber cahaya, termostat yang berfungsi sebagai pengatur suhu yang berkisar pada suhu 32-33°C, dan tirai yang juga berfungsi sebagai pengatur suhu lainnya.

b) Persiapan DOC

Telur yang digunakan pada penelitian ini adalah telur ayam Alope. Telur dibersihkan dengan desinfektan dan disortir sebelum masuk ke *setter*. Setelah 18 hari telur dikeluarkan dari mesin *setter* kemudian dilakukan *candling* untuk memisahkan telur yang fertil, infertil, dan mati. Telur yang fertil, akan dilanjutkan ke mesin *hatcher* selama 3 hari. Sedangkan telur yang infertil dan mati akan dikeluarkan. Selama 3 hari di mesin *hatchery*, diberikan perlakuan *early feeding* yaitu pemberian air minum yang telah dicampurkan dengan l-arginine dan pemberian pakan. Ayam yang menetas akan langsung mengakses air minum dan pakan selama berada di *hatcher*. Pada hari ke 21, telur yang telah menetas, akan dikeluarkan dari mesin, kemudian diberikan vaksin ND dan dilakukan penimbangan bobot awal DOC.

c) Pemeliharaan Ayam

Penelitian ini menggunakan 80 ekor ayam alope dengan jenis kelamin campuran (*unsexed*). Pemeliharaan dimulai pada umur 1 hari (DOC) sampai umur 70 hari. Ayam lokal pedaging ditempatkan masing-masing pada setiap *cage* secara acak pada kandang yang telah disiapkan. Ternak ayam diberikan pakan dan air minum secara *ad libitum*. Pakan yang digunakan adalah pakan komersial yang telah dicampurkan dengan betaine sesuai dengan level masing-masing perlakuan. Tiap 1 kg pakan dicampurkan dengan betaine sesuai dengan masing-masing perlakuan dan ditempatkan pada wadah penampung pakan.

d) Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel usus ayam dilakukan pada minggu ke 10 pada akhir pemeliharaan. Pemotongan ayam dilakukan dengan mengambil 3 ekor setiap perlakuan sebagai ulangan. Sebelum ayam dipotong, terlebih dahulu akan dilakukan penimbangan bobot hidup dan pemberian tali tis sebagai penanda sebelum ayam dibersihkan dan dikarkas. Setelah ayam dibersihkan, selanjutnya dilakukan pengkarkasan untuk memisahkan bagian-bagian yang akan diambil. Pada bagian usus, terlebih dahulu dibersihkan, dan dipotong masing-masing bagian duodenum, jejunum, dan

ileum. Kemudian dilakukan penimbangan berat dan panjang masing-masing bagian usus. Setelah pengukuran berat dan panjang, lalu dilakukan pemotongan masing-masing 2 cm jejunum dan ileum untuk kemudian dilakukan pembuatan preparat histologi usus.

e) Pembuatan Histomorfologi

Berikut ini adalah proses pembuatan histomorfologi (Luna,1968):

a. Fiksasi

Sampel jaringan difiksasi dengan *Buffer Neutral Formalin* (BNF 10%), dengan volume BNF 10% minimal 10 kali volume jaringan. Pada umumnya waktu yang diperlukan untuk fiksasi sempurna adalah 48 jam.

b. Pemotongan Spesimen

- Spesimen yang dipilih untuk pemeriksaan dipotong setebal 0,5-1 cm.
- Potongan spesimen dimasukkan dalam keranjang pemrosesan dan disertai dengan label nomor spesimen yang ditulis dengan pensil.
- Sisa spesimen disimpan dalam botol berisi BNF 10% yang ditutup rapat. Botol disimpan berurutan dan dibuang apabila telah melebihi 3 bulan dan ditulis dalam formulir pemusnahan sampel.

c. Embedding

- *Embedding cassette* dikeluarkan dari *tissue processor* dan dimasukkan kedalam wadah yang telah tersedia pada alat *embedding center*.
- Contoh spesimen dikeluarkan dari *tissue cassette* dan diblok dengan parafin satu persatu (agar tidak tertukar nomor contoh spesimen).
- Cetakan dan keranjang pada sisi kanan dan sisi kiri dispenser parafin.
- Contoh spesimen diletakkan diatas cetakan lalu diisi dengan parafin cair.
- Cetakan diberi nomor sesuai nomor contoh spesimen yang ada di keranjang.
- Cetakan yang berisi parafin dan spesimen dipindahkan ke bagian pendingin hingga parafin mengeras.
- Setelah beku (mengeras parafinnya), cetakan pisahkan dari keranjang. Keranjang yang berisi blok parafin siap untuk dipotong dengan menggunakan *microtome knife*.

d. Pemotongan

- Blok jaringan diambil dan dipasang pada mikrotom.

- Blok jaringan dipotong dengan mikrotom kasar untuk mendapatkan permukaan yang rata.
 - Pisau mikrotom yang tajam digunakan untuk memotong blok jaringan dengan ketebalan 5-6 mikron. Potongan jaringan terbaik dipilih dari pita yang terbentuk.
 - Potongan jaringan yang terpilih direntangkan di atas penangas air (*waterbath*) yang bersuhu sekitar 40°C. Suhu air akan membantu potongan jaringan merentang sempurna dan tidak berkerut.
 - Bubuk gelatin ditaburkan di atas permukaan air dan dibiarkan larut sempurna.
 - Potongan jaringan yang bagus, tidak tergores, dan tidak mengkerut dipilih dan diletakkan di atas kaca objek (slide) yang sudah diberi nomor sesuai dengan nomor spesimen.
 - Slide yang berisi potongan jaringan diletakkan di atas pelat pemanas slide minimal selama dua jam.
- e. Pewarnaan
- Kombinasi pewarna yang paling umum digunakan dalam histologi yaitu *Hematoxylin* dan *Eosin* (HE).
 - Sebelum proses pewarnaan dimulai, semua bahan pewarna harus diperiksa kejernihannya dan disesuaikan dengan jadwal penggantian yang ada (misalnya, setiap bahan pewarna diganti setelah 3 kali penggunaan).

2.3.3 Parameter yang diukur

a) Morfometri Usus Halus

Pengamatan dilakukan dengan menghitung panjang, berat, serta ratio panjang dan berat dari masing-masing duodenum, jejunum, dan ileum.

- 1) Panjang duodenum, jejunum, dan ileum diukur dengan menggunakan penggaris untuk mendapatkan panjang masing-masing bagian usus dengan satuan panjang (cm).
- 2) Berat duodenum, jejunum, dan ileum diukur dengan menggunakan timbangan analitik untuk mendapatkan berat masing-masing bagian usus dengan satuan berat (gram).
- 3) Rasio panjang dan berat duodenum, jejunum, dan ileum rasio morfologi usus halus dapat dihitung dengan menggunakan rumus

$$\text{Rasio panjang dan berat} = \text{Panjang/Berat}$$

b) Histomorfometri Usus Halus

Histologi usus halus diamati dengan menghitung tinggi vili, lebar vili, dan luas permukaan vili pada jejunum dan ileum. Vili yang diukur yaitu vili yang terletak di bagian tengah, memiliki bentuk yang konsisten dan ukuran yang representatif, serta menghindari vili yang terdeformas.

- 1) Tinggi vili diukur dengan menggunakan pengamatan mikroskop.
- 2) Lebar vili diukur dengan menggunakan pengamatan mikroskop.
- 3) Luas permukaan vili dihitung dengan menggunakan rumus

$$\text{Luas permukaan vili} = (a + b) / 2 \times c$$

Keterangan:

a = Tinggi vili

b = Lebar basal vili

c = Lebar apikal vili

2.4 Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis ragam berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial 2 x 4 dengan 3 ulangan. Apabila hasil analisis menunjukkan perbedaan yang nyata maka dilanjutkan dengan Uji Duncan. Model matematis yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

i = 1,2 (jumlah perlakuan L-arginine)

j = 1,2,3,4 (jumlah perlakuan Betaine)

k = 1,2,3 (jumlah ulangan)

Keterangan :

Y_{ijk} = Hasil pengamatan pengaruh perlakuan ke-i, pengaruh perlakuan k dan ulangan ke-k

μ = Rata-rata pengamatan

A_i = Pengaruh perlakuan ke-i

B_j = Pengaruh perlakuan ke-j

AB_{ij} = Interaksi antara perlakuan faktor I dan perlakuan faktor II

ε_{ijk} = Pengaruh galat percobaan dari perlakuan ke-i, perlakuan ke-j dan ulangan ke-k