

Organ Pencernaan dan Status *Escherichia coli* Usus Puyuh yang Diberi Tepung *Defatted Maggot (Hermetia illucens)* sebagai Pengganti *Meat Bone Meal*

(Digestive Organs and Status of *Escherichia coli* in Quail Intestine Given *Defatted Maggot (Hermetia illucens)* Meal as a Substitute For *Meat Bone Meal*)

Vita Kurnia Citra^{1*}, Widya Hermana², Rita Mutia²

(Diterima Februari 2019/Disetujui Mei 2019)

ABSTRAK

Penelitian dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh substitusi *meat bone meal* (MBM) dengan tepung *defatted maggot (Hermetia illucens)* (TDM) pada persentase bobot, panjang relatif organ pencernaan, dan status *Escherichia coli* usus puyuh. Penelitian ini menggunakan 285 ekor puyuh betina berumur 6 minggu dengan rata-rata bobot 153,3±3,7 g. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan, 5 ulangan, dan masing-masing ulangan terdiri atas 19 ekor puyuh. Perlakuan yang diberikan ialah P1 = 0% TDM dalam ransum, P2 = 3,1% TDM dalam ransum (menggantikan 50% protein MBM), dan P3 = 6,18% TDM dalam ransum (menggantikan 100% protein MBM). Pengukuran organ pencernaan dilakukan dengan menimbang bobot masing-masing organ pencernaan dan dibandingkan dengan bobot hidup dikalikan 100%. Pengukuran panjang relatif dihitung dengan membandingkan panjang organ dengan bobot hidup dan dikalikan 100. Perhitungan konsentrasi *E. Coli* menggunakan metode pengenceran menurut Waluyo (2005). Hasil penelitian menunjukkan pengaruh yang tidak nyata pada persentase dan panjang relatif organ pencernaan. Tepung *defatted maggot* memiliki kemampuan sebagai antimikrob alami yang dapat menurunkan jumlah koloni *Escherichia coli* usus puyuh sebesar 99,99% seiring dengan peningkatan tepung *defatted maggot* sampai sebesar 6,18% dalam ransum. Dapat disimpulkan bahwa tepung *defatted maggot (Hermetia illucens)* dapat digunakan sampai sebesar 6,18% dalam ransum sebagai alternatif pengganti MBM dalam ransum puyuh tanpa mengganggu kesehatan puyuh.

Kata kunci: *Escherichia coli*, *meat bone meal*, organ pencernaan, puyuh, tepung *defatted maggot*

ABSTRACT

This study was designed to evaluate the effect of substitution of Meat Bone Meal (MBM) with defatted maggot (*Hermetia illucens*) meal (DMM) on weight and length of digestive organs and the status of *Escherichia coli* in quail intestine. This study used 285 female quails aged six weeks with an average weight of 153.3±3.7 g. This experiment used Completely Randomized Design with three treatments, five replications, and each replication consisted of 19 quails. The treatments were P1 = 0% DMM in diet, P2 = 3.1% TDM in diet (to substitute 50% of MBM protein), and P3 = 6.18% TDM in diet (to substitute 100% of MBM protein). The measurement of the digestive organs was performed by weighing each of the digestive organ and compared with the live weight multiplied by 100%. The measurement of the relative length was calculated by comparing the length of the organs by live weight and multiplied by 100%. The calculation of the concentration of *E. coli* used the method of dilution according to Waluyo (2005). The results showed that there was no significant effect on the percentage and the relative length of digestive organs. Defatted maggot meal has the activity as a natural antimicrobial that can decrease the *Escherichia coli* in quail intestine by 99.99% along with the increase in defatted maggot meal to 6.18% in diet. It can be concluded that protein from defatted maggot (*Hermetia illucens*) meal can be used up to 6.18% as an alternative to replace MBM without alteration in health status of the quail.

Keywords: defatted maggot meal, digestive organs, *Escherichia coli*, meat bone meal, quail

¹ Program Studi Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor, 16680

² Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

* Penulis Korespondensi:

Email: vitakurniacitra75@gmail.com

PENDAHULUAN

Konsumsi daging dan telur puyuh terus meningkat seiring dengan peningkatan populasi puyuh. Pada tahun 2016, populasi puyuh mencapai 14.107.687 ekor dan pada tahun 2017 meningkat menjadi 14.427.314 ekor (Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan 2017). Populasi puyuh yang semakin mening-

kat tidak diimbangi dengan ketersediaan bahan baku lokal yang mudah didapat dan masih bergantung pada impor, salah satunya adalah *meat bone meal* (MBM). Perlu diupayakan pencarian sumber protein alternatif yang dapat menggantikan MBM.

Maggot (*Hermetia illucens*) atau larva *black soldier fly* dapat menjadi salah satu sumber protein alternatif dalam ransum unggas. Menurut Jayanegara *et al.* (2017), tepung maggot (*Hermetia illucens*) mempunyai kandungan protein kasar sebesar 44,9%, lemak kasar sebesar 29,1%, serat kasar sebesar 16,4%, dan abu sebesar 8,1%. Kandungan nutrisi maggot (*Hermetia illucens*) berupa protein kasar memiliki persentase yang cukup tinggi dan hal tersebut mengindikasikan bahwa maggot (*Hermetia illucens*) memiliki potensi besar untuk menggantikan MBM. Sementara itu, tingginya kandungan lemak pada maggot harus dikurangi dengan metode penurunan lemak (*defatting*) dengan penekanan (*pressing*) tanpa pelarut sehingga dapat memaksimalkan kandungan protein maggot tersebut.

Selain memiliki kandungan protein yang tinggi, maggot diketahui memiliki aktivitas antimikrob berupa *antimicrobial peptide* (AMP) yang bersifat bakteriosidal (Park *et al.* 2014). Dilaporkan juga bahwa maggot memiliki kandungan asam laurat yang tinggi dan dapat berfungsi sebagai agen antimikrob alami (Kim & Rhee 2016). Aktivitas antimikrob tersebut sangat berpengaruh pada kesehatan dan perkembangan organ saluran pencernaan puyuh dalam mengolah serta menyerap nutrisi. Penyerapan nutrisi dapat berlangsung secara optimal apabila usus dalam keadaan sehat. Populasi mikrob atau bakteri yang hidup di dalam usus dapat memengaruhi kesehatan usus itu sendiri. Sifat antimikrob maggot dapat mengurangi jumlah bakteri patogen, salah satunya adalah *Escherichia coli* yang dapat menjadi patogen apabila ada dalam saluran cerna dengan jumlah yang melebihi batas maksimal dan menyebabkan timbulnya gangguan kesehatan pada saluran pencernaan (Mitsuoka 1989). Meskipun tergolong ke dalam bakteri yang normal, sebanyak 10–15% *E. coli* dalam saluran pencernaan sehat merupakan patogen (Tarmudji 2003).

Berkaitan dengan hal-hal tersebut, telah dilakukan penelitian dengan tujuan untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan tepung *defatted* maggot (*Hermetia illucens*) sebagai bahan pakan sumber protein pengganti MBM dalam ransum pada persentase bobot dan panjang relatif organ pencernaan, serta status *Escherichia coli* pada usus puyuh. Harapannya, dengan penggunaan tepung *defatted* maggot sebagai substitusi MBM tidak meningkatkan bobot dan panjang relatif organ pencernaan, namun dapat menurunkan jumlah *E. coli* usus puyuh.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan selama 3 bulan. Pemeliharaan dan pengamatan puyuh dilakukan di kandang percobaan Laboratorium Lapang Diploma IPB selama 8 minggu. Analisis kandungan nutrisi pakan dilakukan

di Laboratorium Ilmu dan Teknologi Pakan serta Pusat Penelitian Sumberdaya Hayati dan Bioteknologi IPB. Pemotongan puyuh dan pengamatan organ pencernaan dilakukan di Laboratorium Unggas, Fakultas Peternakan, IPB. Analisis antimikrob dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Pangan 2, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.

Maggot (*Hermetia illucens*) yang digunakan berumur 15 hari dan diperoleh dari BSF Farm Galuga di Galuga, Cibungbulang, Bogor dan Biomagg Indonesia di Depok. Media yang digunakan untuk pertumbuhan maggot di Galuga berupa limbah sayur dan buah, sedangkan di Biomagg Indonesia berupa limbah makanan restoran. Perbandingan penggunaan maggot dari kedua sumber adalah 1:1. Maggot yang telah didapatkan kemudian dibersihkan terlebih dahulu dengan menggunakan saringan dan air. Maggot yang sudah bersih dimatikan dengan cara dimasukkan ke dalam *freezer*. Maggot *dithawing* kemudian dioven pada suhu 60°C selama 24 jam. Maggot yang sudah kering dipres menggunakan alat pengepresan berulir (*screw pressing*) dengan penekanan tanpa pelarut. Cara kerja alat ini berdasarkan Heruhadi (2008) adalah dengan menerapkan prinsip ulir yang menghasilkan minyak, air, dan konsentrat. Konsentrat yang dihasilkan digunakan untuk dijadikan tepung dan dicampurkan ke dalam ransum puyuh.

Ternak yang digunakan adalah puyuh betina (*Cortunix-cortunix japonica*) berumur 4 minggu sebanyak 285 ekor dengan bobot rata-rata 99,31±13,90 g dan berasal dari peternakan Slamet Quail Farm (SQF) Sukabumi, Jawa Barat. Setelah 2 minggu masa adaptasi, dilakukan penimbangan kembali dengan bobot puyuh rata-rata 153,30±3,70 g dan bobot akhir dengan rata-rata 183,30±7,50 g, serta mortalitas sebesar 4,56%. Ternak ditempatkan dalam kandang baterai koloni dan dibagi menjadi 3 perlakuan dengan 5 ulangan dan setiap ulangan merupakan 1 kandang yang berisi 19 ekor puyuh. Ransum penelitian mengacu pada Lesson & Summers (2005). Penggunaan tepung *defatted* maggot dalam ransum berturut-turut pada perlakuan P1, P2, dan P3 adalah sebesar 0; 3,10; dan 6,18%. Ransum diberikan dalam bentuk *mash* dan diberikan *ad libitum*. Adapun rincian formula ransum perlakuan pada penelitian ini ditampilkan pada Tabel 1.

Pelaksanaan pemeliharaan ini meliputi pemberian pakan sebanyak dua kali sehari, yaitu pagi hari pada pukul 07:00 WIB dan sore hari pada pukul 15:00 WIB. Sebelum memasuki masa perlakuan, dilakukan masa adaptasi lingkungan dan pakan masing-masing satu minggu. Pakan yang diberikan adalah sebanyak 25 g ekor⁻¹ hari⁻¹. Air minum diberikan *ad libitum* pada pagi hari. Puyuh dipelihara hingga umur 12 minggu.

Pengukuran organ pencernaan dilakukan pada puyuh yang telah disembelih sebanyak 3 ekor dari setiap ulangan yang sebelumnya ditimbang dan dipuasakan terlebih dahulu kurang lebih 12 jam sebelum disembelih. Masing-masing organ hati, proventrikulus, gizzard, usus halus, sekum, dan usus besar ditimbang bobotnya dihitung persentasenya dengan membandingkan bobot organ pencernaan dengan bobot hidup

Tabel 1 Formula dan kandungan nutrisi ransum perlakuan berdasarkan *as fed*

Bahan baku	Perlakuan (%)		
	P1	P2	P3
Jagung	52,19	51,59	51,57
Dedak	4,55	4,55	3,93
CGM	0,78	0,78	0,78
Bungkil kedelai (PK 48%)	27,82	27,82	27,82
MBM	5,00	2,50	0,00
Tepung <i>defatted</i> maggot	0,00	3,10	6,18
CPO	1,00	1,00	1,00
L-Lysina	0,13	0,13	0,19
Metionina	0,29	0,29	0,29
CaCO ₃	7,10	7,10	7,10
DCP	0,66	0,66	0,66
Garam	0,33	0,33	0,33
Premix	0,10	0,10	0,10
Choline 60%	0,05	0,05	0,05
Total	100,00	100,00	100,00
Kandungan nutrisi			
Bahan kering (%) ¹⁾	89,71	90,17	89,78
Protein kasar (%) ¹⁾	16,90 ¹⁾	18,08	18,52
Lemak kasar (%) ¹⁾	3,74	4,22	5,36
Serat kasar (%) ¹⁾	2,31	2,17	2,42
Abu (%) ¹⁾	14,18	12,62	13,35
EM (kkal kg ⁻¹) ²⁾	2805,18	2853,84	2902,50

Keterangan: P1 = 0% tepung *defatted* maggot dalam ransum, P2 = 3,1% tepung *defatted* maggot dalam ransum (menggantikan 50% protein MBM), dan P3 = 6,18% tepung *defatted* maggot dalam ransum (menggantikan 100% protein MBM); ¹⁾Hasil Analisis Laboratorium Pusat Penelitian Sumberdaya Hayati dan Bioteknologi (PAU), IPB (2018); ²⁾Hasil perhitungan berdasarkan Lesson & Summers (2005); dan ³⁾Hasil analisis Laboratorium Ilmu dan Teknologi Pakan, IPB (2018).

dikalikan 100%. Pengukuran panjang relatif pada organ pencernaan kemudian dihitung menggunakan rumus panjang organ (cm) dibandingkan dengan bobot hidup (g) dan dikalikan 100. Peralatan yang diperlukan dalam pengukuran ini meliputi timbangan, penggaris, sarung tangan, pisau, pinset, gunting, talenan, nampan, plastik, label, dan kamera digital.

Perhitungan konsentrasi *E. coli* menggunakan digesta usus puyuh yang diambil secara acak dari 3 perlakuan dengan 3 ulangan (ulangan 1, 2, dan 3) per perlakuan sebagai sampel. Total keseluruhan digesta yang diambil adalah sebanyak 9 g. Digesta dikeluarkan dari usus, dimasukkan ke dalam plastik steril, dan diletakkan dalam *cool box* kemudian dibawa ke laboratorium untuk dianalisis. Perhitungan dilakukan menggunakan metode pengenceran menurut Waluyo (2005); sebanyak 1 g sampel diencerkan dengan 9 mL KH₂PO₄. Pengenceran dilakukan dari 10⁻¹–10⁻⁴, kemudian dari setiap pengenceran dipipet 1 mL dan dimasukkan ke dalam cawan petri yang telah diberi kode secara duplo. Kemudian dituangkan *Eosin Methylene Blue Agar* (EMBA) dan dihomogenkan. Agar dibiarkan sampai menjadi padat kemudian diinkubasi selama 24–48 jam dengan suhu 37°C. *E. coli* yang tumbuh membentuk koloni berwarna hijau metalik. Jumlah koloni cawan yang termasuk dalam perhitungan CFU adalah 25–250 koloni dalam 1 g sampel. Perhitungan koloni bakteri (CFU mL⁻¹) sebagai berikut:

$$\frac{\text{Jumlah koloni yang tumbuh di dalam cawan dalam rentang } 25 - 250}{\text{Jumlah cawan yang ditumbuhi koloni dengan rentang } 25 - 250} \times \frac{1}{F_p}$$

Keterangan:

F_p = Faktor pengencer

Terdapat 3 perlakuan dalam percobaan ini yang terdiri atas ransum dengan kandungan tepung *defatted* maggot sebesar 0%, ransum dengan kandungan tepung *defatted* maggot sebesar 3,1% (menggantikan 50% protein MBM), dan ransum dengan kandungan tepung *defatted* maggot sebesar 6,18% (menggantikan 100% protein MBM).

Semua tahapan penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan dan 5 ulangan. Setiap ulangan terdiri atas 19 ekor. Model matematik yang digunakan untuk percobaan ini adalah Rancangan Acak Lengkap (Steel & Torrie 1993). Data hasil penelitian ini dianalisis dengan sidik ragam (ANOVA) dan jika didapatkan hasil berbeda nyata maka dilakukan uji Banding Berganda Duncan (Steel & Torrie 1993).

Peubah yang diamati adalah bobot dan persentase organ pencernaan yang meliputi organ hati, proventrikulus, gizzard, usus halus, sekum, usus besar, dan panjang relatif usus halus, sekum, serta usus besar. Pengamatan peubah juga dilakukan pada konsentrasi *Escherichia coli* yang terdapat pada usus halus puyuh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang ditampilkan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa tepung *defatted* maggot (*Hermetia illucens*) dapat digunakan sebagai bahan pakan sumber protein

Tabel 2 Analisis proksimat nutrisi tepung defatted maggot dibandingkan dengan komposisi nutrisi *meat bone meal* (MBM) berdasarkan *as fed*

Nutrien	Tepung <i>defatted</i> larva BSF ¹⁾	MBM ²⁾
Bahan kering (%)	92,95	93,73
Protein kasar (%)	42,65	47,35
Serat kasar (%)	6,98	1,04
Lemak kasar (%)	17,95	5,49
Abu (%)	12,43	35,80

Keterangan: ¹⁾Hasil Analisis Laboratorium Pusat Penelitian Sumberdaya Hayati dan Bioteknologi, IPB dan Laboratorium Ilmu dan Teknologi Pakan, IPB (2018) dan ²⁾ Hasil analisis menggunakan NIRS dari Cheil Jedang.

karena memiliki kandungan protein kasar sebesar 42,65%, lemak kasar sebesar 17,95%, dan serat sebesar 6,98%. Menurut Utomo & Soejono (1999) bahwa suatu bahan pakan dapat digolongkan sebagai bahan pakan sumber protein jika mengandung protein kasar sebesar 20% atau lebih, sedangkan serat kasar kurang dari 18%.

Kandungan protein kasar tepung *defatted* maggot sedikit lebih rendah dibandingkan dengan kandungan protein kasar MBM, yakni sebesar 90,07% dari total kandungan protein kasar MBM. Formulasi ransum unggas pada umumnya menggunakan MBM berkisar 4–6%, sehingga proporsi tepung *defatted* maggot yang bisa menggantikan MBM adalah sebesar 4–6% penggunaan MBM dari formulasi dikali 90,07%, yaitu sebesar 3,60–5,40%. Namun demikian, ditinjau dari segi ketersediaan, tepung *defatted* maggot lebih menjanjikan dibandingkan dengan MBM yang sebagian besar pemenuhannya masih bergantung pada impor.

Menurut Bosch *et al.* (2014), kandungan protein kasar tepung maggot berkisar antara 40–50% dengan kandungan lemak sebesar 29–32%. Kandungan lemak kasar yang tinggi harus diturunkan dengan cara pengolahan sebelum digunakan sebagai bahan pakan. Terdapat berbagai metode untuk menurunkan kandungan lemak (*defatting*), yaitu *mechanical expression*, *rendering* (*dry rendering* dan *wet rendering*), dan *solvent extraction* (Ketaren 2008).

Hasil analisis kandungan lemak setelah dilakukan *defatting* menggunakan *pressing* tanpa pelarut mampu menurunkan kandungan lemak kurang lebih sebesar 22% yang berkisar antara 39,99–17,95%. Menurut Fasakin *et al.* (2003) dan Schiavone *et al.* (2017) proses *defatting* dapat menurunkan kandungan lemak sebesar 5% (dalam *dry matter*) bergantung pada prosedur ekstraksi lemak. Pada protein kasar terjadi peningkatan sebesar 5% setelah dilakukan proses *defatting*, yaitu berkisar antara 36,94–42,46%. Penelitian Renna *et al.* (2017) menggunakan *mechanical process* dengan tekanan tinggi tanpa pelarut menghasilkan protein kasar sebesar 52,12% dan lemak sebesar 16,92% (dalam *as fed*). Penelitian Schiavone *et al.* (2017) melakukan proses *defatting* yang terdiri atas 2 jenis, yaitu *parsial* (p) dan *highly defatted* (h) menggunakan tekanan tinggi tanpa pelarut memberikan hasil yang berbeda, yaitu BSFp menghasilkan protein kasar sebesar 52,09% dan lemak kasar sebesar 16,96% (dalam *as fed*), sedangkan BSFh menghasilkan protein kasar sebesar 64,52% dan

lemak kasar sebesar 4,53% (dalam *as fed*). Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu maka hasil pada penelitian ini masih kurang dapat memaksimalkan penurunan lemak dan peningkatan protein. Adanya perbedaan nilai ini dipengaruhi oleh jenis makanan (substrat) yang diberikan pada maggot sehingga akan memengaruhi komposisi kandungan nutrisi maggot tersebut. Maggot diketahui mampu mencapai tingkat pertumbuhan yang tinggi dengan mendegradasi sampai 80% berbagai jenis material sebagai sumber makanan, termasuk bahan organik yang telah mengalami pembusukan, seperti limbah dapur, limbah sayuran dan buah, limbah pengolahan makanan, limbah peternakan, dan kotoran ternak (Diener *et al.* 2011). Selain itu, metode *defatting* dan prosedur yang digunakan akan berpengaruh pada hasil *defatting* tersebut. *Defatting* juga dilihat sebagai titik kontrol kritis untuk tepung maggot karena komponen lemak telah terbukti menjadi komponen yang paling beragam dalam larva yang ditumbuhkan pada substrat yang beragam (Spranghers *et al.* 2017). Pemilihan metode *defatting* suatu bahan pakan juga harus memerhatikan peruntukan bahan pakan tersebut. Secara umum, jenis unggas petelur membutuhkan lebih banyak lemak dibandingkan unggas pedaging karena lemak berperan dalam proses reproduksi. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Izquierdo *et al.* (2001) bahwa lemak dan komposisi asam lemak pakan merupakan faktor utama yang menentukan keberhasilan reproduksi.

Hasil pada Tabel 3 menunjukkan rataan bobot, persentase, dan panjang relatif organ pencernaan puyuh umur 12 minggu dari setiap perlakuan. Bobot, persentase, dan panjang relatif organ pencernaan puyuh tidak signifikan dipengaruhi oleh perlakuan. Hal tersebut mengindikasikan bahwa organ pencernaan masih bekerja dengan normal tanpa meningkatkan bobot maupun panjang relatif. Hati merupakan organ yang berfungsi untuk metabolisme karbohidrat, protein, lemak, serta penyimpanan, dan perombakan produk yang tidak dimanfaatkan (Akers & Denbow 2008). Rataan persentase organ hati berkisar antara 2,30±0,21% sampai 2,44±0,17%. Rataan persentase hati pada penelitian ini relatif sama dengan hasil penelitian Guluwa *et al.* (2014) yang berkisar antara 2,30–3,52% dan penelitian Puspitarini (2016) bahwa persentase hati berkisar antara 2,28–2,53%. Warna normal pada hati adalah cokelat kemerahan atau cokelat terang (Novita *et al.* 2016). Berdasarkan pengamatan tidak ditemukan pembengkakan atau pengecilan hati serta perubahan warna hati. Oleh

Tabel 3 Rataan bobot, persentase, dan panjang relatif organ pencernaan puyuh umur 12 minggu dari setiap perlakuan

Peubah		Perlakuan		
		P1	P2	P3
Hati	(g)	4,23±0,22	4,15±0,38	3,79±0,36
	(%)	2,44±0,17	2,40±0,11	2,30±0,21
Proventrikulus	(g)	0,60±0,08	0,63±0,03	0,63±0,16
	(%)	0,35±0,06	0,36±0,03	0,39±0,10
Gizzard	(g)	3,39±0,24	3,48±0,49	3,40±0,26
	(%)	1,96±0,22	2,02±0,27	2,06±0,13
Usus halus	(g)	3,98±0,37	4,36±0,58	4,17±0,46
	(%)	2,30±0,35	2,54±0,37	2,53±0,28
	(cm 100 g ⁻¹)	37,31±4,27	32,89±2,28	39,01±1,80
Sekum	(g)	0,79±0,13	0,61±0,06	0,73±0,19
	(%)	0,46±0,10	0,36±0,04	0,44±0,11
	(cm 100 g ⁻¹)	5,85±0,67	6,66±0,39	6,43±0,37
Usus besar	(g)	0,33±0,03	0,31±0,04	0,31±0,01
	(%)	0,19±0,02	0,18±0,02	0,19±0,01
	(cm 100 g ⁻¹)	2,80±0,58	3,17±0,30	3,66±0,67

Keterangan: P1 = 0% tepung *defatted* maggot dalam ransum, P2 = 3,1% tepung *defatted* maggot dalam ransum (menggantikan 50% protein MBM), dan P3 = 6,18% tepung *defatted* maggot dalam ransum (menggantikan 100% protein MBM).

karena itu, hati pada puyuh penelitian berada dalam kondisi normal.

Proventrikulus mensekresikan enzim pepsin dan merupakan awal dari pencernaan protein agar dapat dipecah menjadi komponen sederhana (Grist 2006). Rataan persentase proventrikulus berkisar antara 0,35±0,06% sampai 0,39±0,10%. Rataan persentase proventrikulus dalam penelitian ini sama dengan hasil penelitian Mahmilia (2005) bahwa bobot proventrikulus berkisar antara 0,32–0,40%.

Menurut Tambunan (2007), gizzard berfungsi untuk menggiling dan memecah partikel pakan menjadi ukuran yang lebih kecil sehingga dapat memudahkan pencernaan pada proses selanjutnya. Rataan persentase gizzard adalah antara 1,96±0,22% sampai 2,06±0,13%. Persentase gizzard dalam penelitian ini relatif sama dengan hasil penelitian Putnam (1992), yaitu berkisar antara 1,60–2,30% dan 1,71–2,33% dari bobot hidup (Mardiansyah 2013).

Usus halus merupakan organ pencernaan yang berfungsi untuk menyerap nutrisi dari pencernaan makanan yang selanjutnya akan dimanfaatkan oleh tubuh. Rataan persentase usus halus berkisar antara 2,30±0,35% sampai 2,54±0,37%. Persentase usus halus dalam penelitian ini relatif sama dengan hasil yang dilaporkan oleh Imama (2017) bahwa persentase usus halus berkisar antara 2,28–2,84%. Panjang relatif usus halus pada penelitian ini adalah antara 32,89±2,28 cm 100 g⁻¹ sampai 39,01±1,80 cm 100 g⁻¹. Hasil ini tidak jauh berbeda dari penelitian Santosa (2012) bahwa panjang relatif usus halus adalah sebesar 37,43 cm 100 g⁻¹ sampai 46,20 cm 100 g⁻¹ dari bobot hidup.

Sekum adalah saluran usus buntu yang terletak di antara sambungan usus kecil dan usus besar yang berfungsi membantu penyerapan air serta pencernaan karbohidrat dan protein dengan bantuan bakteri yang ada di dalamnya (Mardiansyah 2013). Menurut Imama (2017) persentase sekum berkisar antara 0,37–0,5% dan panjang relatif sekum berkisar antara 5,46 cm 100 g⁻¹ sampai 6,97 cm 100 g⁻¹ (Santosa 2012). Hasil

tersebut tidak berbeda jauh dari hasil penelitian ini, yaitu rata-rata persentase sekum berkisar antara 0,36±0,04% sampai 0,46±0,10%, dan panjang relatif berkisar antara 5,85±0,67 cm 100 g⁻¹ sampai 6,66±0,39 cm 100 g⁻¹. Hal tersebut menunjukkan bahwa sekum tidak bekerja keras dalam mencerna nutrisi.

Rataan persentase usus besar berkisar antara 0,18±0,02% sampai 0,19±0,01% dan panjang relatif berkisar antara 2,80±0,58 cm 100g⁻¹ sampai 3,66±0,67 cm 100g⁻¹. Pemberian tepung *defatted* maggot sebesar 3,1 dan 6,18% tidak meningkatkan bobot maupun panjang relatif usus besar dibandingkan dengan perlakuan P1. Hal ini menunjukkan bahwa usus besar tidak bekerja berat dalam mengatur kandungan air sel-sel tubuh serta keseimbangan air serta mereabsorpsi nutrisi yang tidak dapat dicerna di usus halus (Santosa 2012).

Hasil pengamatan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa jumlah koloni bakteri *E. coli* dalam 1 g digesta usus puyuh secara signifikan ($P < 0,05$) dipengaruhi oleh perlakuan. Produktivitas dan kesehatan ternak terkait dengan morfologi saluran pencernaan, penyerapan nutrisi, patogenitas, serta imunitas yang peranannya dipegang oleh mikroflora dalam saluran pencernaan (Lu *et al.* 2003). *Escherichia coli* merupakan mikroorganisme normal yang berada dalam saluran pencernaan ternak, namun dapat menjadi patogen apabila berada dalam jumlah yang melebihi batas maksimal dan menyebabkan timbulnya gangguan kesehatan pada saluran pencernaan (Mitsuoka 1989). Kisaran *E. coli* dalam mikroflora normal puyuh adalah 10⁴–10⁵ CFU mL⁻¹ (Ahmadi 2015). Rataan koloni bakteri *E. coli* hasil penelitian tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol dan rata-rata koloninya menurun seiring dengan peningkatan level tepung *defatted* maggot sebagai pengganti protein MBM. Hal ini dikarenakan maggot memiliki aktivitas antimikrob alami berupa AMP (Park *et al.* 2014).

Secara umum, serangga diketahui memiliki sistem kekebalan bawaan seperti kekebalan seluler dan kekebalan humoral. Sistem kekebalan humoral berkaitan

Tabel 4 Jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* digesta usus puyuh pada setiap perlakuan

Perlakuan	Jumlah koloni bakteri cfu.mL ⁻¹	Rata-rata
P1U1	9,2 x 10 ⁶	
P1U2	1,7 x 10 ⁷	1,34 x 10 ⁷ ±0,39c
P1U3	1,4 x 10 ⁷	
P2U1	3,2 x 10 ³	
P2U2	1,1 x 10 ⁶	3,80 x 10 ⁵ ±6,24b
P2U3	3,7 x 10 ⁴	
P3U1	<1,0 x 10 ¹	
P3U2	<1,0 x 10 ¹	< 1,0 x 10 ¹ a
P3U3	<1,0 x 10 ¹	

Keterangan: Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$) (P1 = 0% tepung *defatted* maggot dalam ransum, P2 = 3,1% tepung *defatted* maggot dalam ransum (menggantikan 50% protein MBM), dan P3 = 6,18% tepung *defatted* maggot dalam ransum (menggantikan 100% protein MBM)); Hasil analisis Laboratorium Mikrobiologi Pangan 2, Pusat Penelitian Sumberdaya Hayati dan Bioteknologi (PAU), Institut Pertanian Bogor (2018).

dengan produksi AMP yang disintesis pada organ *fat body* (setara dengan hati mamalia) dan disekresikan ke dalam hemolimpa (aliran darah) (Hoffmann & Reichhart 2002; Tsakas & Marmaras 2010). Sistem kekebalan tubuh ini memegang peran penting dalam kehidupan serangga dalam kemampuan adaptasinya pada berbagai bentuk perubahan lingkungan (Myers *et al.* 2000), termasuk pembentukan berbagai jenis AMP yang memiliki aktivitas penghambatan pada berbagai jenis mikroorganisme patogen (Park *et al.* 2014).

Antimicrobial peptide (AMP) merupakan suatu grup molekul yang diproduksi oleh sel-sel dan jaringan dalam tubuh mahluk hidup (prokariot hingga manusia) yang berperan sebagai sistem pertahanan tubuh (Brogden 2005). AMP memiliki kemampuan untuk membunuh bakteri secara langsung dalam waktu yang cepat. Hal tersebut dikarenakan AMP berperan aktif sebagai antibakteria, beberapa di antaranya bahkan mempunyai efek antivirus dan antiparasit (Giuliani *et al.* 2007). Fungsi biologis AMP adalah menghambat aktivitas mikrob patogen melalui sistem transport membran dan aktivitas intersel. Penghambatan aktivitas intersel berupa penghambatan sintesis DNA, RNA, dan protein serta menginduksi pembentukan *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang mampu menghambat mekanisme transport elektron pada mitokondria (Tang *et al.* 2012).

Salah satu kelompok AMP pada serangga yang telah dikarakterisasi adalah defensin (Zaslhoff 2002). Menurut Yi *et al.* (2014) secara umum mekanisme kerja *insect defensin* adalah dengan membentuk saluran (*channel*) pada membran sitoplasma bakteri. Defensin memiliki afinitas yang tinggi pada cardiolipin, jenis fosfolipid utama pada bakteri. Interaksi antara defensin dan fosfolipid ini dapat menginduksi terjadinya mikroheterogeneitasi pada membran lipid, yang kemungkinan berkaitan dengan pembentukan saluran yang bertanggung jawab atas aktivitas biologis defensin.

Penelitian Harlystiarini (2017) menunjukkan bahwa ekstrak larva BSF atau maggot memiliki aktivitas hambat terhadap bakteri *E. coli* dan *Salmonella* sp. yang termasuk ke dalam golongan bakteri gram negatif. Adanya AMP dalam pakan perlakuan P2 dan P3 akan memengaruhi inang (*host*) secara positif dengan meningkatkan keseimbangan usus dan men-

ciptakan kondisi mikroekologi usus yang menekan mikroorganisme berbahaya seperti *Coliform* dan *Clostridium* dan menguntungkan mikroorganisme bermanfaat, seperti *Bifidobacterium* dan *Lactobacillus* (Wang *et al.* 2007; Jin *et al.* 2009; Tang *et al.* 2009; Ohh *et al.* 2010). Salah satu mikroorganisme *Coliform* adalah *E. coli* yang jumlahnya menurun seiring dengan peningkatan level penggunaan tepung *defatted* maggot.

Selain AMP, diketahui bahwa asam lemak, terutama asam lemak laurat, juga berpengaruh pada mikrob di dalam usus halus. Dilaporkan bahwa komposisi asam lemak maggot sebagian besar adalah asam lemak jenuh (648–828 g kg⁻¹ *Fatty Acid Methyl Esters* (FAME) (Spranghers *et al.* 2017). Umumnya, profil asam lemak prepupa (larva) tinggi dalam bentuk *Medium Chain Fatty Acid* (MCFAs) yang berupa asam laurat (Spranghers *et al.* 2017). MCFAs dikenal mempunyai efek sebagai antimikrob pada mikrobiota usus, sementara itu asam laurat terutama aktif pada bakteri gram positif (Dierick *et al.* 2002; Skrivanova *et al.* 2005). Lemak pada prepupa (larva) yang menggunakan limbah organik dengan pati yang tinggi sebagai media perkembangannya mengandung asam laurat sebesar 60%. Larva yang menggunakan limbah restoran sebagai media perkembangannya menghasilkan asam laurat sebesar 575,60 g kg⁻¹ FAME atau 57,56% (Spranghers *et al.* 2017). Maggot mengandung asam laurat yang dapat berfungsi sebagai antimikrob alami (Barroso *et al.* 2014). Asam laurat pada hewan dan manusia dikonversi menjadi monolaurin yang berfungsi sebagai antivirus, antibakteria, dan anti-protozoa (Ushakova *et al.* 2016). Menurut Skrivanova *et al.* (2006) senyawa monolaurin yang berasal dari asam laurat memiliki sifat antibakteria pada *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Hasil analisis kandungan asam laurat tepung maggot pada penelitian Harlystiarini (2017) yang menggunakan maggot dengan umur yang sama pada penelitian ini, yaitu 15 hari, dan menggunakan proses *rendering* untuk mengurai lemak maggot, mengandung 49,18% asam laurat. Hasil ini tidak jauh berbeda dari laporan St. Hilaire *et al.* (2007) bahwa larva BSF atau maggot mengandung asam laurat sebesar 49,34%, sedangkan menurut Renna *et al.* (2017) *defatted* larva BSF atau

maggot mengandung asam laurat berkisar 54,59 g 100 g⁻¹ dari total asam lemak. Menurut Su'i & Sumaryati (2014) bahwa hasil uji antibakteri menunjukkan bahwa *Salmonella sp.*, *E. coli*, dan *S. Aureus* dapat dihambat oleh asam laurat dengan konsentrasi sebesar 3,13%. Selain adanya AMP, diduga bahwa penurunan konsentrasi *E. Coli* pada penelitian ini dikarenakan adanya kandungan asam laurat pada maggot yang telah di *defatting*. Walaupun telah dikurangi lemak pada maggot penelitian ini, diduga masih ada kandungan asam lauratnya karena penurunan lemak yang kurang maksimal.

Data pada Tabel 4 menunjukkan bahwa perlakuan P1 lebih dari batas normal, sedangkan P2 masih dalam batas normal. Perlakuan P3 menghasilkan nilai *E. coli* yang lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya dikarenakan penggunaan tepung *defatted* maggot paling tinggi sehingga aktivitas antimikrobnya memiliki konsentrasi paling tinggi dalam menurunkan *E. coli* pada usus halus. Faktor lainnya adalah perkembangan bakteri asam laktat dengan baik karena pakan yang diberikan mengandung antimikrob sehingga lebih mempermudah bakteri asam laktat untuk menghambat atau membunuh *E. coli*. Perkembangan mikroflora dalam usus halus seperti BAL dan *Escherichia coli* dipengaruhi oleh adanya pemberian pakan tambahan dan kompetisi antar-bakteri (Knarreborg *et al.* 2002; Lu *et al.* 2003; Gusminarni 2009). Soeharsono (1998) juga menjelaskan bahwa kedua mikroorganisme (patogen dan non-patogen) dalam kondisi seimbang akan terjadi sejumlah interaksi berupa simbiosis dan kompetisi antara kedua mikroorganisme tersebut. Perlakuan P3 berada di bawah batas normal jika dibandingkan dengan literatur, namun hal tersebut masih dapat menjaga keseimbangan mikroflora usus. Fuller (2002) menjelaskan bahwa tercapainya keseimbangan mikroflora usus akan terjadi apabila mikrob yang menguntungkan dapat menekan mikrob yang merugikan dengan cara mendesak keluar mikrob patogen tersebut. Rasio BAL (bakteri asam laktat) berkebalikan dengan *E. coli* dan *Salmonella sp.* Semakin tinggi BAL menunjukkan kinerja dalam menekan bakteri patogen *E. coli* semakin baik. Manajemen mikroflora usus dapat dilakukan dengan cara menekan jumlah bakteri patogen dan meningkatkan proporsi bakteri non-patogen. Cara untuk mendapatkan proporsi bakteri non-patogen yang tinggi adalah dengan menggunakan beberapa jenis peptida dari protein seperti peptida antimikrob yang dapat mencapai usus dan mendukung pertumbuhan bakteri non-patogen di dalamnya sehingga bakteri non-patogen tersebut akan mendominasi populasi. Kesehatan ternak dipengaruhi oleh rasio jumlah mikrob pada kelompok mikroflora tersebut (Abun 2008). Keseimbangan mikroflora usus akan tercapai apabila perbandingan antara mikrob non patogen dan mikrob patogen sebesar 85%:15% (Philip 1993).

KESIMPULAN

Penggunaan tepung *defatted* maggot (*Hermetia illucens*) sebagai sumber protein pengganti protein MBM dalam ransum puyuh petelur sebesar 6,18% tidak memberikan pengaruh pada persentase dan panjang relatif organ pencernaan. Tepung *defatted* maggot memiliki kemampuan sebagai antimikrob alami yang dapat menurunkan jumlah koloni *Escherichia coli* usus puyuh sebesar 99,99% seiring dengan peningkatan tepung *defatted* maggot sampai 6,18% dalam ransum.

DAFTAR PUSTAKA

- Abun. 2008. Nutrisi Mineral pada Unggas. Bandung (ID): Universitas Padjadjaran.
- Ahmadi SET. 2015. Penambahan tepung dan ekstrak daun jati (*Tectona grandis Linn F*) pada puyuh *Cortunix cortunix japonica*. [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Akers RM, Denbow DM. 2008. *Anatomy and Physiology of Domestic Animals*. First edition. Iowa (US): Blackwell Publishing.
- Barroso FG, de Haro C, Sanchez-Muros MJ, Venegas E, Sanchez AM, Banon CP. 2014. The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture*. 422–423: 193–201. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.12.024>
- Bosch G, Zhang S, Dennis GABO, Wouter HH. 2014. Protein quality of insects as potential ingredients for dogs and cat foods. *Journal of Nutritional Science*. 3(29): 1–4. <https://doi.org/10.1017/jns.2014.23>
- Brogden KA. 2005. Antimicrobial peptides: Pore formers or metabolic inhibitors in bacteria. *Nature Reviews Microbiology*. 3(3): 238–250. <https://doi.org/10.1038/nrmicro1098>
- Diener S, Solano NMS, Gutierrez FR, Zubrugg C, Tockner K. 2011. Biological treatment of municipal organic waste using black soldier fly larvae. *Waste Biomass Valor*. 2(4): 357–363. <https://doi.org/10.1007/s12649-011-9079-1>
- Dierick NA, Decuypere JA, Molly K, Van BE, Vanderbeke E. 2002. The combined use of triacylglycerols containing medium-chain fatty acids (MCFAs) and exogenous lipolytic enzymes as an alternative for nutritional antibiotics in piglet nutrition. In vitro screening of the release of MCFAs from selected fat sources by selected exogenous lipolytic enzymes under simulated pig gastric conditions and their effect on the gut flora of piglets. *Livestock Production Science*. 75(2): 129–142. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00303-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00303-7)

- [DPKH] Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan. 2017. *Populasi Burung Puyuh Menurut Provinsi*. Jakarta (ID): Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan.
- Fasakin EA, Balogun AM, Ajayi OO. 2003. Evaluation of full-fat and defatted maggot meals in the feeding of clariid catfish *Clarias gariepinus* fingerlings. *Aquaculture Research*. 34(9): 733–738. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2003.00876.x>
- Fuller R. 2002. *Probiotics the Scientific Basis*. London (UK): The University Press Cambridge.
- Giuliani A, Pirri G, Nicoletto SF. 2007. Antimicrobial peptides: an overview of a promising class of therapeutics. *Central European Journal of Biology*. 2(1): 1–33. <https://doi.org/10.2478/s11535-007-0010-5>
- Grist A. 2006. *Poultry Inspection. Anatomy, Physiology, and Disease Conditions*. 2nd Edition. United Kingdom (UK): Nottingham University Press.
- Guluwa LY, Madakil YA, Machido H, Dantayil RJ, Kulokom S. 2014. Growth Performance and Carcass Evaluation of Quails Fed Graded Levels of Water Soaked Sweet Orange Peel Meal (SOPM). *Advance in Life Science and Technology*. 20(2014): 1–6.
- Gusminarni. 2009. Aktivitas penghambatan bakteri asal saluran pencernaan ayam broiler terhadap *Escherichia coli* dan *Salmonella sp* pada berbagai media, aerasi, pH dan suhu. [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Harlystiarini. 2017. Pemanfaatan tepung larva *black soldier fly (hermetia illucens)* sebagai sumber protein pengganti tepung ikan pada ransum puyuh petelur (*Coturnix-coturnix japonica*) [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Heruhadi B. 2008. Pengembangan teknologi proses pengolahan jarak pagar (Pure Jatropha Oil) Kapasitas 6 ton biji/hari. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*. 10(3): 189–196.
- Hoffmann JA, Reichhart JM. 2002. Drosophila innate immunity: an evolutionary perspective. *Nature Immunology*. 3(2): 121–126. <https://doi.org/10.1038/ni0202-121>
- Imama NO. 2017. Pemberian sari belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) sebagai *acidifier* terhadap organ dalam dan malondialdehid hati puyuh [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Izquierdo MS, Fenandez-Palacios H, Tacon AGJ. 2001. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture*. 197: 25–42. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-50913-0.50006-0>
- Jayanegara A, Yantina N, Novandri B, Laconi EB, Nahrowi, Ridla M. 2017. Evaluation of some insects as potential feed ingredients for ruminants: chemical composition, in vitro rumen fermentation and methane emissions. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*. 42(4): 247–254. <https://doi.org/10.14710/jitaa.42.4.247-254>
- Jin Z, Shinde PL, Yang YX, Choi JY, Yoon SY, Hahn TW, Lim HT, Park YK, Hahm KS, Joo JW, Chae BJ. 2009. Use of refined potato (*Solanum tuberosum* L. cv. gogu valley) protein as an alternative to antibiotics in weanling pigs. *Livestock Science*. 124: 26–32. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.12.003>
- Ketaren. 2008. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Ed ke-3. Jakarta (ID): UI Press.
- Kim SA, Rhee MS. 2016. Highly enhanced bactericidal effects of medium chain fatty acids (caprylic, capric, and lauric acid) combined with edible plant essential oils (carvacrol, eugenol, b-resorcylic acid, trans-cinnamaldehyde, thymol, and vanillin) against *Escherichia coli* O157:H7. *Food Control*. 60: 447–454. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.08.022>
- Knarreborg A, Simon MA, Engberg RM, Jensen BB, Tannock GW. 2002. Effects of dietary fat source and subtherapeutic tarafs of antibiotic on the bacterial community in the ileum of broiler chickens at various ages. *Applied and Environmental Microbiology*. 68(12): 5918–5924. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.12.5918-5924.2002>
- Lesson DJ, Summer MC. 2005. *Commercial Poultry Nutrition*. Ed ke-3. Ontario, Canada (CA): University of Gueiph.
- Lu J, Idris U, Harmon B, Hofacre C, Maurer J, Margie DL. 2003. Diversity and succession of the intestinal bacterial community of the maturing broiler chicken. *Applied and Environmental Microbiology*. 69(11): 6816–6824. <https://doi.org/10.1128/AEM.69.11.6816-6824.2003>
- Mahmilia F. 2005. Perubahan nilai gizi tepung eceng gondok fermentasi dan pemanfaatannya sebagai ransum ayam pedaging. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*. 10(2): 90–95.
- Mardiansyah A. 2013. Performa produksi dan organ dalam puyuh diberi pakan mengandung dedak gandum dan tepung daun mengkudu [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Mitsuoka T. 1989. *Microbe in the Intestine Our Lifelong Partners*. Jepang (JP): Honska Co Ltd.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, da Fonseca GAB, Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 403: 853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Novita R, Herlina B, Marwanto. 2016. Pengaruh penggunaan tepung daun katuk (*Sauropus androgynus*) sebagai feed additive terhadap persentase karkas dan giblet burung puyuh (*Coturnix coturnix japonica*). *Jurnal Sains*

- Peternakan Indonesia*. 11(2): 126–133. <https://doi.org/10.31186/jspi.id.11.2.126-133>
- Ohh SH, Shinde PL, Choi JY, Jin Z, Hahn TW, Lim HT, Kim GY, Park YK, Hahm KS, Chae BJ. 2010. Effects of potato (*Solanum tuberosum* L. cv. golden valley) protein on performance, nutrient metabolizability, and caecal microflora in broilers. *Archiv fur Geflügelkunde*. 74(1): 30–35.
- Park SI, Chang BS, Yoe SM. 2014. Detection of antimicrobial substances from larvae of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Entomological Research*. 44(2): 58–64. <https://doi.org/10.1111/1748-5967.12050>
- Philip K. 1993. *Development of Lactic Acid Bacteria as Health Food Supplement or Probiotics*. Malaysia (MAL): OMX Internasional.
- Puspitarini F. 2016. Performa puyuh (*Cortunix-cortunix japonica*) peridoe starter terhadap penambahan infusa daun sirih (*Piper Betle* Linn.). [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Putnam PA. 1992. *Handbook of Animal Science*. San Diego (US): Academy Press.
- Renna M, Schiavone A, Gai F, Dabbou S, Lussiana C, Malfatto V, Prearo M, Capucchio MT, Biasibetti E, De Marco M, Brugiapaglia A, Zoccarato I, Gasco L. 2017. Evaluation of the suitability of a partiallydefatted black soldier fly (*Hermetia illucens*L.) larvae meal as ingredient for rainbowtrout (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*) diets. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 8(1): 57–69. <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0191-3>
- Santosa FA. 2012. Folikel kuning telur dan organ dalam puyuh yang diberi bungkil biji jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) difermentasi *Rhizopus oligospora* [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sciavone A, Marco MD, Martinez S, Dabbou S, Renna M, Madrid J, Hernandez F, Rotolo L, Costa P, Gai F, Gasco L. 2017. Nutritional value of a partially defatted and highly defatted black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) meal for broiler chickens: apparent nutrient digestibility, apparent metabolizable energy and apparent ileal amino acid digestibility. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 8(51): 1–9. <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0181-5>
- Skrivanova E, Marounek M, Dlouha G, Kanka J. 2005. Susceptibility of *Clostridium perfringens* to C-C fatty acids. *Letters in Applied Microbiology*. 41(1): 77–81. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2005.01709.x>
- Skrivanova E, Marounek M, Benda V, Brezina P. 2006. Susceptibility of *Eshcherichia coli*, *Salmonella* sp. and *Clostridium perfringens* to organic acids and monolaurin. *Veterinárni Medicína*. 51(3): 81–88. <https://doi.org/10.17221/5524-VETMED>
- Soeharsono. 1998. *Probiotik, Alternatif Pengganti Antibiotik dalam Bidang Peternakan*. Bandung (ID): Universitas Padjajaran.
- Spranghers T, Ottoboni M, Klootwijk C, Owyn A, Deboosere S, De Meulenaer B. 2017. Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *Journal of the Science of Food Agriculture*. 97(8): 2594–2600. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8081>
- Steel RGD, Torrie JH. 1993. *Prinsip dan Prosedur Statistika*. Edisi ke-2. Jakarta (ID): PT. Gramedia Utama.
- St-Hilaire S, Cranfill K, McGuire MA, Mosley EE, Tomberlin JK, Newton L, Sealey W, Sheppard C, Irving S. 2007. Fish offal recycling by the black soldier fly produces a foodstuff high in omega-3 fatty acids. *Journal of the World Aquaculture Society*. 38(2): 309–313. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2007.00101.x>
- Su'i M, Sumaryati E. 2014. Isolat asam laurat dari endosperm kelapa dengan biokatalisator enzim lipase endogeneous buah kelapa. Laporan Penelitian Hibah Bersaing DIKTI. Malang (ID): Universitas Widyagama Malang.
- Tambunan IR. 2007. Pengaruh pemberian tepung kertas koran pada periode grower terhadap presentase karkas, lemak abdominal, organ dalam dan saluran pencernaan ayam broiler [Skripsi]. Bogor (ID): Fakultas Peternakan IPB.
- Tang Z, Yin Y, Zhang Y, Huang R, Sun Z, Li T, Chu W, Kong X, Li L, Geng M, Tu Q. 2009. Effects of dietary supplementation with an expressed fusion peptide bovine lactoferricin-lactoferrampin on performance, immune function and intestinal mucosal morphology in piglets weaned at age 21 d. *British Journal of Nutrition*. 101(7): 998–1005. <https://doi.org/10.1017/S0007114508055633>
- Tang X, Fatufe AA, Yin YL, Tang ZR, Wang SP, Liu ZQ. 2012. Dietary supplementation with recombinant lactoferramin-lactoferricin improves growth performance and affects serum parameters in piglets. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 11(14): 2548–2555. <https://doi.org/10.3923/javaa.2012.2548.2555>
- Tarmudji. 2003. Kolibasilosis pada ayam: etiologi, patologi dan pengendaliannya. *Wartazoa*. 13(2): 65–73.
- Tsakas S, Marmaras VJ. 2010. *Insect Immunity and Its Signalling: An Overview*. Greece (GR): University of Patras.
- Ushakova NA, Brodskiy ES, Kovalenko AA, Pavlov DS. 2016. Characteristics of lipid fractions of larvae of the black soldier fly *Hermetia illucens*. *Biochemistry and Biophysics*. 468(1): 209–212. <https://doi.org/10.1134/S1607672916030145>

- Utomo R, Soejono M. 1999. *Bahan Pakan dan Formulasi Ransum*. Yogyakarta (ID): Universitas Gadjah Mada.
- Waluyo L. 2005. *Mikrobiologi Umum*. Edisi ke-2. Malang (ID): Universitas Muhammadiyah Malang.
- Wang YZ, Shan TZ, Xu ZR, Feng J, Wang ZQ. 2007. Effects of the lactoferrin (LF) on the growth performance, intestinal microflora and morphology of weanling pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 135: 263–272. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.07.013>
- Yi HY, Chowdhury M, Huang YD, Yu XQ. 2014. Insect antimicrobial peptides and their application. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 98(13): 5807–5822. <https://doi.org/10.1007/s00253-014-5792-6>
- Zaslouff M. 2002. Antimicrobial peptides of multicellular organisms. *Nature*. 415: 389–395. <https://doi.org/10.1038/415389a>