

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kondisi Peternakan Ayam Broiler di Indonesia

Perkembangan jumlah populasi ayam broiler di Indonesia setiap tahunnya mengalami peningkatan seperti pada 3 tahun terakhir yaitu tahun 2015, 2016, dan 2017 masing-masing berjumlah 1.528.329.183 ekor, 1.632.567.839 ekor, dan 1.698.368.741 ekor, demikian pula di Provinsi Jawa Tengah juga mengalami peningkatan pada tahun 2015 sebesar 126.102.735 ekor sampai tahun 2017 sebesar 180.791.433 ekor (Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, 2017). Ayam ras pedaging disebut juga broiler merupakan jenis ras unggulan hasil persilangan dari bangsa-bangsa ayam yang mempunyai produktivitas tinggi, terutama dalam menghasilkan daging karena pertumbuhan yang relatif cepat (Zuraida *et al.*, 2006). Ayam broiler memiliki laju pertumbuhan yang cepat serta produktivitas tinggi karena dapat mencapai bobot karkas hidup 2,0 kg/ekor pada umur 5 minggu (Charoen Pokphand Indonesia, 2011). Strain ayam broiler yang ada di Indonesia yaitu Hubbard, Cobb, Ross, Lohmann, dan Hybro (Murwani, 2010). Keberhasilan suatu usaha peternakan ayam broiler harus ditunjang oleh manajemen pemeliharaan yang baik, termasuk ransum. Ayam broiler membutuhkan ransum yang mengandung energi yang cukup untuk membantu reaksi metabolik, membantu pertumbuhan, mempertahankan suhu tubuh serta kandungan protein, kalsium, fosfor dan vitamin yang seimbang (Adriyana, 2011). Ransum memiliki pengaruh yang besar terhadap biaya produksi sehingga

keberhasilan peternakan ayam broiler dapat dilihat dari nilai konversi ransum atau *feed conversion ratio* (FCR) yang dihasilkan (Ollong *et al.*, 2012). Perbaikan konversi ransum berkaitan erat dengan efisiensi biaya produksi. Nilai konversi ransum yang tinggi menunjukkan bahwa efisiensi pemanfaatan ransum oleh ternak kurang baik, sebaliknya apabila nilai konversi yang rendah menunjukkan efisiensi yang tinggi (Umam *et al.*, 2015). Performa produksi ayam broiler ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Performa Produksi Ayam Broiler

Umur	Bobot Badan	Pertambahan Bobot Badan	Konsumsi Pakan Kumulatif	FCR
Minggu	------(g/ekor)-----			
1	175	19, 10	150	0, 875
2	486	44, 40	512	1, 052
3	932	63, 70	1.167	1, 252
4	1.467	76, 40	2.105	1, 435
5	2.049	83, 10	3.283	1, 602
6	2.643	84, 86	4.604	1, 743
7	3.177	76, 29	6.021	1,895

Sumber : Charoen Phokpand (2011)

2.2. Komposisi Ransum dan Kebutuhan Nutrien Ayam Broiler

Ransum merupakan campuran dari bahan pakan yang disusun untuk memenuhi kebutuhan nutrien ternak agar tercapai produktivitas yang optimal (Suprijatna *et al.*, 2005). Ransum termasuk porsi biaya terbesar 70% dalam suatu usaha peternakan unggas (Walukow *et al.*, 2017). Kebutuhan nutrien ayam broiler selama pemeliharaan dan pertumbuhan harus disesuaikan dengan fase fisiologisnya. Informasi mengenai kebutuhan nutrien unggas diperlukan untuk

formulasi ransum yang memadai bagi ternak unggas. Ayam broiler membutuhkan ransum yang mengandung energi, protein, kalsium, fosfor dan vitamin yang cukup dan seimbang (Adriyana, 2011). Ransum ayam broiler fase *starter* harus mengandung energi metabolis 3.100 - 3.300 kkal/kg dengan kadar protein 21%, sedangkan untuk fase *finisher* mengandung energi metabolis 2.700 - 2.900 kkal/kg dengan kadar protein 20% (National Research Council, 1994). Ransum yang baik berasal dari campuran bahan pakan yang berkualitas tinggi, higienitas terjaga, tidak berjamur, tidak basi, mengandung nutrisi yang dibutuhkan unggas, harganya murah dan palatabilitas tinggi (Ketaren, 2010). Ayam broiler mengkonsumsi ransum untuk memenuhi kebutuhan energi untuk keberlangsungan proses fisiologis dalam tubuh sehingga proses pertumbuhan dapat berlangsung secara maksimal (Kartasudjana dan Suprijatna, 2006).

Protein merupakan senyawa kimia kompleks yang terdiri dari beberapa polimer asam amino dengan ikatan-ikatan peptida, dan setiap monomer asam amino mengandung karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen serta sebagian belerang (Lesson dan Summers, 1991). Molekul protein berupa sebuah polimer dari asam-asam amino yang terikat dalam suatu ikatan peptida (Tillman *et al.*, 1998). Asam amino esensial yang harus terdapat dalam ransum adalah methionin, lisin, treonin, triptofan, arginin, valin, leusin, isoleusin, histidin, venilalanin, glisin, serin, dan sistin (Baker, 2009). Fungsi protein dalam ransum untuk hidup pokok, pertumbuhan jaringan, pertumbuhan bulu dan produksi (Tillman *et al.*, 1998).

Energi merupakan kalori yang berfungsi sebagai bahan bakar yang sangat dibutuhkan oleh tubuh dalam seluruh proses metabolisme dan fungsi-fungsi

fisiologis tubuh ternak. Energi ransum yang dimanfaatkan dalam tubuh ayam berasal dari hasil perombakan pati (karbohidrat), lemak, dan protein (Iskandar, 2012). Energi metabolis merupakan hasil dari selisih energi bruto dengan energi bruto pada ekskreta yang mengalami pembuangan panas, selanjutnya menjadi energi neto yang siap digunakan untuk hidup pokok dan produksi (Dianti, 2012). Faktor yang mempengaruhi ketersediaan energi metabolis yaitu kandungan energi bruto serta serat kasar dalam ransum (Wulandari *et al.*, 2013). Energi metabolis berfungsi untuk memenuhi kebutuhan hidup pokok (metabolisme basal, pengaturan panas tubuh, aktivitas) dan produksi (telur, pembentukan jaringan, lemak dan bulu) (Dianti, 2012).

Lemak dalam ransum merupakan sumber energi dan panas sebagai pelarut vitamin A, D, E, dan K serta untuk meningkatkan palatabilitas ransum pada ayam. Lemak tersusun atas asam-asam lemak yaitu asam lemak jenuh (non esensial) dan asam lemak tidak jenuh (esensial) (Fadilah, 2006). Asam lemak jenuh meliputi asam palmitat dan asam stearat, serta asam lemak tidak jenuh meliputi asam oleat, asam linoleat dan asam linolenat (Rustan dan Devron, 2005). Kekurangan asam lemak tidak jenuh dapat mengakibatkan gangguan metabolisme yang berdampak pada pertumbuhan terhambat, dermatitis, dan gangguan reproduksi (Piliang dan Djojosoebagio, 2000).

Vitamin dan mineral merupakan kelompok nutrien yang hanya diperlukan dalam jumlah sedikit pada ransum, keduanya juga diperlukan tubuh untuk proses metabolisme energi maupun protein (Iskandar, 2012). Vitamin A dan E merupakan vitamin yang berperan sebagai antioksidan, membantu perkembangan

embrio serta fertilitas ternak. Antioksidan berperan penting dalam mencegah kerusakan yang ditimbulkan oleh radikal bebas. Radikal bebas yang tinggi dapat mengakibatkan penurunan ketahanan tubuh sehingga memicu stres pada ternak yang dapat menurunkan produktivitas. Kekurangan vitamin E dapat menurunkan penampilan reproduksi baik pada ayam jantan maupun betina. Kekurangan vitamin A dapat mengakibatkan penurunan produksi, penurunan daya tetas dan peningkatan mortalitas embrio (Kusumasari *et al.*, 2013).

Mineral memiliki peranan penting dalam tubuh yaitu untuk pertumbuhan tulang, produksi, reproduksi, sistem syaraf serta pembentukan butiran darah merah ternak (Tillman *et al.*, 1998). Apabila mineral yang diberikan melebihi kebutuhan standar terutama mineral mikro, dapat menyebabkan keracunan dan mempengaruhi penggunaan enzim lain, sebaliknya, apabila kekurangan dapat menyebabkan gejala defisiensi (Djulardi, 2006). Beberapa komponen mineral yaitu kalsium (Ca), fosfor (P), magnesium (Mg), seng (Zn), belerang (Cu), dan zat besi (Fe) (Mondal *et al.*, 2007).

Kebutuhan serat ransum pada ayam broiler yaitu maksimal 6% (Badan Standarisasi Nasional, 2006). Serat diklasifikasikan sesuai dengan kelarutan air, yaitu serat mudah larut terdiri dari arabinoxylans, β -glucans dan pektin, sedangkan yang tidak mudah larut seperti selulosa dan lignin (Hetland *et al.* 2004). Serat kasar termasuk dalam klasifikasi serat tidak mudah larut karena terdiri dari selulosa dan lignin. Serat kasar merupakan pembatas dalam ransum unggas. Kandungan serat kasar yang tinggi dapat mempengaruhi pencernaan nutrisi dan berdampak terhadap penurunan performa pertumbuhan dan gangguan

retensi nutrien pada unggas (Alvarado *et al.*, 2010). Ayam broiler tidak memiliki enzim selulase untuk memecah serat kasar sehingga pencernaan serat kasar di dalam sekum dapat dicerna melalui bantuan mikroorganisme. Serat kasar berfungsi untuk mencegah penggumpalan ransum, membantu gerak peristaltik usus, mempercepat laju digesta, dan memacu perkembangan organ pencernaan (Amrullah, 2003). Kebutuhan nutrien ayam broiler ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Kebutuhan Nutrien Ayam Broiler

Komponen	<i>Starter</i> (0 - 3 minggu)	<i>Finisher</i> (3 - 6 minggu)
Kadar air (%)	maks. 14,00	maks. 14,00
Protein (%)	min. 19,00	min. 18,00
Energi metabolis (Kkal/kg)	min. 2900	min. 2900
Lisin (%)	min. 1,10	min. 0,90
Metionin (%)	min. 0,40	min. 0,30
Metionin + sistin (%)	min. 0,60	min. 0,50
Ca (%)	0,90-1,20	0,90-1,20
P tersedia (%)	min. 0,40	min. 0,40

Sumber : Badan Standarisasi Nasional (2006)

2.3. *Lactobacillus sp.* sebagai Probiotik untuk Ayam

Probiotik merupakan aditif alami berupa mikroorganisme hidup yang menguntungkan karena bermanfaat bagi kesehatan ternak inang dengan meningkatkan keseimbangan mikroflora usus (Patterson dan Burkholder, 2003). Penggunaan probiotik sudah banyak digunakan dan memiliki dampak positif terhadap peningkatan performa produksi ternak unggas (Panda *et al.* 2003). Beberapa kelompok bakteri yang memiliki potensi sebagai probiotik antara lain *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Bifidobacterium*, *Bacillus*, *Enterococcus*, *Saccharomyces*, dan *Streptococcus* (Simon *et al.*, 2001). Kelompok bakteri yang

paling sering digunakan sebagai probiotik dalam penelitian bidang peternakan adalah *Lactobacillus sp.* (Tellez *et al.*, 2001). *Lactobacillus sp.* merupakan bakteri gram positif, berbentuk batang dan pendek dengan ukuran 0,9-1,2 μm dan panjang 3-8 μm (Patterson dan Burkholder, 2003). Kriteria probiotik yang baik adalah nontoksik dan nonpatogenik, memiliki identifikasi taksonomi yang jelas, probiotik juga harus mampu bertahan, berkolonisasi serta bermetabolisme secara aktif, bersifat tahan terhadap cairan pencernaan dan empedu, persisten dalam saluran pencernaan, menempel pada epitel usus dan berkompetisi dengan mikroflora inang, mampu memproduksi senyawa antimikrobal yang bersifat antagonis terhadap bakteri patogen, dapat merubah sistem imun (Gaggia *et al.*, 2010). Pemberian probiotik *Lactobacillus sp.* memberikan dampak positif yaitu dapat memperbaiki keseimbangan bakteri dalam usus, sehingga dapat meningkatkan kondisi kesehatan saluran pencernaan serta meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi termasuk protein (Kompang, 2009).

Lactobacillus merupakan salah satu genus dari bakteri asam laktat (BAL) yang paling banyak dijumpai di saluran gastrointestinal baik manusia ataupun hewan. Jumlah *Lactobacillus* di usus halus dapat mencapai $11-19 \times 10^7$ CFU/ml (Manin, 2010). Beberapa spesies *Lactobacillus* telah banyak diisolasi dari usus halus manusia dan hewan, contohnya *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus reuteri*, *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus casei*, dan *Lactobacillus fermentum*, dari beberapa spesies tersebut, *Lactobacillus acidophilus* merupakan BAL yang paling dominan dan paling banyak dipelajari (Hassan, 2006). Penambahan probiotik *Lactobacillus sp.* dalam ransum digunakan sebagai alternatif

penggunaan antibiotik untuk *growth promotor* (Gaggia *et al.*, 2010). Peningkatan *Lactobacillus sp.* di dalam usus dapat menghasilkan produk berupa asam laktat dan *short chain fatty acid* (SCFA) yang akan menyebabkan pH usus menurun sehingga mengakibatkan suasana usus menjadi asam (Krismiyanto *et al.*, 2015). Produksi SCFA dan asam laktat oleh BAL mengakibatkan suasana usus menjadi asam sehingga dapat mendukung aktivitas BAL untuk tumbuh dan berkembang yang menyebabkan aktivitas bakteri patogen menjadi terhambat dan saluran cerna menjadi lebih sehat (Saputri, 2016).

2.4. Cangkang Telur sebagai Sumber Kalsium

Cangkang telur merupakan limbah peternakan yang kaya akan kalsium sehingga layak dijadikan bahan penyusun ransum yang diharapkan mampu memberikan manfaat yang besar bagi ayam broiler (Asip *et al.*, 2008). Ketersediaan cangkang telur dapat diperoleh dari limbah peternakan ayam ras petelur. Produksi telur ayam ras petelur di Indonesia setiap tahunnya mengalami peningkatan seperti pada 3 tahun terakhir yaitu tahun 2015, 2016, dan 2017 masing-masing berjumlah 1.372.829 ton, 1.485.688 ton, dan 1.527.135 ton (Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, 2017). Cangkang telur memiliki komposisi utama kalsium karbonat (CaCO_3) dan memiliki 4 lapisan berbeda yaitu lapisan membran, lapisan *mamillary*, lapisan busa, dan lapisan kurtikula. Cangkang telur memiliki berat 9 - 12% dari berat telur total dan mengandung 94% kalsium karbonat, 1% kalium fosfat serta 1% magnesium karbonat (Rahmawati dan Nisa, 2015). Kandungan terbesar cangkang telur adalah

kalsium karbonat dan ukuran pori cangkang telur berkisar antara 1 - 10 mikron (Asip *et al.*, 2008). Kadar kalsium yang tinggi dalam cangkang telur dikarenakan terdapat bahan-bahan organik yang cukup besar yang didominasi oleh senyawa kalsium karbonat (Safitri *et al.*, 2014). Komposisi nutrisi cangkang telur ayam ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi Nutrien Cangkang Telur Ayam

Komponen	Kandungan
	------(%)-----
Air	29 – 35
Protein	1,4 – 4
Crude fat	0,10 - 0,20
Ash	89,9 - 91,1
Kalsium	35,1- 36,4
CaCO ₃	90,9
Phosphorus	0,12
Magnesium	0,37 - 0,40
Potassium	0,10 - 0,13
Sulphur	0,09 - 0,19
Alanine	0,45
Arginine	0,56 - 0,57
Aspartic acid	0,83 - 0,87
Cystine	0,37 0,41
Glutamic acid	1,22 - 1,26
Glycine	0,48 - 0,51
Histidine	0,25 - 0,30
Isoleucine	0,34

Sumber: Riyani *et al.*, (2005)

Kalsium dibutuhkan oleh tubuh untuk proses pembentukan dan memperbaiki jaringan tulang serta proses biologis penting lainnya yaitu membantu pengaturan transpor ion-ion lainnya ke dalam maupun luar membran, berperan dalam penerimaan dan interpretasi pada impuls syaraf, pembekuan darah, pemompaan darah, kontraksi otot, menjaga keseimbangan hormon serta sebagai katalisator pada reaksi biologis (Musdalifah *et al.*, 2015). Kalsium yang

terdapat dalam ransum berperan sebagai pembentukan tulang agar tulang untuk ayam berumur muda menjadi lebih kuat dan pembentukan kerabang telur untuk ayam dewasa. Pembentukan kerabang telur membutuhkan ion-ion kalsium dan ion-ion karbonat dalam jumlah cukup untuk membentuk kalsium karbonat (Bijanti *et al.*, 2009).

Pengolahan ransum dalam bentuk mikropartikel bertujuan agar nutrisi dapat diserap dengan baik dalam saluran pencernaan (Mingbin *et al.*, 2015). Ransum mikropartikel memiliki ukuran diameter 50 nm - 2,0 µm agar dapat dicerna dan diserap dengan baik dalam saluran pencernaan untuk menunjang pertumbuhan (Soerapto dan Madusari, 2011). Hasil penelitian Amerah *et al.* (2007) bahwa ayam broiler yang diberi ransum ukuran partikel > 500 µm memberikan pengaruh signifikan terhadap performa yang meliputi penyerapan nutrisi, kinerja pertumbuhan, serta perkembangan saluran pencernaan sampai umur 21 hari. Ukuran partikel kalsium yang lebih halus dapat dengan mudah dideteksi dalam saluran pencernaan terutama proventrikulus, ventrikulus, dan duodenum sehingga menyebabkan peningkatan sekresi HCl dalam proventrikulus (Morgan *et al.*, 2014). Partikel kalsium yang halus juga menyebabkan waktu retensi di ventrikulus menjadi cepat (Zhang dan Coon, 1997). Ukuran partikel kalsium yang besar memiliki durasi lebih lama dalam ventrikulus dibanding dengan ukuran partikel kalsium yang halus sehingga menyebabkan kontraksi otot ventrikulus meningkat (Guinotte *et al.*, 1995).

Ukuran partikel kalsium yang besar kurang mampu menghambat sifat *buffer* dari kalsium karbonat sehingga menyebabkan pH digesta usus halus

meningkat (Ekmay dan Coon, 2010). Kisaran pH duodenum pada ayam broiler yaitu 5 - 6 (Gauthier, 2002). Getah usus berperan penting sebagai pengatur pH usus (Farner, 1942). Kecenderungan stabilnya pH usus dalam merespon adanya Ca yang tinggi dalam ransum dapat diimbangi dengan penurunan sekresi komponen alkali oleh getah usus (Shafey *et al.*, 1991). Proses penyerapan nutrisi menjadi lebih lambat apabila ransum memiliki ukuran yang besar, sehingga menghasilkan gerak peristaltik usus yang lebih banyak yang menyebabkan ransum berlalu dengan cepat sehingga nutrisi yang dibutuhkan untuk membentuk daging tidak terserap secara maksimal (Addo *et al.*, 2012).

2.5. Bakteri Asam Laktat (BAL) dan *Coliform* pada Saluran Pencernaan Unggas

Bakteri merupakan organisme yang memiliki ukuran sangat kecil biasanya berukuran kurang dari 1 milimikron, sehingga diperlukan alat bantu yaitu mikroskop untuk mengamatinya. Bakteri terdapat hampir diseluruh saluran pencernaan terutama di dalam usus (Sari *et al.*, 2013). Bakteri yang terdapat pada saluran pencernaan bersifat menguntungkan dan bersifat merugikan atau patogen yang dapat berpengaruh terhadap kesehatan saluran cerna ayam broiler (Akhadiarto, 2010). Saluran pencernaan ayam broiler di dalamnya terdapat bakteri yang berpotensi menjadi patogen yaitu bakteri *Coliform* yang dapat merugikan ayam broiler dengan menghasilkan toksin, memanfaatkan nutrisi esensial untuk pertumbuhan, serta menekan pertumbuhan bakteri yang membantu proses pencernaan. Produk yang dihasilkan *Coliform* yaitu berupa enzim β -glukuronidase yang bersifat toksin bagi hewan inang (Thomas *et al.*, 2010). *Coliform* merupakan

bakteri gram negatif yang berbentuk batang dan tidak berspora (Kurniawan, 2013). Ciri bakteri *Coliform* yang tumbuh pada medium MacConkey Agar yaitu berwarna merah muda, sedangkan *Coliform* yang tumbuh pada medium eosine methylene blue agar (EMBA) berwarna hijau metalik (Hasriani *et al.*, 2013). Bakteri-bakteri patogen saluran pencernaan membutuhkan pH sekitar 5,0 untuk tumbuh dan berkembang (Akhadiarto, 2010). *Coliform* dapat menyebabkan diare apabila jumlah di dalam saluran cerna terlalu banyak sehingga ayam broiler mengalami dehidrasi karena banyaknya cairan tubuh yang hilang (Hariyani, 2017).

Bakteri asam laktat terdiri atas 4 genus yaitu *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, dan *Pediococcus* (Anguirre dan Colins, 1993). *Lactobacillus* merupakan salah satu genus dari BAL yang paling banyak dijumpai di saluran pencernaan baik manusia ataupun hewan. Jumlah *Lactobacillus* di usus halus dapat mencapai $11-19 \times 10^7$ CFU/ml (Manin, 2010). Ciri-ciri dari kelompok bakteri *Lactobacillus sp.* yaitu gram positif, secara morfologi tidak homogen (sel bakterinya ada yang berbentuk batang panjang, ada yang pendek, dan ada yang berbentuk kokus), tidak berspora dan tidak bergerak (Schlegel dan Schmidt, 1994). Bakteri asam laktat dapat menghasilkan produk berupa SCFA (asetat, butirir, propionat) dan asam laktat yang dapat mengurangi kolonisasi bakteri patogen dalam saluran pencernaan (Rinttila dan Apalahjati, 2013). *Short chain fatty acids* (asetat, butirir, propionat) dapat menghambat produksi toksin, mengubah morfologi dinding usus dan mencegah kolonisasi bakteri patogen (Langhout, 2000). *Short chain fatty acids* yang dihasilkan dari proses fermentasi

karbohidrat dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen sehingga keseimbangan mikroflora usus tetap terjaga (Tungland dan Meyer, 2002). Hasil penelitian Cholis *et al.* (2018) bahwa penambahan *Lactobacillus sp.* dalam saluran pencernaan mampu meningkatkan produksi SCFA. Asam asetat dan asam propionat (asam-asam organik) yang merupakan bagian dari SCFA dapat meningkat dibandingkan tanpa penambahan *Lactobacillus sp.*, sehingga menyebabkan suasana usus menjadi asam, kondisi tersebut mendukung aktivitas BAL untuk tumbuh dan berkembang, sehingga aktivitas bakteri patogen terhambat. Mekanisme asam organik terhadap bakteri patogen yaitu pengikatan asam-asam organik masuk ke dalam sel bakteri, merusak membran bakteri, penghambatan reaksi metabolik esensial, menekan homeostatis pH esensial, akumulasi anion-anion toksik, menekan energi sehingga mempengaruhi homeostatik (Gauthier, 2002). Senyawa karbohidrat sederhana yang terdapat pada jagung yaitu arabinosa, xilosa, glukosa dan galaktosa (Iji, 1999). *Lactobacillus sp.* dapat memfermentasi karbohidrat sederhana berupa glukosa, sukrosa, arabinosa, dan fruktosa (Widyatmoko, 2015). Konsentrasi SCFA di dalam usus halus cenderung lebih rendah dibanding di dalam sekum, ini disebabkan proses fermentasi karbohidrat oleh bakteri terbatas di usus halus karena waktu transit digesta yang cepat (Rehman *et al.*, 2007).

Asam laktat yang diproduksi bakteri asam laktat (BAL) dapat melakukan proses ionisasi yaitu melepaskan ion hidrogen ke lingkungan usus halus. Peningkatan ion hidrogen dapat mengakibatkan penurunan pH usus halus, sehingga bakteri yang tidak tahan dengan suasana asam akan mati atau mengalami

perlambatan pertumbuhan. Bakteri yang sensitif terhadap perubahan pH, asam mampu menembus dinding sel bakteri dengan mudah sehingga akan terurai H⁺ dan COO⁻ yang menyebabkan penurunan pH dalam sel. Kondisi ini merupakan upaya bakteri untuk melepaskan ion H⁺ dari dalam sel agar pH kembali normal, namun proses tersebut membutuhkan banyak energi sehingga menyebabkan bakteri berhenti tumbuh bahkan mati (Cahyaningsih *et al.*, 2013). Bakteri asam laktat dapat menghasilkan zat antimikrobia berupa bakteriosin yang merupakan racun untuk menghambat pertumbuhan bakteri patogen dalam usus (Fuller, 2001). Bakteri asam laktat mampu memproduksi enzim antimikrobia berupa β -glukosidase untuk menghambat kerja enzim β -glukuronidase yang dihasilkan *Coliform* yang bersifat toksin (Thomas *et al.*, 2010). Peran BAL yang menghasilkan zat antimikrobia atau bakteriosin mampu menghambat pertumbuhan bakteri patogen dan memperbaiki keseimbangan bakteri menguntungkan dalam saluran pencernaan (Krismiyanto *et al.*, 2015). Bakteri asam laktat dapat tumbuh pada rentang pH 2 - 6,5 dan sebaliknya bakteri patogen tidak mampu hidup dalam kondisi pH rendah (Akbar, 2016). Faktor yang dapat mempengaruhi populasi bakteri dalam saluran pencernaan, khususnya usus halus, adalah kemampuan berkompetisi dalam mendapatkan nutrisi dan ruang dalam usus halus (*competitive exclusion*) (Nevy dan Tafsir, 2008). Hasil penelitian Cholis *et al.* (2018) bahwa pemberian ransum protein mikropartikel 18% dan *Lactobacillus sp.* 1,2 ml merupakan kombinasi yang baik untuk meningkatkan total BAL ($1,6 \times 10^8$ CFU/g).

2.6. Laju Digesta pada Ayam Broiler dan Kaitannya dengan Produktivitas

Laju digesta merupakan waktu yang dibutuhkan ransum untuk melalui saluran pencernaan. Laju digesta pada tiap unggas berbeda-beda yaitu antara 2 - 4 jam, biasanya ayam berumur muda memiliki laju digesta yang relatif lebih cepat dibandingkan ayam dewasa (Schaible dan Patrick, 1980). Lama aliran laju digesta dalam saluran pencernaan ayam berbeda sesuai status fisiologisnya dan ukuran saluran pencernaan unggas (Amrullah, 2003). Laju digesta yang lambat dalam saluran pencernaan dapat memberikan kesempatan untuk mencerna ransum lebih baik (Svihus *et al.*, 2002).

Beberapa faktor yang mempengaruhi laju digesta antara lain konsumsi ransum, imbangannya energi dan protein, kandungan lemak, serat kasar, kualitas ransum, dan volume makanan dalam saluran pencernaan (Setyanto *et al.*, 2012). Laju digesta juga dipengaruhi oleh kekentalan digesta yang berkaitan dengan bakteri dalam saluran pencernaan (Svihus *et al.*, 2002). Kekentalan digesta mampu merangsang pertumbuhan beberapa bakteri menjadi lebih cepat di usus halus terutama bagian ileum (Langhout *et al.*, 1999; Hubener *et al.*, 2002). Kekentalan yang tinggi menyebabkan terjadinya perbanyakan bakteri dan fermentasi nutrisi di usus halus bagian jejunum dan ileum yang bekerja pada pH optimum (Saputri, 2016; Hardiningsih *et al.*, 2006). Laju digesta yang lebih lambat dalam saluran pencernaan disebabkan oleh pencernaan nutrisi yang lebih efektif (Svihus *et al.*, 2002). Hasil penelitian Krismiyanto *et al.* (2014) bahwa laju digesta pada ayam broiler berkisar antara 176,55 - 233,10 menit. Laju digesta yang terlalu cepat dapat mengakibatkan penyerapan nutrisi di saluran pencernaan

menjadi kurang baik sehingga akan banyak yang terbuang menjadi ekskreta (Rizkianingtyas, 2016). Ventrikulus mampu merangsang kontraksi otot di usus halus sehingga memicu aliran digesta meningkat (Svihus *et al.*, 2002). Laju digesta yang terlalu singkat menyebabkan kurangnya waktu tersedia bagi enzim pencernaan untuk mendegradasi nutrisi sehingga berdampak terhadap penurunan kecernaan protein (Tillman *et al.*, 1998).

Kecernaan protein merupakan indikasi dari asupan/substrat untuk proses deposisi protein sehingga protein yang dimanfaatkan untuk daging berdampak positif terhadap bobot badan akhir (Fanani *et al.*, 2016). Kecernaan protein juga dipengaruhi oleh kesehatan saluran pencernaan karena peningkatan kecernaan protein berkaitan dengan saluran pencernaan yang sehat (Fanani, 2014). Semakin tinggi asupan protein sebagai substrat dalam meningkatkan massa protein daging, semakin tinggi pula kontribusinya terhadap penambahan bobot badan (Suthama, 2003). Asupan protein juga berperan penting dalam mekanisme penyerapan kalsium (Ca) dalam bentuk *calcium binding protein* (CaBP), yang selanjutnya masuk ke pembuluh darah, kemudian diangkut menuju jaringan yang membutuhkan, termasuk daging (Radhiyani *et al.*, 2017). Ukuran partikel Ca yang besar dapat mempengaruhi proses penyerapan Ca, karena lebih sulit untuk diserap oleh usus dibanding ukuran partikel Ca yang lebih halus, sehingga dikaitkan dengan penurunan performa produksi ayam broiler yang berdampak pada penurunan penambahan bobot badan (Guinotte *et al.*, 1995).

Pertambahan bobot badan didukung pula oleh ketersediaan energi metabolis yang tinggi (Afriyanti, data belum dipublikasikan, Lampiran 6).

Ketersediaan energi metabolis dapat mempengaruhi proses metabolisme protein, karena bersifat sebagai fasilitator reaksi. Semakin tinggi metabolisme protein, semakin tinggi pula energi yang dibutuhkan (Prasetyo *et al.*, 2017). Kecernaan protein tinggi yang diikuti pula oleh ketersediaan energi metabolis tinggi dapat meningkatkan sintesis jaringan daging sehingga penambahan bobot badan juga meningkat (Mangisah *et al.*, 2009).

BAB III

MATERI DAN METODE

Penelitian dengan judul “Pengaruh Pemberian Kalsium Mikropartikel dan Probiotik *Lactobacillus sp.* terhadap Kondisi Usus Halus dan Pertambahan Bobot Badan Harian Ayam Broiler” dilaksanakan pada bulan Desember 2017 sampai Februari 2018 di Laboratorium Ilmu Nutrisi dan Pakan serta Kandang Digesti, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang. Total bakteri asam laktat (BAL) dan *Coliform* dianalisis di Laboratorium Fisiologi dan Biokimia, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang.

3.1. Ternak, Ransum, dan Peralatan Penelitian

Ternak yang digunakan dalam penelitian adalah ayam broiler sebanyak 160 ekor *strain* MB 202 New Lohmann (*unsex*) umur 14 hari dengan bobot badan pada awal perlakuan $407,65 \pm 16,51$ g. Probiotik *Lactobacillus sp.* diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Universitas Gadjah Mada, ransum komersial CP 511, cangkang telur diperoleh dari limbah pembuatan roti di Gunungpati, Semarang. Bahan penyusun ransum adalah cangkang telur reguler (non-mikropartikel), cangkang telur mikropartikel, jagung, bekatul, tepung ikan, bungkil kedelai dan premiks non-antibiotik, dengan formulasi pada Tabel 4.

Alat yang digunakan adalah *grinder*, dan *pelleter* untuk membuat *pellet*, *Ultrasonic Bath* dengan merk *Power Sonic 405* untuk membuat mikropartikel cangkang telur. Kandang baterai untuk pemeliharaan ayam dilengkapi dengan tempat pakan dan air minum. Timbangan analitik kapasitas 10 kg dengan

ketelitian 0,0001 g untuk menimbang ayam dan ransum. *Termohyrometer* untuk mengukur suhu dan kelembaban kandang.

Tabel 4. Formulasi Ransum Penelitian

Bahan Pakan	Komposisi				
	T0	T1	T2	T3	T4
	----- (%) -----				
Jagung Giling	44,00	50,00	50,00	50,00	50,00
Bekatul	17,00	19,00	19,00	19,00	19,00
Bungkil Kedelai	31,00	23,00	23,00	23,00	23,00
Tepung Ikan	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50
Cangkang Telur Non-mikropartikel	2,00	2,00	0,00	2,00	0,00
Cangkang Telur Mikropartikel	0,00	0,00	2,00	0,00	2,00
Premiks	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Total	100	100	100	100	100
Kandungan Nutrien (%)*					
Energi Metabolis (kkal/kg)**	2914,51	2915,67	2915,67	2915,67	2915,67
Protein Kasar	21,21	18,13	18,13	18,13	18,13
Lemak Kasar	2,16	2,22	2,22	2,22	2,22
Serat Kasar	4,31	4,45	4,45	4,45	4,45
Kalsium	1,22	1,20	1,20	1,20	1,20
Fosfor	0,55	0,57	0,57	0,57	0,57
Metionin***	0,38	0,36	0,36	0,36	0,36
Lisin***	1,25	1,06	1,06	1,06	1,06
Arginin***	1,48	1,26	1,26	1,26	1,26

*Dianalisis Proksimat di Laboratorium Ilmu Nutrisi dan Pakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro (2017)

**Berdasarkan Rumus Balton (Siswohardjono, 1982)

***Berdasarkan Tabel National Research Council (1994)

Alat yang digunakan untuk analisis bakteri yaitu oven untuk sterilisasi alat, autoklaf untuk sterilisasi medium, erlenmeyer untuk tempat medium, pipet untuk memindahkan sampel, tabung reaksi sebagai tempat pengenceran sampel, cawan petri sebagai tempat untuk kultur bakteri, inkubator untuk menginkubasi sampel biakan, *colony counter* untuk menghitung total bakteri, Mac Conkey Agar

sebagai medium bakteri *Coliform*, dan deMann Rogosa Sharpe Agar (MRSA) sebagai medium BAL.

3.2. Prosedur Penelitian

Penelitian diawali dengan tahap persiapan dan dilanjutkan tahap pelaksanaan. Tahap persiapan meliputi persiapan kandang dan pembuatan ransum mikropartikel. Pembuatan mikropartikel kalsium meliputi limbah cangkang telur dibersihkan kemudian dikeringkan. Cangkang telur yang telah kering kemudian dibuat menjadi tepung, sebagian tepung cangkang telur kemudian dibuat mikropartikel dengan ukuran 1,0403 μm menggunakan sonifikator di laboratorium dan dikeringkan kembali. Tepung cangkang telur mikropartikel kemudian dianalisis kandungan kalsiumnya. Persiapan kandang meliputi sanitasi kandang, pembuatan *brooder* untuk DOC, kandang baterai disiapkan sesuai dengan jumlah ayam, pemasangan tempat pakan dan air minum serta biosekuriti kandang. Kandang diberi label setiap perlakuan dan ulangan serta disusun secara acak.

Tahap pelaksanaan meliputi pemeliharaan ayam mulai dari DOC sampai dewasa atau bobot potong selama 42 hari. Pemeliharaan ayam terdiri dari pemeliharaan DOC di *brooder*, penempatan ayam pada kandang baterai kemudian pemberian ransum perlakuan dan air minum secara *ad libitum*. Ayam mulai umur 11 sampai 13 hari diadaptasi sebelum diberikan ransum perlakuan yaitu pada umur 11 hari diberikan ransum komersial 75% : 25% ransum perlakuan, umur 12 hari berupa ransum komersial 50% : 50% ransum perlakuan, dan umur 13 hari berupa ransum komersial 75% : 25% ransum perlakuan. Ransum komersial

diberikan ketika mulai umur 1 sampai 13 hari dan dilanjutkan dengan ransum perlakuan pada umur 14 sampai 42 hari. Ransum perlakuan yang diberikan sebelumnya telah dibuat dalam bentuk pellet untuk mempermudah ayam dalam mengkonsumsi ransum. Probiotik *Lactobacillus sp.* diberikan pada pagi hari pukul 06.00 WIB sebanyak $1,2 \times 10^8$ CFU/ml menggunakan spuit, dengan dicampur dalam sedikit porsi ransum sampai terkonsumsi habis, selanjutnya diberi ransum tanpa *Lactobacillus sp.* sesuai dengan porsi ransum sehari. Kandang dibersihkan dari ekskreta setiap hari agar ayam tetap nyaman dan menjaga kandang agar tidak ada gangguan dari luar.

3.3. Parameter Penelitian

Parameter penelitian meliputi laju digesta, pH usus halus serta total bakteri asam laktat (BAL) dan *Coliform*. Pengukuran laju digesta dilakukan sesuai dengan metode Rahmawati *et al.* (2014). Laju digesta diamati pada hari ke 36 - 39 yang dilakukan dengan cara menambahkan indikator Fe_2O_3 sebanyak 0,5 % dari 150 g ransum. Penambahan indikator Fe_2O_3 dengan hari berselang-seling selama 4 hari yaitu pada hari ke 36 dan 38. Sampel ayam untuk pengukuran laju digesta diambil sebanyak 20 ekor dengan masing-masing 1 ekor/unit perlakuan secara acak, kemudian diberi ransum yang sudah dicampur indikator Fe_2O_3 . Indikator berfungsi sebagai penanda dimulainya pengukuran laju digesta. Waktu ekskreta berwarna sesuai indikator pertama kali keluar dicatat. Pemberian ransum tanpa indikator dilakukan pada hari ke 37 dan 39, kemudian waktu ekskreta yang tidak berwarna pertama kali keluar dicatat.

Pengukuran pH usus halus sesuai dengan metode Rahmawati *et al.* (2014). Data pH usus halus diukur pada hari ke 41 dengan cara mengambil 20 ekor sampel ayam dengan masing-masing 1 ekor/unit perlakuan secara acak. Ayam disembelih pada bagian *vena jugularis*, kemudian dibelah dadanya agar lebih mudah mengambil saluran pencernaan. Bagian digesta usus halus terutama duodenum dipisahkan untuk diukur pH menggunakan pH meter. Sampel digesta bagian duodenum ditampung dalam pot sampel ukuran 10 ml, kemudian ditutup rapat, selanjutnya dimasukkan ke dalam *ice bag* untuk menjaga bakteri dalam sampel agar tidak mati. Pot sampel berisi sampel digesta diambil kemudian dilakukan pengukuran total bakteri asam laktat (BAL) dan *Coliform*.

Total BAL dan *Coliform* ditentukan menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC) (Fardiaz, 1993). Pengambilan data total BAL dan *Coliform* dilakukan pada hari ke 45 dengan cara mengambil 20 sampel cairan digesta pada bagian duodenum secara acak dengan masing-masing 1 sampel/unit perlakuan. Sterilisasi alat, medium deMann Rogosa Sharpe Agar (MRSA) dan MacConkey Agar serta tabung reaksi yang berisi aquades 9 ml. Sterilisasi alat dengan menggunakan oven suhu 170°C selama 1 jam, sedangkan sterilisasi medium dan tabung reaksi menggunakan autoklaf selama 15 menit.

Sampel digesta diencerkan dengan memasukkan 1 g ke dalam tabung reaksi pertama yang berisi 9 ml aquades kemudian dilakukan homogenisasi dan diperoleh pengenceran 10^{-1} . Satu mililiter dari tabung pertama kemudian dimasukkan ke tabung kedua, tabung tersebut dikocok hingga homogen dan diperoleh pengenceran 10^{-2} , 1 ml dari tabung kedua kemudian dimasukkan ke

tabung ketiga, tabung tersebut dikocok dan diperoleh pengenceran 10^{-3} , selanjutnya diencerkan sampai 10^{-8} . Medium yang telah disterilisasi kemudian dituangkan kedalam cawan petri dan ditunggu sampai padat. Perbanyakan BAL dan *Coliform* dilakukan dengan proses *plating*, kultur dari pengenceran BAL 10^{-5} sampai 10^{-8} , dan *Coliform* 10^{-3} dan 10^{-4} diinokulasikan pada masing-masing medium yaitu MRSA untuk BAL dan MacConkey Agar untuk *Coliform* dengan metode cawan tuang. Cawan berisi sampel diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam untuk uji bakteri *Coliform* dan suhu 37°C selama 48 jam untuk uji bakteri asam laktat. Sampel yang telah diinkubasi kemudian dihitung total koloni berdasarkan ciri koloni BAL dan *Coliform* yang terlihat. Ciri koloni BAL yang tumbuh pada media deMann Rogosa Sharpe Agar (MRSA) yaitu bentuk koloni bulat, berwarna putih, tekstur halus dan basah (Purwohadisantoso *et al.*, 2009). Ciri koloni *Coliform* yang tumbuh pada medium MacConkey Agar yaitu berwarna merah atau merah muda (Hasriani *et al.*, 2013), selanjutnya perhitungan jumlah bakteri yang sesungguhnya menggunakan rumus Fardiaz (1993) sebagai berikut :

$$\text{Total bakteri} = \text{total koloni} \times \frac{1}{\text{faktor pengenceran}}$$

Pertambahan bobot badan harian (PBBH) dihitung berdasarkan selisih antar bobot akhir (umur 42 hari) dengan bobot awal (umur 14 hari) dibagi waktu lama pemeliharaan, dengan menggunakan rumus :

$$\text{PBBH} = \frac{\text{bobot badan akhir (g)} - \text{bobot badan awal (g)}}{\text{lama pemeliharaan (hari)}}$$

3.4. Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Penelitian disusun dalam rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan serta 4 ulangan dan setiap ulangan terdiri dari 8 ekor. Perlakuan yang diterapkan sebagai berikut :

- T₀ : Ransum menggunakan non-mikropartikel kalsium dengan protein 21%
- T₁ : Ransum menggunakan non-mikropartikel kalsium dengan protein 18%
- T₂ : Ransum menggunakan mikropartikel kalsium dengan protein 18%
- T₃ : Ransum menggunakan non-mikropartikel kalsium dengan protein 18% +
Lactobacillus sp. 1,2 ml
- T₄ : Ransum menggunakan mikropartikel kalsium dengan protein 18% +
Lactobacillus sp. 1,2 ml

Semua data yang diperoleh dianalisis variansi (anova) dengan taraf signifikansi 5% untuk mengetahui adanya pengaruh perlakuan. Uji Jarak Berganda Duncan's (*Duncan's Multiple Range Test/DMRT*) dilakukan apabila perlakuan menunjukkan pengaruh nyata, untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan (Yitnosumarno, 1993).

Model linier yang digunakan sebagai berikut :

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Keterangan :

- i = perlakuan (1, 2, 3, 4, 5)
j = ulangan (1, 2, 3, 4)
Y_{ijk} = kondisi usus halus ke- j yang memperoleh perlakuan pemberian kalsium mikropartikel dan probiotik *Lactobacillus sp.*
μ = nilai tengah umum kondisi usus halus
τ_i = pengaruh perlakuan pemberian kalsium mikropartikel dan probiotik *Lactobacillus sp.*

ϵ_{ij} = galat percobaan pada perlakuan pemberian kalsium mikropartikel dan probiotik *Lactobacillus sp.*

Hipotesis dalam penelitian ini adalah:

$H_0 : \tau = 0$; tidak ada pengaruh perlakuan pemberian kalsium mikropartikel dan probiotik *Lactobacillus sp.* terhadap kondisi usus halus ayam broiler

$H_1 : \tau \neq 0$; minimal ada satu pengaruh perlakuan pemberian kalsium mikropartikel dan probiotik *Lactobacillus sp.* terhadap kondisi usus halus ayam broiler

Kriteria penerimaan dan penolakan hipotesis :

Apabila $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak.

Apabila $F_{hitung} \geq F_{tabel}$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Total Bakteri Asam Laktat (BAL) Usus Halus Ayam Broiler yang Diberi Kalsium Mikropartikel dan *Lactobacillus sp.*

Hasil penelitian pengaruh pemberian Ca mikropartikel dan probiotik *Lactobacillus sp.* terhadap total bakteri asam laktat pada usus halus ayam broiler disajikan pada Tabel 5. Hasil analisis ragam (Lampiran 1) menunjukkan bahwa pemberian Ca mikropartikel dan probiotik *Lactobacillus sp.* berpengaruh nyata ($P < 0,05$) meningkatkan total bakteri asam laktat (BAL). Berdasarkan hasil uji wilayah ganda Duncan diketahui bahwa total BAL pada usus halus ayam broiler akibat pemberian Ca mikropartikel cangkang telur dan *Lactobacillus sp.* 1,2 ml (T4) berbeda nyata ($P < 0,05$) paling tinggi dibanding perlakuan lainnya yaitu T0, T1, T2, dan T3, sedangkan antar T0, T1, T2, dan T3 tidak berbeda nyata.

Tabel 5. Total Bakteri Asam Laktat (BAL) Usus Halus Ayam Broiler yang Diberi Kalsium Mikropartikel dan *Lactobacillus sp.*

Ulangan	Perlakuan				
	T0	T1	T2	T3	T4
	----- (CFU/g) -----				
U1	$2,0 \times 10^6$	$1,1 \times 10^6$	$7,3 \times 10^5$	$4,0 \times 10^7$	$1,0 \times 10^8$
U2	$2,3 \times 10^6$	$1,6 \times 10^7$	$3,4 \times 10^6$	$3,1 \times 10^6$	$9,2 \times 10^7$
U3	$4,6 \times 10^5$	$1,7 \times 10^6$	$2,2 \times 10^7$	$3,7 \times 10^6$	$1,2 \times 10^8$
U4	$5,5 \times 10^5$	$1,0 \times 10^6$	$2,5 \times 10^6$	$1,7 \times 10^6$	$1,2 \times 10^8$
Rata-rata	$1,3 \times 10^{6b}$	$5,0 \times 10^{6b}$	$7,2 \times 10^{6b}$	$1,2 \times 10^{7b}$	$1,1 \times 10^{8a}$

Superskrip berbeda pada nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$)

Peningkatan total bakteri asam laktat (BAL) pada T4 akibat dari penambahan *Lactobacillus sp.* berkaitan dengan bakteri kelompok *Lactobacilli* termasuk BAL yang dapat memfermentasi karbohidrat berat molekul rendah (*low molecule weight carbohydrate*) menghasilkan *short chain fatty acids* (SCFA) dan asam laktat. Produksi asam laktat dan SCFA (asetat, butirir, dan propionat) yang meningkat akibat penambahan *Lactobacillus sp.* seharusnya dapat menyebabkan penurunan pH usus halus sehingga mampu mendukung pertumbuhan BAL. Fenomena yang terjadi pada penelitian ini akibat penambahan probiotik *Lactobacillus sp.* dalam ransum seharusnya dapat menurunkan pH usus, namun tidak terjadi penurunan pH usus bagian duodenum. Hasil penelitian Cholis *et al.* (2018) bahwa penambahan *Lactobacillus sp.* dalam saluran pencernaan dapat meningkatkan produksi SCFA, terutama asam asetat dan asam propionat yang merupakan bagian dari SCFA, kondisi ini menyebabkan suasana usus menjadi asam sehingga umpan balik positif terhadap aktivitas BAL untuk tumbuh dan berkembang, sebaliknya aktivitas bakteri patogen terhambat. Meskipun penambahan *Lactobacillus sp.* tidak mampu mengubah atau menurunkan pH usus, namun pertumbuhan BAL meningkat (Tabel 5), karena mampu menghasilkan zat antimikrobia yang dapat menekan pertumbuhan bakteri patogen. Kondisi ini juga ditunjang oleh penggunaan Ca mikropartikel yang mampu meningkatkan total BAL dalam usus (Tabel 5). Fenomena pada penelitian ini dapat diasumsikan bahwa peningkatan total BAL lebih berdampak apabila ayam diberi ransum Ca mikropartikel ditambah dengan probiotik *Lactobacillus sp.*. Hasil penelitian Cholis *et al.* (2018) bahwa pemberian ransum protein mikropartikel 18% dan

Lactobacillus sp. 1,2 ml merupakan perlakuan terbaik dalam peningkatan total BAL ($1,6 \times 10^8$ CFU/g) di usus halus.

Peningkatan total BAL yang terjadi berkaitan dengan total bakteri patogen, semakin sedikit bakteri patogen cenderung meningkatkan total BAL dan begitu pula sebaliknya. Ini menunjukkan adanya kompetisi antar bakteri (dalam hal ini BAL dan *Coliform*) untuk mendapatkan ruang dan nutrisi dalam usus halus. Nevy dan Tafsir (2008) menyatakan bahwa faktor yang dapat mempengaruhi populasi bakteri dalam saluran pencernaan, khususnya usus halus, adalah kemampuan berkompetisi dalam mendapatkan nutrisi dan ruang dalam usus halus (*competitive exclusion*).

Penggunaan ransum Ca non-mikropartikel, protein 21%, tanpa *Lactobacillus sp.* (T0) dan ransum dengan penurunan level protein menjadi 18% tanpa *Lactobacillus sp.* baik penggunaan Ca non-mikropartikel (T1) maupun Ca mikropartikel (T2) tidak memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan total BAL. Begitu pula ransum Ca non-mikropartikel dengan penambahan *Lactobacillus sp.* (T3) tidak berpengaruh terhadap peningkatan total BAL (Tabel 5). Kondisi ini dapat diasumsikan bahwa penggunaan ransum Ca non-mikropartikel ditambah *Lactobacillus sp.* kurang memberikan dampak terhadap peningkatan total BAL.

4.2. Total *Coliform* Usus Halus Ayam Broiler yang Diberi Kalsium Mikropartikel dan *Lactobacillus sp.*

Hasil penelitian pengaruh pemberian Ca mikropartikel dan probiotik *Lactobacillus sp.* terhadap total *Coliform* pada usus halus ayam broiler disajikan

pada Tabel 6. Hasil analisis ragam (Lampiran 2) menunjukkan bahwa pemberian Ca mikropartikel dan probiotik *Lactobacillus sp.* berpengaruh nyata ($P < 0,05$) menurunkan total *Coliform*. Berdasarkan hasil uji wilayah ganda Duncan diketahui total *Coliform* pada usus halus ayam broiler akibat pemberian Ca mikropartikel cangkang telur dan *Lactobacillus sp.* 1,2 ml (T4) berbeda nyata ($P < 0,05$) paling rendah dibanding perlakuan lainnya, tetapi antara T0, T2, dan T3 tidak berbeda nyata, serta antara T1 dengan T0, T2, T3, dan T4 berbeda nyata.

Tabel 6. Total *Coliform* Usus Halus Ayam Broiler yang Diberi Kalsium Mikropartikel dan *Lactobacillus sp.*

Ulangan	Perlakuan				
	T0	T1	T2	T3	T4
	----- (CFU/g) -----				
U1	$2,4 \times 10^4$	$5,5 \times 10^4$	$2,2 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$	$1,5 \times 10^4$
U2	$2,3 \times 10^4$	$3,7 \times 10^4$	$2,4 \times 10^4$	$2,7 \times 10^4$	$1,5 \times 10^4$
U3	$2,5 \times 10^4$	$4,8 \times 10^4$	$3,0 \times 10^4$	$2,4 \times 10^4$	$1,4 \times 10^4$
U4	$2,7 \times 10^4$	$2,1 \times 10^4$	$2,5 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$	$1,3 \times 10^4$
Rata-rata	$2,5 \times 10^{4b}$	$4,03 \times 10^{4a}$	$2,5 \times 10^{4b}$	$2,3 \times 10^{4b}$	$1,4 \times 10^{4c}$

Superskrip berbeda pada nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$)

Penurunan total *Coliform* pada perlakuan T4 berkaitan dengan adanya penambahan *Lactobacillus sp.* juga didukung oleh peningkatan total BAL endogenus (Tabel 5) dalam menghasilkan zat antimikrobia untuk menekan pertumbuhan bakteri *Coliform* (Tabel 6). Bakteri asam laktat dapat menghasilkan zat antimikrobia yang bersifat antagonis terhadap pertumbuhan bakteri patogen sehingga dapat memperbaiki keseimbangan bakteri (Azhar, 2009). Fuller (2001) menyatakan bahwa BAL mampu mensekresikan zat antimikrobia berupa bakteriosin yang merupakan toksin untuk menghambat pertumbuhan bakteri patogen dalam saluran pencernaan. Hasil penelitian Thomas *et al.* (2010) bahwa

BAL dapat memproduksi enzim antimikrobia berupa β -glukosidase yang berkaitan dengan kerja enzim β -glukuronidase yang dihasilkan *Coliform*. Produksi enzim β -glukosidase yang meningkat mampu menurunkan produksi enzim β -glukuronidase. Kondisi tersebut diasumsikan dapat menyebabkan penurunan total *Coliform* (Tabel 6) akibat dari peningkatan total BAL (Tabel 5) sehingga berdampak positif terhadap kesehatan saluran pencernaan.

Asam laktat yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat (BAL) dapat bersifat menghambat pertumbuhan bakteri patogen. Cahyaningsih *et al.* (2013) menyatakan bahwa asam laktat dalam saluran pencernaan dapat melakukan proses ionisasi yaitu dengan cara melepaskan ion hidrogen. Peningkatan jumlah ion hidrogen menyebabkan penurunan pH saluran pencernaan sehingga bakteri yang tidak tahan terhadap kondisi asam mengalami perlambatan pertumbuhan atau mati. Bakteri yang sensitif terhadap perubahan pH, asam dengan mudah menembus dinding sel bakteri dan terurai H^+ dan COO^- yang mengakibatkan penurunan pH dalam sel. Kondisi tersebut yaitu upaya bakteri untuk melepaskan H^+ dari dalam sel agar pH dalam sel kembali normal, namun proses ini membutuhkan energi yang cukup besar sehingga mengakibatkan bakteri berhenti tumbuh dan mati (Cahyaningsih *et al.*, 2013). Sebagaimana yang telah dibahas sebelumnya, meskipun fenomena yang terjadi pada penelitian ini akibat penambahan probiotik *Lactobacillus sp.* dalam ransum tidak mampu mengubah atau menurunkan pH duodenum, namun mampu menekan pertumbuhan bakteri *Coliform*. Kondisi ini ditunjang oleh penggunaan Ca mikropartikel yang mampu menurunkan total *Coliform* (Tabel 6).

Pada perlakuan T1 (kadar protein 18 %, Ca non-mikropartikel, dan tanpa penambahan *Lactobacillus sp.*) diketahui total *Coliform* nyata paling tinggi dibandingkan perlakuan lainnya (Tabel 6). Penggunaan ransum Ca non-mikropartikel kurang mampu menekan pertumbuhan *Coliform*. Ini menunjukkan bahwa total *Coliform* dapat dipengaruhi oleh ukuran partikel Ca, namun kondisi tersebut tidak terjadi dalam penelitian ini. Morgan *et al.* (2014) menyatakan bahwa ukuran Ca ransum yang lebih besar kurang dapat menghambat sifat *buffer* dari Ca karbonat sehingga menyebabkan peningkatan pH digesta duodenum. Fenomena ini dapat diasumsikan menyebabkan peningkatan total *Coliform* di usus, karena peningkatan pH yang justru kondusif bagi pertumbuhan *Coliform*. Kondisi ini juga dikaitkan dengan perlakuan tanpa penambahan *Lactobacillus sp.* sehingga tidak dapat memproduksi zat antimikrobia untuk menekan pertumbuhan *Coliform*.

4.3. pH Usus Halus Ayam Broiler yang Diberi Kalsium Mikropartikel dan *Lactobacillus sp.*

Hasil penelitian pengaruh pemberian Ca mikropartikel dan probiotik *Lactobacillus sp.* terhadap pH usus halus ayam broiler bagian duodenum disajikan pada Tabel 7. Hasil analisis ragam (Lampiran 3) menunjukkan bahwa pemberian Ca mikropartikel dan probiotik *Lactobacillus sp.* tidak berpengaruh nyata terhadap pH usus halus bagian duodenum.

Pemberian Ca mikropartikel dan probiotik *Lactobacillus sp.* menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata antar perlakuan lainnya. Hasil penelitian menunjukkan kisaran pH duodenum tidak terlalu asam (Tabel 7). Gauthier (2002)

menyatakan bahwa kisaran pH duodenum pada ayam broiler yaitu 5 - 6. Penambahan *Lactobacillus sp.* dalam saluran pencernaan seharusnya dapat menurunkan pH usus, namun tidak terjadi pada penelitian ini. Perlakuan tidak berpengaruh terhadap pH duodenum dapat diasumsikan bahwa pemberian Ca mikropartikel dan *Lactobacillus sp.* kurang efektif dalam menurunkan pH usus halus namun, efektif dalam meningkatkan total BAL (Tabel 5) dan menekan total *Coliform* (Tabel 6).

Tabel 7. pH Usus Halus Ayam Broiler yang Diberi Kalsium Mikropartikel dan *Lactobacillus sp.*

Ulangan	Perlakuan				
	T0	T1	T2	T3	T4
U1	5,8	5,9	5,9	6,1	5,8
U2	6,1	6,0	5,8	5,8	5,9
U3	6,1	5,5	5,7	5,7	5,8
U4	5,9	6,0	5,8	5,9	5,8
Rata-rata	5,98	5,85	5,80	5,88	5,83

Pemberian Ca dari cangkang telur yang bersifat organik baik dalam bentuk mikropartikel maupun non-mikropartikel tidak mampu menurunkan pH usus. Kondisi tersebut diasumsikan sifat *buffer* dari Ca karbonat tidak dapat membantu menurunkan pH usus. Menurut Morgan *et al.* (2014) bahwa ukuran partikel Ca yang halus dapat dideteksi dengan baik di saluran pencernaan terutama proventrikulus, ventrikulus dan duodenum, ini menyebabkan peningkatan sekresi HCl di proventrikulus. Waktu transit digesta di ventrikulus lebih cepat (Zhang dan Coon, 1997), ini menyebabkan sekresi HCl meningkat sehingga digesta dalam ventrikulus tetap dalam keadaan asam menuju duodenum (Morgan *et al.*, 2014).

Fenomena ini dapat diasumsikan bahwa penggunaan partikel Ca yang lebih besar kurang mampu dideteksi dengan baik di proventrikulus, sehingga menyebabkan sekresi HCl dalam jumlah sedikit. Morgan *et al.* (2014) menyatakan bahwa ukuran Ca ransum yang lebih besar kurang mampu menghambat kerja *buffer* dari Ca karbonat sehingga mengakibatkan peningkatan pH digesta duodenum. Fenomena tersebut tidak terjadi pada penelitian ini. Pengaturan pH usus juga dipengaruhi oleh getah usus. Ini menunjukkan bahwa kecenderungan stabilnya pH digesta dalam merespon keberadaan Ca yang tinggi dalam ransum dapat diimbangi oleh penurunan sekresi komponen alkali oleh getah usus (Shafey *et al.*, 1991). Kondisi tersebut menyebabkan pH usus halus tetap dalam kondisi yang sama (stabil).

Lactobacillus sp. berperan dalam fermentasi karbohidrat sederhana yang seharusnya dapat menghasilkan SCFA dan asam laktat (Rinttila dan Apajalahti, 2013). Sumber karbohidrat yang digunakan dalam penelitian yaitu jagung dan bekatul (Tabel 4). Senyawa karbohidrat sederhana yang terdapat pada jagung yaitu arabinosa, xilosa, glukosa dan galaktosa (Iji, 1999). Widyatmoko (2015) menyatakan bahwa *Lactobacillus sp.* dapat memfermentasi karbohidrat sederhana yaitu glukosa, sukrosa, arabinosa, dan fruktosa.

Peran asam laktat yang diproduksi bakteri asam laktat (BAL) seharusnya mampu melakukan proses ionisasi yang mengakibatkan penurunan pH usus halus (Cahyaningsih *et al.*, 2013), namun dalam penelitian ini belum diketahui peran serta mekanisme *short chain fatty* (SCFA) terhadap kondisi usus halus terutama dalam penurunan pH usus. Fenomena yang dibahas sebelumnya tidak terjadi pada

penelitian ini, dapat diasumsikan karena efektifitas fermentasi oleh BAL terhadap karbohidrat sederhana dari ransum kurang efektif meskipun *feedback* positif tampak pada peningkatan total BAL (Tabel 5). Konsentrasi SCFA di dalam usus halus lebih rendah dibanding di dalam sekum, ini disebabkan fermentasi karbohidrat oleh bakteri terbatas di usus halus karena waktu transit digesta yang pendek (Rehman *et al.*, 2007), meskipun penelitian mengenai konsentrasi SCFA tidak dilakukan, namun fenomena ini dapat diasumsikan sebagai penyebab pH usus halus tetap dalam keadaan stabil.

4.4. Laju Digesta Ayam Broiler yang Diberi Kalsium Mikropartikel dan *Lactobacillus sp.*

Hasil penelitian pengaruh pemberian Ca mikropartikel dan probiotik *Lactobacillus sp.* terhadap laju digesta ayam broiler disajikan pada Tabel 8. Hasil analisis ragam (Lampiran 4) menunjukkan bahwa pemberian Ca mikropartikel dan probiotik *Lactobacillus sp.* berpengaruh nyata ($P < 0,05$) memperlambat laju digesta. Berdasarkan hasil uji wilayah ganda Duncan diketahui laju digesta ayam broiler akibat pemberian Ca mikropartikel cangkang telur dan *Lactobacillus sp.* 1,2 ml (T4) berbeda nyata ($P < 0,05$) paling tinggi dibanding perlakuan lainnya, namun tidak berbeda nyata terhadap T2 dan T3.

Penggunaan Ca mikropartikel dan pemberian probiotik *Lactobacillus sp.* nyata ($P < 0,05$) memperlambat laju digesta ayam broiler dibanding penggunaan Ca non-mikropartikel baik protein 21% maupun 18% dan tanpa probiotik *Lactobacillus sp.* (T0 dan T1) (Tabel 8). Perlambatan laju digesta tersebut akibat pemberian probiotik *Lactobacillus sp.* disebabkan oleh peningkatan total BAL

(Tabel 5) dan penurunan total *Coliform* (Tabel 6). Cahyaningsih *et al.* (2013) menyatakan bahwa penambahan *Lactobacillus sp.* dapat meningkatkan total BAL, diikuti oleh kekentalan digesta meningkat sehingga berdampak positif terhadap laju digesta lebih lambat. Kekentalan digesta juga dipengaruhi oleh total BAL dalam saluran pencernaan. Svihus *et al.* (2002) menyatakan bahwa kekentalan digesta berkaitan dengan total bakteri dalam saluran pencernaan yang dapat mempengaruhi laju digesta.

Tabel 8. Laju Digesta Ayam Broiler yang Diberi Kalsium Mikropartikel dan *Lactobacillus sp.*

Ulangan	Perlakuan				
	T0	T1	T2	T3	T4
	------(menit)-----				
U1	271,5	276,7	318,7	346,5	295,2
U2	266,2	275,5	293,2	355,0	398,0
U3	241,5	278,0	306,0	287,7	363,5
U4	291,0	276,1	306,2	369,0	328,0
Rata-rata	267,6 ^b	276,6 ^b	306,1 ^{ab}	339,6 ^a	346,2 ^a

Superskrip berbeda pada nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$)

Kekentalan yang tinggi disebabkan oleh terjadinya perbanyakan bakteri dan fermentasi nutrisi pada usus halus yang bekerja pada pH optimum (pH 2,0-6,5) (Saputri, 2016; Hardiningsih *et al.*, 2006). Fenomena ini diasumsikan dapat menyebabkan proses pencernaan dan penyerapan nutrisi menjadi lebih efektif sehingga laju digesta lebih lambat. Svihus *et al.* (2002) menyatakan bahwa laju digesta yang cenderung lambat dalam saluran pencernaan, karena pencernaan nutrisi lebih efektif. Lambatnya laju digesta ditunjang oleh tingginya pencernaan protein, hal ini dibuktikan dengan nilai pencernaan protein yang mengalami

peningkatan (Warni, data belum dipublikasikan, Lampiran 6). Fenomena ini diasumsikan bahwa pemberian probiotik *Lactobacillus sp.* memberikan dampak positif terhadap perlambatan laju digesta. Menurut penelitian Krismiyanto *et al.* (2014) bahwa laju digesta pada ayam broiler berkisar antara 176,55 - 233,10 menit.

Perlakuan T1 dan T0 menunjukkan nilai laju digesta nyata ($P < 0,05$) paling rendah dibanding perlakuan lainnya. Ini memberikan arti bahwa perlakuan penggunaan Ca non-mikropartikel dan tanpa probiotik *Lactobacillus sp.* menghasilkan laju digesta yang lebih cepat. Laju digesta juga dipengaruhi oleh ukuran partikel Ca ransum. Ransum dengan ukuran partikel Ca yang lebih besar akan lebih lama berada di ventrikulus sampai ukuran partikel berkurang. Guinotte *et al.* (1995) menyatakan bahwa ukuran partikel Ca yang besar memiliki durasi lebih lama berada di ventrikulus dibanding dengan ukuran partikel Ca yang halus, ini menyebabkan peningkatan kontraksi otot ventrikulus. Laju digesta ditentukan oleh gerak peristaltik dan anti peristaltik. Gerak peristaltik usus dipengaruhi oleh aktivitas ventrikulus, yakni melalui kontraksi otot ventrikulus, proventrikulus dan duodenum yang diatur secara keseluruhan oleh sel-sel otot usus. Ventrikulus dapat merangsang kontraksi otot di usus halus dan mengakibatkan aliran digesta meningkat (Svihus *et al.*, 2002). Fenomena ini diasumsikan dapat mempercepat laju digesta dalam saluran pencernaan. Sebagaimana yang telah dibahas sebelumnya bahwa laju digesta berkaitan dengan nilai pencernaan protein. Semakin rendah nilai pencernaan protein, maka laju digesta semakin cepat (Warni, data belum dipublikasikan, Lampiran 6). Menurut Tillman *et al.* (1998) bahwa laju

digesta yang terlalu singkat menyebabkan waktu tersedia yang kurang bagi enzim pencernaan untuk mendegradasi nutrisi secara keseluruhan, sehingga berpengaruh terhadap pencernaan protein yang menurun.

4.5. Pertambahan Bobot Badan Harian (PBBH) Ayam Broiler yang Diberi Kalsium Mikropartikel dan *Lactobacillus sp.*

Hasil penelitian pengaruh pemberian Ca mikropartikel dan probiotik *Lactobacillus sp.* terhadap pertambahan bobot badan harian ayam broiler disajikan pada Tabel 9. Hasil analisis ragam (Lampiran 5) menunjukkan bahwa pemberian Ca mikropartikel dan probiotik *Lactobacillus sp.* berpengaruh nyata ($P < 0,05$) meningkatkan pertambahan bobot badan harian (PBBH) ayam broiler. Berdasarkan hasil uji wilayah ganda Duncan diketahui PBBH ayam broiler akibat pemberian Ca mikropartikel cangkang telur dan *Lactobacillus sp.* 1,2 ml (T4) berbeda nyata ($P < 0,05$) paling tinggi dibanding perlakuan T1, namun tidak berbeda nyata terhadap T0, T2, dan T3.

Tabel 9. Pertambahan Bobot Badan Harian (PBBH) Ayam Broiler yang Diberi Kalsium Mikropartikel dan *Lactobacillus sp.*

Ulangan	Perlakuan				
	T0	T1	T2	T3	T4
	----- (g/ekor/hari) -----				
U1	40,57	40,90	38,96	39,73	42,07
U2	41,47	35,63	39,47	42,92	43,52
U3	40,95	33,27	41,93	39,60	42,81
U4	41,78	31,21	38,83	43,09	42,30
Rata-rata	41,19 ^a	35,25 ^b	39,80 ^a	41,34 ^a	42,68 ^a

Superskrip berbeda pada nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$)

Penggunaan ransum Ca mikropartikel meskipun kadar protein rendah (18%) dan disertai pemberian probiotik *Lactobacillus sp.* meningkatkan pertambahan bobot badan harian (PBBH) ayam broiler sama dengan perlakuan T0 dengan penggunaan protein 21%. Peningkatan PBBH pada T4 berkaitan dengan peningkatan total BAL (Tabel 5) dan penurunan jumlah *Coliform* (Tabel 6) yang berdampak positif terhadap kesehatan saluran pencernaan sehingga mampu meningkatkan pencernaan protein (Warni, data belum dipublikasikan, Lampiran 6). Hasil penelitian Fanani (2014) bahwa pencernaan protein dipengaruhi oleh kesehatan saluran pencernaan, karena saluran pencernaan yang sehat dapat meningkatkan pencernaan protein. Kesehatan saluran pencernaan yang sehat ditandai dengan tingginya total BAL (Tabel 5) dan rendahnya jumlah *Coliform* (Tabel 6) berkaitan dengan perbaikan pencernaan protein. Pertambahan bobot badan erat kaitannya dengan nilai pencernaan protein, karena protein sebagai bentuk asupan substrat untuk proses deposisi protein, yang dalam penelitian ini disebut massa protein daging (MPD). Fenomena ini dibuktikan dengan peningkatan nilai pencernaan protein dan diikuti pula oleh peningkatan MPD (Warni, data belum dipublikasikan, Lampiran 6), yang akhirnya meningkatkan PBBH (Tabel 9). Pencernaan protein merupakan indikasi sebagai asupan/substrat untuk metabolisme protein khususnya dalam proses deposisi protein, sehingga berdampak positif terhadap bobot badan akhir (Fanani *et al.*, 2016). Semakin tinggi asupan protein sebagai substrat untuk peningkatan massa protein daging, semakin tinggi pula kontribusinya terhadap pertambahan bobot badan (Suthama, 2003).

Pertambahan bobot badan juga didukung oleh ketersediaan energi metabolis (EM) yang tinggi (Afriyanti, data belum dipublikasikan, Lampiran 6). Prasetyo *et al.* (2017) menyatakan bahwa ketersediaan energi metabolis sangat berkaitan dengan metabolisme protein, karena bersifat sebagai fasilitator reaksi. Semakin tinggi metabolisme protein, semakin tinggi pula kebutuhan energi. Sebagaimana yang telah dibahas sebelumnya bahwa metabolisme protein, khususnya dalam proses deposisi protein atau MPD, sangat berkaitan dengan pertambahan bobot badan. Mangisah *et al.* (2009) menyatakan bahwa peningkatan pencernaan protein yang diikuti oleh ketersediaan EM yang tinggi dapat meningkatkan sintesis jaringan daging sehingga pertambahan bobot badan juga akan meningkat.

Perlakuan T1 menunjukkan pertambahan bobot badan harian (PBBH) nyata ($P < 0,05$) paling rendah dibanding perlakuan lainnya. Ini memberikan arti bahwa penggunaan ransum Ca non-mikropartikel, kadar protein 18 % dan tanpa probiotik *Lactobacillus sp.* tidak dapat meningkatkan PBBH ayam broiler. Fenomena ini dikaitkan dengan nilai pencernaan protein yang rendah dibanding perlakuan lainnya. Sebagaimana yang telah dibahas sebelumnya bahwa PBBH berkaitan erat dengan nilai pencernaan protein, ini dibuktikan dengan penurunan nilai pencernaan protein dan diikuti pula oleh penurunan MPD (Warni, data belum dipublikasikan, Lampiran 6), yang akhirnya tidak meningkatkan PBBH ayam broiler (Tabel 5). Pencernaan protein juga berkaitan dengan penyerapan Ca, pencernaan protein yang rendah tanpa penggunaan ransum Ca mikropartikel diasumsikan dapat berikatan dengan Ca dalam bentuk *calcium binding protein*

(CaBP) yang juga rendah sehingga berdampak pada rendahnya MPD. Radhiyani *et al.* (2017) menyatakan bahwa asupan protein berperan penting dalam mekanisme penyerapan Ca dalam bentuk CaBP, yang selanjutnya masuk ke pembuluh darah, kemudian diangkut menuju jaringan yang membutuhkan, termasuk daging. Hasil penelitian ini didukung oleh Guinotte *et al.* (1995) bahwa ukuran partikel Ca ransum yang besar lebih sulit untuk diserap oleh tubuh dibanding partikel Ca ransum yang lebih halus, sehingga dapat dikaitkan dengan performa produksi ayam broiler, yang berdampak pada penurunan penambahan bobot badan.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pemberian ransum dengan menggunakan kalsium mikropartikel ditambah *Lactobacillus sp.* 1,2 ml dapat meningkatkan total BAL, menurunkan total *Coliform* dan laju digesta serta meningkatkan pertambahan bobot badan harian (PBBH) ayam broiler.

5.2. Saran

Perlu penelitian lanjutan mengenai konsentrasi *short chain fatty acids* (SCFA) akibat pemberian kalsium mikropartikel dan probiotik *Lactobacillus sp.* dan pengaruhnya terhadap performa produksi ayam broiler.

DAFTAR PUSTAKA

- Addo, A., A. Bart-Plange dan J. O. Akowuah. 2012. Particle size evaluation of feed ingredient produced in the Kumasi metropolis, Ghana. *J. Agric. Biological Sci.* 7 (3) : 177-181.
- Adriyana, L. 2011. Suplementasi Selenium dan Vitamin E terhadap Kandungan MDA, GSH-PX Plasma Darah dan Bobot Organ Limfoid Ayam Broiler yang Diberi Cekaman Panas. Fakultas Peternakan. Institut Pertanian Bogor, Bogor (Skripsi).
- Akbar, N. K. 2016. Efek Pemberian Umbi Bunga Dahlia sebagai Sumber Inulin terhadap pH dan Laju Digesta Broiler. Fakultas Peternakan. Universitas Hassanudin, Makassar (Skripsi).
- Akhadiarto, S. 2010. Pengaruh pemberian probiotik temban, biovet dan biolacta terhadap persentase karkas, bobot lemak abdomen dan organ dalam ayam broiler. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia.* 12 (1) : 53-59.
- Alvarado, J. M. G., E. J. Moreno, D. G. Sancez, R. Lazaro dan G. G. Mateos. 2010. Effect of inclusion of oat hulls and sugar beet pulp in the diet on productive performance and digestive traits of broilers from 1 to 42 days of age. *Anim. Feed Sci. Technol.* 162 : 37-46.
- Amerah, A. M., V. Ravindran, R. G. Lentle dan D. G. Thomas. 2007. Feed particle size : implications on the digestion and performance of poultry. *J. World's Poult. Sci.* 63 (3) : 439-451.
- Amrullah, I. K. 2003. *Nutrisi Ayam Broiler.* Lembaga Satu Gunungbudi, Bogor.
- Anguirre, M. and M. Colins. 1993. Lactic acid bacteria and human clinical infection. *J. Appl. Bacteriology.* 75 : 95-107.
- Asip, F., R. Mardiah dan Husna. 2008. Uji efektifitas cangkang telur dalam mengadsorpsi ion Fe dengan proses *batch*. *Jurnal Teknik Kimia.* 15 (2) : 22-26.
- Azhar, M. 2009. Inulin sebagai prebiotik. *Sainstek.* 12 (1) 1-8.
- Badan Standarisasi Nasional. 2006. *Kebutuhan Nutrisi Broiler. Standar Nasional Indonesia (SNI) 12-3930-2006.* Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Baker, D. H. 2009. Advances in protein-amino acid nutrition of poultry. *J. Anim. Sci. Biotech.* 37 : 29-41.

- Bijanti, R., R. S. Wahjuni dan M. G. A. Yuliani. 2009. Suplementasi probiotik pada pakan ayam komersial terhadap produk metabolik dalam darah ayam. *Jurnal Penelitian Media Eksakta*. 8 (3) : 178-184.
- Cahyaningsih, N. Suthama dan B. Sukamto. 2013. Kombinasi vitamin E dan bakteri asam laktat (BAL) terhadap konsentrasi BAL dan potensial hidrogen (pH) pada ayam Kedu dipelihara secara *in situ*. *Anim. Agric. J.* 2 (1) : 35-43.
- Charoen Pokphand Indonesia. 2006. Manajemen Broiler Modern. Kiat-kiat Memperbaiki FCR. Technical Service dan Development Departement, Jakarta.
- Charoen Phokpand Indonesia. 2011. Manual Broiler Management CP 707. Charoen Phokpand Indonesia. Jakarta.
- Cholis, M.A., N. Suthama dan B. Sukamto. 2018. Feeding microparticle protein diet combined with *Lactobacillus sp.* on existence of intestinal bacteria and growth of broiler chickens. *J. Indonesian Trop. Anim. Agric.* 43 (3) : 265-271.
- Dianti, R. 2012. Pemberian daun *Crotalaria usaramoensis* sebagai sumber protein ransum burung puyuh periode *grower* terhadap energi metabolis, retensi nitrogen dan efisiensi ransum. *Indonesian J. Food Technol.* 1 (1) : 17-28.
- Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan. 2017. Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan 2017. Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan. Kementerian Pertanian Republik Indonesia, Jakarta.
- Djulardi, A. 2006. Nutrisi Aneka Ternak dan Satwa Harapan. Andalas University Press, Padang.
- Ekmay, R. D. dan C. N. Coon. 2010. The effect of limestone particle size on the performance of three broiler breeder purelines. *Int. J. Poult. Sci.* 9 : 1038-1042.
- Fadilah, R. 2006. Sukses Beternak Ayam Broiler. Agromedia Pustaka, Jakarta.
- Fanani, A. F. 2014. Pemberian Umbi Bunga Dahlia (*Dahlia variabilis*) sebagai Sumber Inulin terhadap Kecernaan Protein dan Produktivitas pada Ayam Lokal Persilangan. Fakultas Peternakan dan Pertanian. Universitas Diponegoro, Semarang (Tesis).
- Fanani, A. F., N. Suthama dan B. Sukamto. 2016. Efek penambahan umbi bunga dahlia sebagai sumber inulin terhadap pencernaan protein dan produktivitas ayam lokal persilangan. *Jurnal Kedokteran Hewan.* 10 (1) : 58-62.

- Fardiaz, S. 1993. Analisis Mikrobiologi Pangan. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Farner, D. S. 1942. The hydrogen ion concentration in avian digestive tracts. *Poult. Sci.* 21 : 445-450.
- Fuller, R. 2001. The chicken gut microflora and probiotic supplements. *Poult. Sci.* 38 : 189-196.
- Gaggia, F., P. Mattarelli dan B. Biavati. 2010. Probiotic and prebiotics in animal feeding for safe food production. *Int. J. Food Microbiol.* 14 : 515-528.
- Gauthier, R. 2002. Intestinal health the key to productivity (the case of organic acids). Puerto Vallarta, Jal. Mexico. 20 : 134-141.
- Guinotte, F., J. Gautron dan Y. Nys. 1995. Calcium solubilization and retention in the gastrointestinal tract in chicks (*Gallus domesticus*) as a function of gastric acid secretion inhibition and of calcium carbonate particle size. *Br. J. Nutr.* 13 : 125-139
- Hariyani, D. 2017. Total Bakteri dan *Coliform* dalam Usus Halus dan Sekum Ayam Broiler yang Diberi Pakan Tepung Gathot (Ketela Terfermentasi). Fakultas Peternakan dan Pertanian. Universitas Diponegoro, Semarang (Skripsi).
- Hasriani, D. H., M. Alwi dan Umrah. 2013. Deteksi bakteri *Coliform* dan *Escherichia coli* pada depot air minum isi ulang di kota Pasangkayu Kabupaten Mamuju Utara Sulawesi Barat. *Jurnal Biocelebes.* 7 (2) : 40-48.
- Hassan, D. H. 2006. Isolasi *Lactobacillus*, bakteri asam laktat dari feses dan organ saluran pencernaan ayam. Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. 6-11 Februari 2012. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kalimantan Selatan. Hal. 735-742.
- Hardiningsih, R., R. N. R. Napitupulu dan T. Yulinery. 2006. Isolasi dan uji resistensi beberapa isolat *Lactobacillus* pada pH rendah. *Jurnal Biodiversitas.* 7 (1) : 15-17.
- Hetland, H., M. Choct dan B. Svihus. 2004. Role of insoluble non-starch polysaccharides in poultry nutrition. *J. World's Poult. Sci.* 60 : 415-422.
- Hubener, K., W. Vahjen dan O. Simon. 2002. Bacterial responses to different dietary cereal types and xylanase supplementation in the intestine of broiler chicken. *Arch. Anim. Nutr.* 59 (3) : 167-187.

- Iji, P. A. 1999. The impact of cereal non-starch polysaccharides on intestinal development and function in broiler chickens. *J. World's Poult. Sci.* 55 : 375-387.
- Iskandar, S. 2012. Optimalisasi protein dan energi ransum untuk meningkatkan produksi daging ayam lokal. *Jurnal Pengembangan Inovasi Pertanian.* 5 (2) : 96-107
- Kartasudjana, R. dan E. Suprijatna. 2006. *Manajemen Ternak Unggas.* Penebar Swadaya, Jakarta.
- Ketaren, P. P. 2010. Kebutuhan gizi ternak unggas di Indonesia. *Wartazoa.* 20 (4) : 172-180.
- Kompiang, I. P. 2009. Pemanfaatan mikroorganisme sebagai probiotik untuk meningkatkan produksi ternak unggas di Indonesia. *Jurnal Pengembangan Inovasi Pertanian.* 2 (3) : 177-191.
- Krismiyo, L., N. Suthama dan H. I. Wahyuni. 2014. Feeding effect of inulin derived from *Dahlia variabilis* tuber on intestinal microbes in starter period of crossbreed native chickens. *J. Indonesian Trop. Anim. Agric.* 39 (4) : 217-223.
- Krismiyo, L., N. Suthama dan H. I. Wahyuni. 2015. Keberadaan bakteri dan perkembangan *caecum* akibat penambahan inulin dari umbi dahlia (*Dahlia variabilis*) pada ayam kampung persilangan periode *starter*. *Jurnal Ilmu-ilmu Peternakan.* 24 (3) : 54-60.
- Kurniawan, A. 2013. Deteksi Bakteri Patogen dalam Es Balok yang Dijual di Depot Es Balok di Pasar Tradisional Bandar Lampung. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Lampung, Lampung (Skripsi).
- Kusumasari, D. P., I. Mangisah dan I. Estiningdriati. 2013. Pengaruh penambahan vitamin A dan E dalam ransum terhadap bobot telur dan mortalitas embrio ayam Kedu Hitam. *Anim. Agric. J.* 2 (1) : 191-200.
- Langhout, D. J., J. B. Schutte, P. V. Leeuwen, J. Wiebenga dan S. Tamminga. 1999. Effect of dietary high-and low-methylated citrus pectin on the activity of the ileal microflora and morphology of the small intestinal wall of broiler chicks. *Br. Poult. Sci.* 40 (3) : 340-347.
- Langhout, P. 2000. New additives for broiler chickens. *J. World Poult.* 16 (3) : 22-27.

- Lesson S. dan J.D. Summers. 1991. Commercial Poultry Nutrition. University Books, Guelph.
- Mangisah, I., N. Suthama dan H. I. Wahyuni. 2009. Pengaruh penambahan starbio dalam ransum berserat kasar tinggi terhadap performan itik. Seminar Nasional Kebangkitan Peternakan. Fakultas Peternakan dan Pertanian, Semarang. 20 Mei 2009. Hal. 688-694.
- Manin, F. 2010. Potensi *Lactobacillus acidophilus* dan *Lactobacillus fermentum* dari saluran pencernaan ayam buras asal lahan gambut sebagai sumber probiotik. Jurnal Ilmiah Ilmu-ilmu Peternakan. 13 (5) : 221-228.
- Mingbin, L., L. Yan, Z. Wang, A. Sha, W. Miaomiao dan W. Zunzhou. 2015. Effects of feed form and feed particle size on growth performance, carcass characteristics and digestive tract development of broilers. J. Anim. Nutr. 1 : 252-256.
- Mondal, M. K., T. K. Das, P. Biswas, C. C. Samanta dan B. Bairagi. 2007. Influence of dietary inorganic and organic copper salt and level of soybean oil on plasma lipids, metabolites and mineral balance of broiler chickens. Anim. Feed Sci. Technol. 139 : 212-233.
- Morgan, N. K., C. L. Walk, M. R. Bedford dan E. J. Burton. 2014. The effect of dietary calcium inclusion on broiler gastrointestinal pH: quantification and method optimization. Poult. Sci. 93 : 354-363.
- Murwani, R. 2010. Broiler Modern. Widya Karya, Semarang.
- Musdalifah, S., H. S. Syamsidar dan Suriani. 2015. Dekolagenasi limbah tulang paha ayam broiler (*Gallus domesticus*) oleh natrium hidroksida (NaOH) untuk penentuan kadar kalsium (Ca) dan Fosfat (PO₄). J. Al-Kimia. 4 (2) : 73-85.
- National Research Council. 1994. Nutrient Requirement of Poultry. 9th Ed. National Academy Press, Washington D. C.
- Nevy, D. H. dan M. Tafsir. 2008. Penggunaan Mannanligosakarida dari Bungkil Inti Kelapa Sawit sebagai Pengendali *Salmonella sp.* pada Ternak Unggas. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara, Medan (Karya Ilmiah).
- Ollong, A. R., Wihandoyo dan Y. Erwanto. 2012. Penampilan produksi ayam broiler yang diberi pakan mengandung minyak buah merah (*Pandanus conoideus* Lam.) pada aras yang berbeda. Buletin Peternakan. 36 (1) : 14-18.

- Panda, A. K., M. R. Reddy, S. V. R. Rao dan N. K. Praharaj. 2003. Production performance, serum/yolk cholesterol and immune competence of white leghorn layers as influenced by dietary supplementation with probiotic. *Trop. Anim. Health Prod.* 35 (1) : 85-94.
- Patterson, J. A. and K. M. Burkholder. 2003. Application of prebiotics and probiotics in poultry production. *Poult. Sci.* 82 : 627-631.
- Piliang, W. G. dan S. Djojosoebagio. 2000. *Fisiologi Nutrisi*. Volume I. Edisi 3. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Prasetyo, M., I. Mangisah dan N. Suthama. 2017. Pemberian *Lactobacillus sp.* dan inulin umbi dahlia pada ransum berbeda kualitas terhadap ketersediaan energi metabolis dan produksi telur ayam kedu. *Agromedia.* 35 (2) : 19-25.
- Purwohadisantoso, K., E. Zubaidah dan E. Saparianti. 2009. Isolasi bakteri asam laktat dari sayur kubis yang memiliki kemampuan penghambatan bakteri patogen. *Jurnal Teknologi Pertanian.* 10 (1) : 19-27.
- Radhiyani, U. A., N. Suthama dan I. Mangisah. 2017. Pengaruh penambahan asam asetat pada ransum dengan level protein berbeda terhadap retensi kalsium dan massa protein daging pada ayam broiler. *Agromedia.* 35 (1) : 21-27.
- Rahmawati, D. P., Mulyono dan I. Mangisah. 2014. Pengaruh level protein dan asam asetat dalam ransum terhadap tingkat keasaman (pH) usus halus, laju digesta dan bobot badan akhir ayam broiler. *Anim. Agric. J.* 3 (3): 409-416
- Rahmawati, W. A. dan F. C. Nisa. 2015. Fortifikasi kalsium cangkang telur pada pembuatan *cookies* (kajian konsentrasi tepung cangkang telur dan *baking powder*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri.* 3 (3) : 1050-1060.
- Rehman, H. U., W. Vahjen, W. A. Awad dan J. Zentek. 2007. Indigenous bacteria and bacterial metabolic products in the gastrointestinal tract of broiler chickens. *Arch. Anim. Nutr.* 61 (5) : 319-335.
- Rinttila, T. dan J. Apajalahti. 2013. Intestinal microbiota and metabolites-implications for broiler chicken health and performance. *J. Appl. Poult. Res.* 22 : 647-658
- Riyani, E., A. Maddu, dan D. J. Soejoko. 2005. Karakterisasi senyawa kalsium fosfat karbonat hasil pengaruh penambahan ion Fe^- dan Mg^{2+} . *J. Biofisika* 1 (1) : 82-89.