

DISERTASI

**POTENSI PEMANFAATAN TEPUNG MAGGOT (*Hermetia illucens*. L)
SEBAGAI ANTIBAKTERI DAN SUMBER PROTEIN DALAM RANSUM
AYAM KAMPUNG**

Disusun dan diajukan oleh

FUJI ASTUTY AUZA

P013171010



**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU PERTANIAN
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

**POTENSI PEMANFAATAN TEPUNG MAGGOT (*Hermetia illucens*. L)
SEBAGAI ANTIBAKTERI DAN SUMBER PROTEIN DALAM RANSUM
AYAM KAMPUNG**

Disertasi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Doktor

Program Studi

Ilmu Pertanian

Disusun dan diajukan oleh

FUJI ASTUTY AUZA

kepada

**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU PERTANIAN
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN DISERTASI

**POTENSI PEMANFAATAN TEPUNG MAGGOT (*Hermetia illucens*. L)
SEBAGAI ANTIBAKTERI DAN SUMBER PROTEIN DALAM RANSUM
AYAM KAMPUNG**

Disusun dan diajukan oleh

**FUJI ASTUTY AUZA
P013171010**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Doktor Program Studi Ilmu Pertanian
Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin
pada tanggal 2 Juli 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

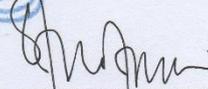
Promotor


Prof. Dr. Ir. Asmuddin Natsir, M. Sc
Nip. 195909171985031003

Co. Promotor

Co. Promotor


Prof. Dr. Ir. Jasmal A. Syamsu, M. Si, IPU, ASEAN, ENG
Nip. 196811051993011001


Dr. Ir. Sri Purwati, S. Pt, M. Si, IPM, ASEAN, ENG
Nip. 197511012003122002

Ketua Program Studi.
Ilmu Pertanian


Prof. Dr. Ir. Darmawan Salman, M.S
Nip. 196306061988031004

Dekan Sekolah Pascasarjana
Universitas Hasanuddin


Prof. Dr. Ir. Jasmuddin Jompa, M.Sc
Nip. 194703081990031001

PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fuji Astuty Auza

Nomor Induk Mahasiswa : P013171010

Program Studi : Ilmu Pertanian

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya yang berjudul

Potensi Pemanfaatan Tepung Maggot (*Hermetia Illucens. L*) Sebagai Antibakteri dan Sumber Protein dalam Ransum Ayam Kampung

Adalah karya tulis saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan orang lain bahwa disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan disertasi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Juli 2021

Yang menyatakan,



Fuji Astuty Auza

PROMOTOR, CO. PROMOTOR DAN PENGUJI

- i. PROMOTOR : Prof. Dr. Ir. Asmuddin Natsir, M.Sc.
- ii. CO. PROMOTOR : Prof. Dr. Ir. Jasmal A. Syamsu, M.Si., IPU, ASEAN.Eng
- iii. CO. PROMOTOR : Dr. Ir. Sri Purwanti, S. Pt, M.Si., IPM, ASEAN.Eng
- iv. PENGUJI : Dr. Ir. Wempie Pakiding, M.Sc.
- v. PENGUJI : Prof. Ahyar Ahmad, Ph.D
- vi. PENGUJI : Dr. drh. Dwi Kesuma Sari, M.Si.
- vii. PENGUJI : Dr. Fatma Maruddin, S. Pt, M.P
- viii. PENGUJI EKSTERNAL : Dr. Ir. Fery Fahrudin Munir, M.Si, IPU

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang tak henti-hentinya memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan judul “Potensi Pemanfaatan Tepung Maggot (*Hermetia illucens* L) sebagai Antibakteri dan Sumber Protein dalam Ransum Ayam Kampung”, sebagai salah satu syarat penyelesaian Pendidikan pada program Doktor di Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin. Banyak kendala yang dihadapi oleh penulis dalam rangka penyusunan disertasi ini, dan dari bantuan berbagai pihak, maka disertasi ini dapat penulis rampungkan. Dalam kesempatan ini penulis dengan tulus menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Asmuddin Natsir, M.Sc. Selaku Promotor yang telah banyak meluangkan waktu dalam membimbing dan mengarahkan penulis dari awal merencanakan penelitian, hingga selesainya disertasi ini. Terima kasih atas segala jasa yang tak ternilai, semoga Allah SWT mengganjarnya dengan amal jariyah.
2. Prof. Dr. Ir. Jasmal Ahmari Syamsu, M.Si., IPU, ASEAN.ENG dan Dr. Ir. Sri Purwanti, S. Pt., M. Si, IPM, ASEAN.ENG. Selaku tim Co.promotor yang telah banyak memberikan saran-saran berharga, arahan dan petunjuk atas kendala-kendala yang dihadapi sejak awal merencanakan penelitian hingga selesainya penulisan disertasi ini, semoga Allah SWT membalas dedikasi ini dengan dengan keberkahan yang melimpah.

3. Prof. Ahyar Ahmad, Ph. D, Dr. Ir. Wempie Pakiding, M. Sc, Dr. drh. Dwi Kesuma Sari, dan Dr. Fatma Maruddin, S. Pt, M.P selaku Tim Penguji. Terima kasih atas segala saran dan masukan, serta kesempatan meluangkan waktu mendiskusikan segala hal yang menjadi keterbatasan kami selama penyusunan disertasi ini. Semoga Allah SWT membalas dengan keberkahan yang melimpah.
4. Bapak Dr. Ir. Ferry Fahrudin Munir, M. Sc., IPU dari Balai Pengkajian Teknologi Hasil Pertanian, Bogor atas kesediaannya menjadi Penguji Eksternal pada Ujian Terbuka.
5. Rektor Universitas Hasanuddin, Dekan Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanudddin beserta Wakil dekan dan seluruh staf. Ketua program studi S3 Ilmu Pertanian Universitas Hasanuddin beserta seluruh dosen program studi Ilmu Pertanian.
6. Bapak Menteri Pendidikan dan Kebudayaan, Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi serta Direktur Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (DPPM) atas bantuan Beasiswa Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri (BPP-DN) yang telah memfasilitasi biaya studi penulis pada program studi Ilmu Pertanian Pascasarjana Universitas Hasanuddin, Makassar.
7. Bapak Rektor Universitas Halu Oleo (UHO) Kendari yang telah berkenan memberikan izin kepada penulis untuk melanjutkan studi. Dekan beserta Wakil dekan, rekan sejawat dan staf Dosen Fakultas Peternakan UHO atas dukungannya selama ini.
8. Teman-teman dan sahabat-sahabatku seangkatan Program Doktor Ilmu Pertanian 2017. Diah Retno Dwi Hastuti, Ernawati Jassin, Fifi Afiani, Nirawati,

Nining Haerani, Muslimin, Mardia, Tigin, Cri Wahyuni, Dewi, Nurzaman, Sophian, Herman, Hertasing Yatim, Asis, Ramli, Budiaman, Rahim dan Andri Ridwan. Terima kasih atas kebersamaan ini, semoga kebersamaan kita tetap terjalin dan terjaga. Seluruh pihak yang telah memberikan bantuan namun tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Ucapan terima kasih tak terhingga kepada orang tua tercinta Alm. Drs. Auza Zain Kadu dan Alm. Ariany atas segala pengorbanan dan doa yang terus mengalir untuk penulis selama ini, semoga Allah SWT mengampuni segala kesalahannya. Kepada saudara-saudaraku tercinta Sukmawati Auza, S. Tp dan Jaya Kurniawan Auza, S. sos, M. Si serta kakak dan adik ipar terima kasih atas doa dan dukungan moril selama kami menempuh pendidikan.

Akhir kata penulis sangat berharap semoga penelitian ini dapat berkontribusi pada perkembangan ilmu peternakan khususnya Potensi Pemanfaatan Tepung Maggot (*Hermetia illucens L*) sebagai Antibakteri dan Sumber Protein dalam Ransum Ayam Kampung di masa yang akan datang.

Makassar, Juli 2021

Fuji Astuty Auza

ABSTRAK

FUJI ASTUTY AUZA. Potensi Pemanfaatan Tepung Maggot (*Hermetia illucens* L) sebagai Antibakteri dan Sumber Protein dalam Ransum Ayam Kampung. (Dibimbing oleh Asmuddin Natsir, Jasmal A. Syamsu, dan Sri Purwanti).

Maggot adalah salah satu insekta yang dapat dikembangkan sebagai pakan. Penelitian bertujuan untuk: 1). Mengkaji dan mengevaluasi kandungan nutrisi, komposisi asam amino, komposisi asam lemak, kualitas protein dan aktivitas antibakteri secara *in vitro* dari maggot (*Hermetia illucens*) dalam ransum ayam kampung. 2). Menganalisis maggot (*Hermetia illucens*) dalam formulasi ransum sebagai sumber protein terhadap aktivitas enzim pankreas dan usus halus ayam kampung. 3). Menganalisis maggot (*Hermetia illucens*) dalam formulasi ransum sebagai antibakteri dan sumber protein terhadap morfometrik usus halus ayam kampung. 4). Menganalisis maggot (*Hermetia illucens*) dalam formulasi ransum sebagai antibakteri terhadap jumlah koloni bakteri *Coliform* dalam saluran pencernaan ayam kampung. 5). Menganalisis maggot (*Hermetia illucens*) dalam formulasi ransum sebagai sumber protein terhadap pencernaan nutrisi, kualitas karkas dan performa ayam kampung.

Secara umum, rangkaian penelitian terdiri dari 2 tahapan yaitu tahap 1 mengkaji kandungan nutrisi, kualitas protein dan aktivitas antibakteri secara *in vitro* maggot. Tahap II yaitu aplikasi pemanfaatan maggot dalam formulasi ransum ayam kampung sebagai sumber protein dan antibakteri. Percobaan ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). DOC sebanyak 140 ekor dibagi dalam 5 perlakuan selama 90 hari dengan 4 ulangan yang setiap perlakuan terdiri 7 ekor. Perlakuan yang diberikan yaitu P0 (ransum basal + tepung ikan 15% + tepung maggot 0%), P1 (ransum basal + tepung ikan 11,25% + tepung maggot 3,75%), P2 (ransum basal + tepung ikan 7,5% + tepung maggot 7,5%), P3 (ransum basal + tepung ikan 3,75% + tepung maggot 11,25%), dan P4 (ransum basal + tepung ikan 0% + tepung maggot 15%).

Hasil analisis tahap pertama menunjukkan bahwa aktivitas antibakteri ekstrak tepung maggot dengan konsentrasi sebesar 325 mg.ml⁻¹ merupakan konsentrasi yang efektif untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Salmonella typhimurium*, *E. coli* dan *Pseudomonas aureginosa*. Hasil analisis tahap kedua menunjukkan bahwa penggunaan tepung maggot sebagai sumber protein dan antibakteri pada perlakuan P3 berbeda nyata ($P < 0,05$) terhadap konsumsi ransum, penambahan bobot badan, konsumsi protein, konversi ransum, bobot dan persentase karkas, persentase lemak abdominal, pencernaan lemak kasar, IOFC, luas permukaan vili (jejenum dan ileum), tinggi vili, kedalaman kripta, kerapatan vili (jejenum dan ileum), aktivitas enzim pankreas, dan aktivitas enzim usus halus (lipase dan protease).

Kata kunci : ayam kampung, tepung maggot, tepung ikan, antibakteri

ABSTRACT

FUJI ASTUTY AUZA. Potential Utilization of Maggot Meal (*Hermetia Illucens* L) as A Source of Antibacterial and Protein in Native Chicken Rations (Supervised by Asmuddin Natsir, Jasmal A. Syamsu, and Sri Purwanti).

Maggot is one of the insects that can be developed as feed. This study aims to: 1). Assess and evaluate the nutritional content, amino acid composition, fatty acid composition, protein quality and in vitro antibacterial activity of maggots (*Hermetia illucens*) in native chicken rations, 2). Analyzing maggot (*Hermetia illucens*) in the ration formulations as a protein source on pancreatic and small intestine enzyme activity of native chickens, 3). Analyzing maggot (*Hermetia illucens*) in the ration formulation as an antibacterial and a protein source on the small intestine morphometrics of native, 4). Analyzing maggot (*Hermetia illucens*) in the ration formulation as an antibacterial against the number of *Coliform* bacterial colonies in the digestive tract of native, 5). Analyzing maggot (*Hermetia illucens*) in ration formulation as a protein source on nutrient digestibility, carcass quality and performance of native.

In general, the research series consists of 2 stages, namely stage 1 assessing nutritional content, protein quality and antibacterial activity in vitro maggot. Phase II is the application of the use of maggot in the formulation of free-range chicken rations as a source of protein and antibacterial. The data were analyzed by a Completely Randomized Design (CRD). A total of 140 one-day-old chickens were divided into five treatments for 90 days and four replications with seven chicks in each replicate. The treatments included P0 (basal diet + 15% fish meal + 0% maggot meal), P1 (basal diet + 11.25% fish meal + 3.75% maggot meal), P2 (basal diet + 7.5% fish meal + 7.5% maggot meal), P3 (basal diet + 3.75% fish meal + 11.25% maggot meal), and P4 (basal diet + 0% fish meal + 15% maggot meal).

The results of the first stage of analysis showed that the antibacterial activity of maggot flour extract with a concentration of 325 mg.ml⁻¹ was an effective concentration to inhibit the growth of *Salmonella typhimurium*, *E. coli* and *Pseudomonas aureginosa* bacteria. The results of the second stage of analysis showed that the use of maggot meal as a source of protein and antibacterial in P3 treatment was significantly different ($P < 0.05$) on ration consumption, body weight gain, protein consumption, ration conversion, carcass weight and percentage, abdominal fat percentage, digestibility. crude fat, IOFC, villous surface area (jejunum and ileum), villi height, crypt depth, villous density (jejunum and ileum), pancreatic enzyme activity, and small intestinal enzyme activity (lipase and protease).

Keywords: native chicken maggot meal, fish meal, antibacteria

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA	v
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	7
D. Kegunaan Penelitian	8
E. Ruang Lingkup	9
F. Kebaruan Penelitian (Novelty)	11
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Ayam Kampung	12
B. Morfologi dan Siklus Hidup Black Soldier Fly (BSF)	17
C. Media Perkembangan Maggot (<i>Hermetia illucens</i>)	23
D. Manfaat Maggot (<i>Hermetia illucens</i>)	25
E. Keuntungan Maggot (<i>Hermetia illucens</i>) sebagai Pakan Ternak dan Antibakteri	31
F. Aktivitas Enzim	38
G. Morfometrik Usus Halus	

	42
H. Mikroorganisme Saluran Pencernaan Ayam	44
I. Kerangka Konseptual Penelitian	47
J. Hipotesis	50
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Tahapan Penelitian	51
B. Penelitian Tahap Pertama	
1. Kandungan Nutrien, Komposisi Asam Amino, Komposisi Asam Lemak, Kualitas Protein dan Daya Hambat Bakteri secara <i>In Vitro</i>	53
Waktu dan Tempat	53
Bahan	53
Alat	54
Metode Penelitian	55
Rancangan Penelitian	61
Analisa Data	61
C. Penelitian Tahap Kedua	
2. Performa, Kualitas Karkas, Morfometrik Usus Halus, Aktivitas Enzim Pankreas dan Usus Halus serta Jumlah Koloni Bakteri Coliform dalam Saluran Pencernaan Ayam Kampung	62
Waktu dan Tempat	62
Bahan	62
Alat	63
Metode Penelitian	64
Rancangan Penelitian	65
Analisa Data	83
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
Penelitian Tahap Pertama	

A. Komposisi Nutrien Tepung Maggot dan Tepung Ikan	85
B. Komposisi Asam Amino Esensial, Asam Lemak dan Kualitas Protein Tepung Maggot (<i>Hermetia illucens</i> L)	88
C. Aktivitas Antibakteri <i>In Vitro</i> Ekstrak Maggot (<i>Hermetia illucens</i> L) Terhadap Bakteri <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>E. coli</i> dan <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	91
Penelitian Tahap Kedua	
A. Performa Ayam Kampung	99
B. Kualitas Karkas dan <i>Income Over Feed Cost</i> (IOFC)	109
C. Kecernaan Nutrien	115
D. Morfometrik Usus Halus Ayam Kampung	120
E. Aktivitas Enzim Pankreas dan Usus Halus	149
F. Jumlah Koloni Bakteri <i>Coliform</i> pada Digesta Duodenum, Jejunum, Ileum dan Colon Ayam Kampung	161
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	179
B. Saran	180
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1.	Kebutuhan protein dan energi metabolisme untuk ayam kampung	15
2.	Persentase kandungan nutrisi maggot	29
3.	Komposisi dan kandungan nutrisi bahan pakan penelitian	67
4.	Kandungan nutrisi ayam kampung fase starter (umur 1-14 hari)	67
5.	Susunan pakan dan kandungan nutrisi fase finisher	68
6.	Analisa proksimat nutrient tepung maggot (<i>Hermetia illucens</i> L) dibandingkan dengan komposisi nutrient tepung ikan	85
7.	Komposisi asam amino esensial tepung maggot dibandingkan dengan komposisi asam amino esensial tepung ikan dan telur	89
8.	Komposisi asam lemak jenuh dan tak jenuh tepung maggot dibandingkan dengan tepung ikan	91
9.	Aktivitas antibakteri <i>in vitro</i> ekstrak maggot (<i>Hermetia illucens</i> L) terhadap pertumbuhan <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>E. coli</i> dan <i>Pseudomonas aeruginosa</i> setelah inkubasi selama 24 jam pada suhu 37°	92
10.	Rataan konsumsi ransum, pertambahan bobot badan, konsumsi protein dan konversi ransum terhadap ayam kampung umur 1-90 hari	100
11.	Rataan bobot hidup, persentase bobot karkas, bobot lemak abdominal, persentase lemak abdominal dan income over feed cost	109

(IOFC) terhadap ayam kampung umur 90 hari

- | | | |
|-----|--|-----|
| 12. | Rataan pencernaan protein kasar, pencernaan serat kasar dan pencernaan lemak kasar terhadap ayam kampung umur 90 hari | 115 |
| 13. | Rataan luas permukaan, tinggi vili, kerapatan vili dan kedalaman kriptas vili duodenum, jejunum dan ileum pada ayam kampung umur 15 hari | 121 |
| 14. | Rataan luas permukaan, tinggi vili, kerapatan vili dan kedalaman kriptas vili duodenum, jejunum dan ileum pada ayam kampung umur 60 hari | 132 |
| 15. | Rataan luas permukaan, tinggi vili, kerapatan vili dan kedalaman kriptas vili duodenum, jejunum dan ileum pada ayam kampung umur 90 hari | 139 |
| 16. | Rataan aktivitas enzim pankreas dan usus halus dengan substitusi tepung ikan dengan tepung maggot pada ayam kampung umur 15 hari | 150 |
| 17. | Rataan jumlah koloni bakteri <i>coliform</i> pada digesta duodenum, jejunum, ileum dan colon pada ayam kampung umur 90 hari | 162 |
| 18. | Reaksi uji biokimia pada duodenum, jejunum, ileum dan colon pada ayam kampung umur 90 hari | 171 |

DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1.	Morfologi Larva, Pupa dan Lalat Dewasa BSF	18
2.	Tahap kehidupan lalat hitam. Lalat dewasa tidak dianggap sebagai hama (A. kawin dewasa). Betina kadang diamati untuk menyimpan telurnya di celah-celah dan celah dekat substrat larva. Untuk keperluan pemeliharaan telur dikumpulkan dalam kardus (B). Larva mengkonsumsi sejumlah besar limbah atau pupuk segar (C. larva), dan memanen larva dapat digunakan sebagai bahan pakan (D. prepupae dan pupa)	19
3.	Perbandingan Pola Asam Amino antara Tepung Ikan dan Larva BSF yang Telah Dikurangi Kadar Lemaknya	31
4.	Kerangka Konseptual Penelitian	49
5.	Bagan Alir Tahapan Penelitian	52
6.	Hasil Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Metanol Maggot. a = <i>Salmonella typhimurium</i> , b = <i>E. coli</i> , c = <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	93
7.	Hubungan Konsentrasi dan Diameter Zona Hambatan Ekstrak Maggot terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>E. coli</i> dan <i>Pseudomonas aureginosa</i>	97
8.	Hasil Uji Polinomial Bobot Badan Akhir Ayam Kampung	105
9.	Vili Duodenum Ayam Kampung Umur 15 Hari. Foto Mikroskop Olympus dengan pembesaran 10x.	129

10.	Vili Jejunum Ayam Kampung Umur 15 Hari. Foto Mikroskop Olympus dengan pembesaran 10x.	130
11.	Vili Ileum Ayam Kampung Umur 15 Hari. Foto Mikroskop Olympus dengan pembesaran 10x.	131
12.	Vili Duodenum Ayam Kampung Umur 90 Hari. Foto Mikroskop Olympus dengan pembesaran 10x.	146
13.	Vili Jejunum Ayam Kampung Umur 90 Hari. Foto Mikroskop Olympus dengan pembesaran 10x.	147
14.	Vili Ileum Ayam Kampung Umur 90 Hari. Foto Mikroskop Olympus dengan pembesaran 10x.	148
15.	Hasil Pewarnaan Bakteri Gram Positif (A) Berwarna Ungu dan Bakteri Gram Negatif (B) Berwarna Merah Muda	168
16.	Hasil Uji Biokimia	171

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor		Halaman
1.	Hasil Sidik Ragam Konsumsi Ransum Ayam Kampung	198
2.	Hasil Sidik Ragam Konsumsi Protein Ayam Kampung	202
3.	Hasil Sidik Ragam Pertambahan Bobot Badan Ayam Kampung	206
4.	Hasil Sidik Ragam Konversi Ayam Kampung	210
5.	Hasil Sidik Ragam Kualitas Karkas Ayam Kampung Umur 90 hari	215
6.	Hasil Sidik Ragam Kecernaan Nutrien Ayam Kampung Umur 90 hari	219
7.	Hasil Sidik Ragam Luas Permukaan Vili Usus Halus Ayam Kampung Umur 15 hari	222
8.	Hasil Sidik Ragam Tinggi Vili Usus Halus Ayam Kampung Umur 15 Hari	225
9.	Hasil Sidik Ragam Kedalaman Kripta Usus Halus Ayam Kampung Umur 15 Hari	228
10.	Hasil Sidik Ragam Kerapatan Vili Usus Halus Ayam Kampung Umur 15 Hari	231
11.	Hasil Sidik Ragam Luas Permukaan Vili Usus Halus Ayam Kampung Umur 60 hari	234
12.	Hasil Sidik Ragam Tinggi Vili Usus Halus Ayam Kampung Umur 60 Hari	237

13.	Hasil Sidik Ragam Kedalaman Kripta Vili Usus Halus Ayam Kampung Umur 60 hari	240
14.	Hasil Sidik Ragam Kerapatan Vili Usus Halus Ayam Kampung Umur 60 hari	243
15.	Hasil Sidik Ragam Luas Permukaan Vili Usus Halus Ayam Kampung Umur 90 hari	246
16.	Hasil Sidik Ragam Tinggi Vili Usus Halus Ayam Kampung Umur 90 hari	249
17.	Hasil Sidik Ragam Kedalaman Kripta Vili Usus Halus Ayam Kampung Umur 90 hari	252
18.	Hasil Sidik Ragam Kerapatan Vili Usus Halus Ayam Kampung Umur 90 hari	255
19.	Hasil Sidik Ragam Aktivitas Enzim Pankreas Ayam Kampung Umur 90 hari	258
20.	Hasil Sidik Ragam Aktivitas Enzim Usus Halus Ayam Kampung Umur 90 hari	261
21.	Hasil Sidik Ragam Jumlah Koloni Bakteri Ayam Kampung Umur 90 Hari	264
22.	Hasil Analisis Kecernaan <i>In Vitro</i> Maggot (<i>Hermetia illucens</i> L)	267
23.	Rataan Nilai Ekonomis Pakan / Efisiensi Ekonomi Pakan dengan Pemanfaatan Maggot (<i>Hermetia illucens</i> L) pada Ayam Kampung Umur 90 Hari	268
24.	Hasil Uji Pewarnaan Gram pada Duodenum, Jejunum, Ileum dan Colon pada Ayam Kampung Umur 90 Hari	269
25.	Skema Pembuatan Preparat Histologi	270

26.	Harga Pakan Penelitian Ayam Kampung	271
27.	Pembenahan Kandang, Pemberian Label dan Pemasangan Tirai Kandang	273
28.	Persiapan DOC, Pemberian Pakan dan Penimbangan Ayam Kampung	274
29.	Preparasi Sampel dan Uji Jumlah Koloni Bakteri Pada Saluran Pencernaan Ayam Kampung	275
30.	Preparasi Sampel dan Uji Aktivitas Enzim Pankreas dan Usus Halus	276

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
%	Persen
°C	Derajat Celcius
$\alpha=0,05$	Taraf signifikansi pada selang kepercayaan 5%
g	gram
g ekor ⁻¹	gram/ekor
mg mL ⁻¹	Milligram/mililiter
%b/b	Persen bobot per bobot
pH	Power of Hidrogen
U mL ⁻¹	Unit/mililiter
U (Unit)	Jumlah enzim yang diperlukan untuk membebaskan 1 μ mol permenit
CFU	Unit yang digunakan dalam mikrobiologi untuk memperkirakan jumlah yang layak bakteri atau jamur dalam sel
FCR	Feed Conversion Ratio
DMSO	<i>Dimetil sulfoksida</i>
AGPs	Antibiotik Growth Promoters
AMP	<i>Antimicrobial peptide</i>
IOFC	Income over feed cost
MCFA	<i>Medium chain fatty acid</i>
TSIA	<i>Triple Sugar Iron Agar</i>
SIM	<i>Sulfide Indol Motility</i>
MSA	<i>Mannitol Salt Agar</i>
MRSA	<i>De Man Ragosa Sharpe Agar</i>
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kebutuhan pangan yang berasal dari hewani semakin meningkat setiap tahunnya. Ayam kampung mempunyai peranan penting dalam pembangunan peternakan, terutama sebagai sumber produksi daging dan telur untuk meningkatkan kualitas gizi masyarakat, disamping sebagai sumber pendapatan tambahan. Ayam kampung merupakan salah satu ternak yang menghasilkan output berupa daging yang mempunyai rasa dan tekstur yang khas. Akan tetapi, produktivitas ayam kampung lebih rendah dibandingkan dengan produktivitas ayam ras. Hal ini dapat dilihat dari potensinya dalam menyumbangkan daging dan telur di Indonesia. Berdasarkan data yang diperoleh dari Direktorat Jenderal Peternakan (2018), produksi daging dan telur ayam buras (ayam kampung) adalah 287 ribu ton dan 212 ribu ton sedangkan untuk produksi daging ayam ras adalah 3.41 juta ton dan ayam ras petelur 4.68 juta ton.

Akhir-akhir ini gejala kembali ke alam menjadi suatu hal yang menarik. Masyarakat kelas menengah ke atas yang semula menggandrungi segala sesuatu yang serba teknologi kini mulai berubah ke situasi yang serba alami. Kecenderungan permintaan daging dan telur ayam kampung yang terus meningkat tampaknya ikut dipengaruhi oleh fenomena tersebut. Persepsi masyarakat tentang ayam kampung adalah ayam yang asli, masih berbau

alam, dan belum tercemar oleh zat-zat berbahaya. Daging dan telur ayam kampung yang dijual dengan harga yang lebih mahal cenderung hanya dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan terbatas, misalnya untuk konsumsi anggota rumah tangga, pelengkap dalam acara adat. Namun perkembangan ternak unggas lokal Indonesia khususnya ayam kampung masih sangat lambat dibandingkan dengan ayam ras. Kondisi ini menjadi kendala sekaligus peluang bagi para peternak dan pengusaha pakan ternak untuk memanfaatkan pakan lokal atau limbah hasil pertanian yang dapat mendukung produktivitas ayam kampung.

Penyediaan pakan ternak yang berkualitas merupakan salah satu faktor penentu keberhasilan industri peternakan dan menjadi komponen terbesar dalam kegiatan usaha tersebut, yaitu 70 - 80%. Komponen protein mempunyai peran yang penting dalam suatu formula pakan ternak karena terlibat dalam pembentukan jaringan tubuh dan terlibat aktif dalam metabolisme vital seperti enzim, hormon, antibodi dan lain sebagainya. Permasalahan yang tak pernah usai di industri peternakan adalah terus meningkatnya harga bahan pakan sumber protein yaitu konsentrat, tepung ikan dan bungkil kedelai (Beski *et al.*, 2015).

Industri perunggasan saat ini sedang menghadapi masalah lain, yakni pelarangan penggunaan antibiotik pemacu pertumbuhan (*Antibiotic Growth Promoters-AGP*). Di Indonesia, pelarangan penggunaan AGP dalam pakan ternak telah diatur dalam Permentan No. 14 Tahun 2017 tentang klasifikasi obat hewan yang berlaku 1 Januari 2018. Pelarangan penggunaan AGP, terutama dilatarbelakangi oleh bahaya residu antibiotik dalam produk pangan

asal hewan serta potensinya menyebabkan resistensi terhadap antibiotik baik pada ternaknya sendiri maupun pada konsumen. Fenomena ini menjadi tantangan untuk mencari sumber antibiotik alami sebagai alternatif pengganti AGP dalam pakan yang aman bagi kesehatan ternak dan masyarakat sebagai konsumen.

Penggunaan insekta sebagai sumber protein telah banyak didiskusikan oleh para peneliti di dunia (Premalatha *et al.*, 2011). *Black Soldier Fly* (BSF), lalat tentara hitam (*Hermetia illucens*, Diptera: *Stratiomyidae*) adalah salah satu insekta yang mulai banyak dilakukan penelitian tentang morfologi, karakteristiknya dan kandungan nutriennya. Kandungan protein maggot cukup tinggi untuk dapat dikembangkan sebagai pakan, yaitu 40-50% dengan kandungan lemak berkisar 29-32% (Bosch *et al.*, 2014). Serangga secara umum memiliki sistem kekebalan bawaan (*innate immune system*) yang telah berkembang dengan baik. Karakteristik biologis ini membuat maggot kaya akan berbagai jenis *Antimicrobial peptide* (AMP) yang memiliki aktivitas hambat terhadap berbagai jenis mikroorganisme patogen (Park *et al.*, 2014). Sebagaimana juga dilaporkan Sprangers *et al.* (2017), bahwa pemanfaatan tepung maggot utuh sebagai *Antibacterial Peptides* (ABPs) mampu memperbaiki konversi pakan dan morfologi saluran pencernaan pada ternak babi.

Mikroflora dalam saluran pencernaan memegang peranan penting terhadap produktivitas dan kesehatan ternak terkait dengan morfologi saluran pencernaan, penyerapan nutrisi, patogenitas dan imunitas (Lu *et al.*, 2003). Penyerapan nutrisi oleh usus dapat berlangsung secara optimal apabila usus

dalam keadaan sehat. Kesehatan usus dipengaruhi oleh populasi mikroba atau bakteri yang hidup di dalamnya. Sifat antimikroba dari larva BSF dapat mengurangi jumlah bakteri patogen, salah satunya adalah *Escherichia coli* yang terdapat pada usus puyuh. *E. coli* dapat menjadi patogen apabila ada dalam saluran cerna dalam jumlah yang melebihi batas maksimal dan menyebabkan timbulnya gangguan kesehatan pada saluran pencernaan (Mitsuoka, 2014). Penelitian Harlystiarini (2017) menunjukkan bahwa ekstrak larva BSF memiliki aktivitas hambat terhadap bakteri *E. coli* dan *Salmonella* sp. yang termasuk ke dalam golongan bakteri Gram negatif.

Penelitian tentang pemanfaatan maggot (*Hermetia illucens*) telah dilakukan, antara lain pengaruh penggantian tepung ikan dengan tepung maggot terhadap performan broiler (Dengah *et al.*, 2016). Pemanfaatan tepung maggot terhadap berat telur dan massa telur ayam kampung (Tumiran, 2017), evaluasi kualitas ulat Hongkong dan maggot sebagai sumber protein sebagai pengganti tepung ikan (Utami, 2018), penggunaan tepung maggot utuh sebagai sumber AMP pada ternak babi dan dapat memperbaiki FCR (*Feed Conversion Ratio*) (Spranghers *et al.*, 2018), kandungan nutrisi maggot pada bungkil kelapa sawit (Rahmawati *et al.*, 2010), BSF sebagai sumber protein alternatif untuk pakan ternak (Wardhana, 2016). Penggunaan tepung larva BSF pengganti MBM terhadap organ pencernaan puyuh (Citra, 2018), sinergis antara ekskresi maggot dan antibiotik (Cazander *et al.*, 2010), daur ulang jeroan ikan oleh lalat BSF menghasilkan bahan makanan yang tinggi asam lemak omega-3 (Hillaere

and Kate, 2007). Sumber cahaya buatan mempengaruhi perkawinan dan oviposisi lalat BSF (*Hermetia illucens*) (Zhang *et al.*, 2010).

Sejauh ini pemanfaatan maggot sebagai sumber nutrisi belum banyak dilakukan. Oleh karena itu akan dilakukan penelitian tentang potensi pemanfaatan maggot (*Hermetia illucens*) sebagai antibakteri dan sumber protein dalam ransum ayam kampung.

B. Rumusan Masalah

Perkembangan usaha peternakan ayam kampung mempunyai prospek yang sangat baik untuk dikembangkan, baik dalam skala peternakan besar maupun skala peternakan kecil (peternakan rakyat). Produk ayam kampung berupa daging dan telur mudah diperoleh di daerah pedesaan karena pemeliharaannya relatif lebih mudah dilakukan, mempunyai daya tahan tubuh yang lebih kuat, tidak membutuhkan modal yang besar, dan dapat beradaptasi dengan lingkungan.

Jenis sampah terbesar di Indonesia adalah 60% sampah organik, selain itu juga terdapat limbah dari hasil pertanian. Salah satu agen konversi yang belum dimanfaatkan dan sangat berpotensi adalah maggot (*Hermetia illucens* atau Lalat tentara hitam (Black Soldier Fly). Maggot ini merupakan organisme serangga yang berperan penting di alam terutama sebagai dekomposer berbagai sampah organik (Zhang *et al.*, 2010). Hasil penelitian Sheppard *et al.*, (2002); ST-Hilaire and Katie (2007); Diener and Studt (2011) melaporkan bahwa biokonversi substrat menggunakan limbah organik oleh maggot sebagai media tumbuh menunjukkan bahwa biomassa tubuh maggot

mengandung sekitar 42% protein dan 35% lemak. Adanya potensi maggot yang kaya akan protein tersebut maka besar potensinya untuk dijadikan sebagai pakan ternak, mengingat permintaan pakan ternak cenderung semakin tinggi sejalan dengan meningkatnya kegiatan budidaya di Indonesia. Untuk itu maka perlu dicari bahan pakan alternatif yang dapat menggantikan peran bahan sumber protein tersebut dengan bahan lain yang mudah untuk diperoleh.

Maggot (*Hermetia illucens*) dapat dijadikan pilihan untuk penyediaan pakan sumber protein karena lalat ini mudah ditemukan, dikembangbiakkan, dan merupakan salah satu jenis bahan pakan alami yang memiliki protein tinggi. Selain mempunyai kandungan protein tinggi, maggot ini mempunyai asam lemak, dan mineral yang tinggi dengan memodifikasi pakan dari maggot.

Disamping itu kemampuan maggot untuk hidup dalam sampah organik membuka kemungkinan lain yaitu potensi maggot untuk menghasilkan enzim. Melihat fenomena tersebut, maggot atau larva BSF diduga mengekskresikan senyawa kimia berupa enzim untuk menghidrolisis substrat yang digunakan sebagai pakannya. kandungan gizinya yang tinggi, juga ramah lingkungan karena tidak mengandung bahan pengawet dalam pembiakannya menjadi pengganti bahan baku utama pakan ternak yang berkualitas.

Selain sebagai sumber protein maggot (*Hermetia illucens*) ini juga sebagai antibiotik yang dapat menurunkan populasi *Escherichia coli* dan *Salmonella enterica* serovar *Enteritidis* pada kotoran unggas (Erickson *et al.*, 2004). Pada saluran pencernaan ayam terdapat komunitas bakteri seperti

Salmonella thyphimurium dan *Escherichia coli* yang bersaing dalam memperoleh nutrisi dan menghasilkan produk metabolit yang berbahaya bagi inangnya. Pencegahan dilakukan dengan menggunakan antibiotik sebagai imbuhan pakan yang pada prinsipnya mengurangi populasi bakteri di dalam saluran pencernaan, namun penggunaannya memberikan masalah dengan ditemukannya residu antibiotik pada karkas ternak yang dikonsumsi manusia dan meningkatkan resistensi bakteri patogen. Hal ini mengakibatkan pertumbuhan terganggu dan peluang untuk terjadinya penyakit meningkat.

Insekta dilaporkan mempunyai efisiensi konversi pakan yang tinggi dan dapat dipelihara serta diproduksi secara massal. Disamping itu, budidaya insekta dapat mengurangi limbah organik yang berpotensi mencemari lingkungan. Faktor lain yang menguntungkan adalah sumber protein berbasis insekta tidak berkompetisi dengan manusia sehingga sangat sesuai untuk digunakan sebagai bahan pakan ternak unggas dan stimulan terutama pada ayam kampung. Dari pembahasan diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana kandungan nutrisi, komposisi asam amino, komposisi asam lemak, aktivitas antibakteri secara *in vitro*, kualitas protein dan untuk meningkatkan produktivitas ayam kampung
2. Bagaimana formulasi ransum dari maggot (*Hermetia illucens*) sebagai antibakteri dan sumber protein pengganti tepung ikan dalam ransum terhadap, performans, kualitas karkas, pencernaan nutrien, morfometrik usus halus, aktivitas enzim pankreas dan usus halus serta populasi koloni bakteri dalam saluran pencernaan.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengkaji dan mengevaluasi kandungan nutrisi, komposisi asam amino, komposisi asam lemak, kualitas protein dan aktivitas antibakteri secara *in vitro* dari maggot (*Hermetia illucens*) dalam ransum ayam kampung.
2. Menganalisis maggot (*Hermetia illucens*) dalam formulasi ransum sebagai antibakteri dalam ransum terhadap sebagai sumber protein terhadap aktivitas enzim pankreas dan usus halus ayam kampung.
3. Menganalisis maggot (*Hermetia illucens*) dalam formulasi ransum sebagai antibakteri dan sumber protein dalam ransum terhadap morfometrik usus halus ayam kampung.
4. Menganalisis maggot (*Hermetia illucens*) dalam formulasi ransum sebagai antibakteri terhadap jumlah koloni bakteri *Coliform* dalam saluran pencernaan ayam kampung
5. Menganalisis maggot (*Hermetia illucens*) dalam formulasi ransum sebagai sumber protein dalam ransum terhadap pencernaan nutrisi, kualitas karkas dan performa ayam kampung.

D. Kegunaan Penelitian

1. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi ilmu pengetahuan dibidang pakan dan nutrisi ternak khususnya pemanfaatan maggot (*Hermetia illucens*) sebagai antibakteri dan sumber protein terhadap performan, pencernaan nutrisi, gambaran

histomorfologi vili usus halus, aktivitas enzim pankreas dan usus halus serta populasi koloni bakteri *Coliform* dalam saluran pencernaan untuk meningkatkan produktivitas ayam kampung

2. Memberikan informasi yang komprehensif bagi peternak dan pengusaha yang bergerak dibidang pakan yang tertarik menggunakan tepung maggot (*Hermetia illucens*) sebagai alternatif sumber protein inkonvensional dan antibakteri dalam ransum ayam kampung dan aman dari residu antibiotik sehingga dapat menjadi alternatif yang mempunyai fungsi yang sama dengan AGP dalam pakan.

E. Ruang Lingkup

Penelitian ini dibagi dalam 2 tahap yaitu :

1. Mengkaji kandungan nutrien, komposisi asam amino, komposisi asam lemak, kualitas protein dan aktivitas antibakteri secara *in vitro* maggot. Penelitian diawali dengan preparasi sampel yaitu pembuatan tepung maggot. Analisis kandungan nutrien maggot dilakukan dengan analisis proksimat, analisis komposisi asam amino dilakukan dengan HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*) sedangkan analisis komposisi asam lemak dilakukan melalui tahap ekstraksi, metilasi, injeksi dan pembacaan sampel melalui kromatogram. Aktivitas antibakteri dilakukan dengan maserasi (direndam) dengan metanol dengan perbandingan 1:10 (b/v) pada suhu ruang selama 24 jam. Ekstrak

kemudian dievaporasi menggunakan reduced pressure rotary evaporator pada suhu 40°C. Pengujian aktivitas antibakteri ekstrak tepung larva BSF dilakukan dengan metode difusi agar (*zone growth inhibition*) terhadap dua strain bakteri yaitu *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* dan *Pseudomonas aeruginosa*. Sebelumnya, ekstrak maggot dilarutkan terlebih dahulu dengan larutan *dimethyl sulfoxide* (DMSO) sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan (75 mg ml⁻¹, 125 mg ml⁻¹, 175 mg ml⁻¹, 225 mg ml⁻¹, 275 mg ml⁻¹ dan 325 mg ml⁻¹). Lalu, sebanyak 60 µL larutan ekstrak tepung maggot dari masing-masing taraf konsentrasi diteteskan ke dalam *paper disk* dengan mikropipet untuk bakteri *Salmonella typhimurium*, *E.coli* dan *Pseudomonas aeruginosa*. Setelah selesai, dilakukan inkubasi pada suhu 35±1°C selama 24 - 48 jam. Aktivitas antibakteri setiap perlakuan ditunjukkan oleh diameter zona bening yang terbentuk yang dinyatakan dengan luas diameter zona hambat. Berdasarkan hasil analisis kandungan asam amino maggot, dilakukan perhitungan skor kimia asam amino dan indeks asam amino esensial.

2. Penelitian tahap kedua adalah aplikasi pemanfaatan maggot (*Hermetia illucens*) sebagai antibakteri dan sumber protein dalam formulasi ransum ayam kampung, batasan penelitian pada performa ayam kampung (konsumsi ransum, konsumsi protein, pertambahan berat badan, konversi ransum, bobot hidup, persentase bobot karkas, persentase lemak abdominal, dan

income over feed cost, gambaran histomorfologi vili usus halus, aktivitas enzim pankreas dan usus halus serta populasi koloni bakteri *Coliform* dalam saluran pencernaan.

F. Kebaruan Penelitian (Novelty)

1. Diperoleh formulasi ransum dengan pemanfaatan maggot (*Hermetia illucens*) sebagai alternatif sumber protein inkonvensional dalam peningkatan produktivitas ayam kampung
2. Terjadi penurunan populasi koloni bakteri dalam saluran pencernaan ayam kampung terkait dengan morfologi saluran pencernaan, penyerapan nutrisi dengan pemanfaatan maggot (*Hermetia illucens*) sebagai antibakteri sehingga dapat menjadi bahan pakan alternatif yang mempunyai fungsi yang sama dengan AGP pada ayam kampung.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Ayam Kampung

Ayam kampung merupakan turunan panjang dari proses sejarah perkembangan genetik perunggasan di tanah air. Ayam kampung diindikasikan dari hasil domestikasi ayam hutan merah atau *red jungle fowls* (*Gallus gallus*) dan ayam hutan hijau atau *green jungle fowls* (*Gallus varius*). Awalnya, ayam tersebut hidup di hutan, kemudian didomestikasi serta dikembangkan oleh masyarakat pedesaan (Yaman, 2010). Ayam kampung merupakan ayam asli yang sudah beradaptasi dengan lingkungan tropis Indonesia. Masyarakat pedesaan memeliharanya sebagai sumber pangan keluarga akan telur dan dagingnya (Iskandar *et al.*, 1997). Ayam-ayam tersebut mengalami seleksi alam dan bermigrasi bersama manusia kemudian dibudidayakan secara turun temurun sampai sekarang.

Ayam kampung mempunyai banyak kegunaan dan manfaat untuk menunjang kehidupan manusia antara lain pemeliharannya sangat mudah karena tahan pada kondisi lingkungan dengan pengelolaan yang buruk, tidak memerlukan lahan yang luas, harga jualnya stabil dan relatif lebih tinggi dibandingkan dengan ayam pedaging lain dan daya tahan tubuhnya lebih kuat di bandingkan dengan ayam pedaging lainnya (Nuroso, 2010). Selain kelebihan-kelebihan tersebut, ayam kampung juga memiliki beberapa kelemahan, antara lain pertumbuhannya relatif lambat sehingga waktu

pemeliharaannya lebih lama, keadaan ini terutama disebabkan oleh rendahnya potensi genetik (Suprijatna, 2010).

Umumnya, ayam kampung dipelihara secara umbaran (tradisional) dan banyak dijumpai di Desa. Saat ini cara seperti ini banyak mengandung resiko di samping tidak ekonomis. Gunawan *et al.* (1999) melaporkan bahwa bobot badan ayam buras murni yaitu masing-masing 1.014,34 g dan 918,57 g pada umur 12 minggu. Pada usia 20 minggu ayam kampung yang dipelihara secara tradisional hanya mencapai bobot badan 746,9 g, sedangkan yang dipelihara intensif dalam kandang, pada usia yang sama dapat mencapai 1.435,5 g. Perbaikan lingkungan yang diikuti perbaikan manajemen pemeliharaan akan meningkatkan produktivitas ayam kampung di Indonesia yang perlu dilestarikan (Sulandari *et al.*, 2007).

Falconer (1983) dan Warwicket *et al.* (1990) mengatakan bahwa sifat kuantitatif adalah sifat yang tampak dan dapat diukur dengan alat ukur. Sifat-sifat kuantitatif dipengaruhi oleh sejumlah besar pasangan gen yang bereaksi secara aditif, dominan maupun epistatik. Lingkungan dapat mempengaruhi variasi fenotip. Variasi pada sifat-sifat kuantitatif menggambarkan situasi distribusi normal yang berbeda dengan nilai maksimum dan minimum.

Salah satu kelemahan ayam kampung adalah produktivitasnya yang rendah. Dalam upaya meningkatkan potensi ayam kampung perlu adanya perbaikan manajemen pemeliharaan dan perbaikan mutu genetik melalui persilangan dengan ayam yang mempunyai produktivitas tinggi (Husmaini and Sabrina, 2006).

Upaya memperbaiki mutu genetik ayam kampung melalui persilangan dengan ayam arab diharapkan dapat dihasilkan keturunan dengan produktivitas yang tinggi, daya adaptasi dengan lingkungan yang baik serta tahan terhadap penyakit. Namun mutu genetik yang dihasilkan akan dapat tampil optimal bila diikuti dengan perbaikan lingkungan yang baik juga seperti memberikan kebutuhan pakan yang sesuai, karena fenotip merupakan gabungan dari kemampuan faktor genetik dan faktor lingkungan. Untuk memenuhi kebutuhan hidup pokok dan produksi, ayam membutuhkan ransum dan jumlah yang cukup. Ayam kampung membutuhkan protein 21% untuk periode starter, 15-19% untuk periode grower dan 18% untuk periode layer (Dudung, 2000). Ayam arab membutuhkan protein 15–17% untuk periode starter, 15% untuk periode grower dan 14–15% untuk periode layer (Darmana dan Sitanggang, 2002).

Faktor pakan merupakan salah satu faktor lingkungan yang penting untuk diperhatikan. Pada periode pertumbuhan yang cepat, ayam kampung sangat sensitif terhadap tingkat nutrisi, terutama kandungan protein. Semakin banyak protein digunakan untuk pertumbuhan makin sedikit energi berasal dari protein. Bila diharapkan sebagian besar protein digunakan untuk pertumbuhan, maka energi metabolis harus cukup berasal dari karbohidrat dan lemak (Fadillah, 2004). Kebutuhan protein dan energi metabolisme untuk ayam kampung dapat di lihat pada Tabel. 1

Tabel. 1 Kebutuhan Protein dan Energi Metabolisme untuk Ayam Kampung

Fase Pemeliharaan	Protein (%)	Energi metabolisme (Kkal/kg)
Brooding (1-14 hari)	22	3050
Starter (14-30 hari)	20	3100
Grower (31-60 hari)	19	2900
Finisher (>61 hari)	16-18	3000

Sumber: Wahyu (2002)

Feed Conversion Ratio merupakan rasio antara konsumsi pakan dengan pertambahan bobot badan yang diperoleh selama kurun waktu tertentu (Marom, 2017). Menurut Marom (2017), FCR digunakan untuk mengukur produktivitas ternak, semakin tinggi FCR maka semakin banyak ransum dibutuhkan untuk meningkatkan bobot badan ternak per satuan berat. Menurut Siregar (2005) bahwa konversi pakan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu: genetik, bentuk pakan, suhu lingkungan, konsumsi pakan, berat badan, dan jenis kelamin.

Dalam penyusunan pakan, semua asam amino esensial dan kandungan nitrogen harus cukup terpenuhi guna sintesis asam amino nonesensial. Pakan yang defisien asam amino esensial akan mengakibatkan pertumbuhan bulu tubuh buruk, penimbunan lemak karkas meningkat (Suprijatna *et al.*, 2008).

Serat kasar merupakan salah satu nutrisi yang harus dimiliki dalam pakan ayam broiler dalam jumlah sedikit. Serat kasar berperan sebagai *bulky* yaitu untuk memperlancar pengeluaran feses. Pemberian serat kasar dalam

ransum unggas terbatas yaitu berkisar antara 3-6% untuk ayam kampung (Rizal, 2006). Kandungan serat kasar yang tinggi pada ransum akan berpengaruh pada ternak yang cepat merasa kenyang dan mengambang apabila terkena air.

Mineral merupakan komponen dari persenyawaan organik jaringan tubuh dan persenyawaan kimiawi lainnya yang berperan dalam proses metabolis. Kebutuhannya sangat sedikit tetapi sangat vital terutama pada ayam yang sedang tumbuh dan berproduksi karena kerangka tubuh dan kerabang telur tersusun terutama dari mineral yaitu kalsium dan fosfor (Suprijatna *et al.*, 2008). Kebutuhan anak ayam (*starter*) akan Ca adalah 1% dan ayam sedang tumbuh adalah 0,6%, sedangkan kebutuhan ayam akan P bervariasi yaitu antara 0,2-0,45% (Rizal, 2006).

Energi metabolisme yang diperlukan ayam berbeda, sesuai tingkat umurnya, jenis kelamin dan cuaca. Semakin tua ayam membutuhkan energi metabolisme lebih tinggi (Fadillah, 2004). Menurut Wahyu (2002) energi yang dikonsumsi oleh ayam digunakan untuk pertumbuhan jaringan tubuh, produksi, menyelenggarakan aktivitas fisik dan mempertahankan temperatur tubuh yang normal. Fadillah (2004) menyatakan bahwa kebutuhan energi untuk ayam kampung periode starter 3080 kkal/kg ransum pada tingkat protein 24%, sedangkan periode finisher 3190 kkal/kg ransum pada tingkat protein 21%.

Menurut Wahyu (2002) bahwa nilai energi metabolis dan beberapa bahan makanan dapat diperbaiki dengan pengolahan. Ayam mengkonsumsi ransum untuk memenuhi kebutuhan energinya dan akan berhenti makan

apabila kebutuhan energi telah terpenuhi. Namun, energi dalam ransum tidak dapat dipergunakan seluruhnya oleh ayam, karena sebagian akan dibuang melalui feses dan urin.

B. Morfologi dan Siklus Hidup Black Soldier Fly (BSF)

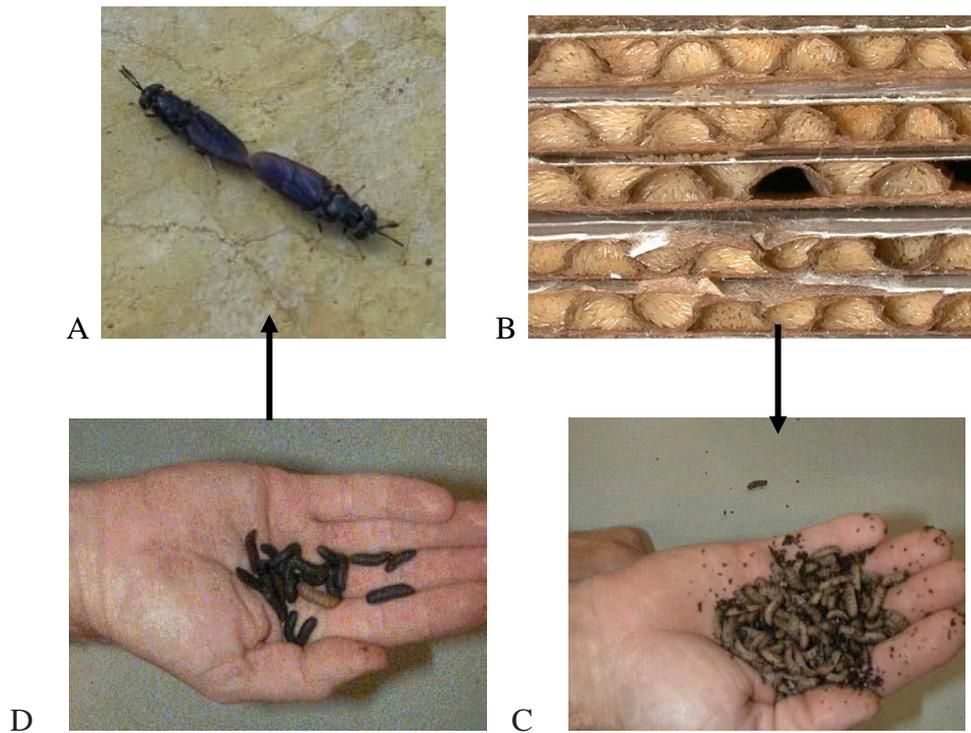
Salah satu jenis serangga yang mulai banyak dikaji dan diteliti oleh para ilmuwan untuk dimanfaatkan sebagai bahan pakan adalah lalat tentara hitam atau biasa disebut Black Soldier Fly. Karakteristik dari BSF yaitu berwarna hitam dan bagian segmen basal abdomennya berwarna transparan (*wasp waist*) sehingga sekilas menyerupai abdomen lebah. Panjang lalat berkisar antara 15-20 mm dan mempunyai waktu hidup lima sampai delapan hari (Gambar 1). Saat lalat dewasa berkembang dari pupa, kondisi sayap masih terlipat kemudian mulai mengembang sempurna hingga menutupi bagian torak. Lalat dewasa tidak memiliki bagian mulut yang fungsional, karena lalat dewasa hanya beraktivitas untuk kawin dan bereproduksi sepanjang hidupnya. Kebutuhan nutrisi lalat dewasa tergantung pada kandungan lemak yang disimpan saat masa pupa. Ketika simpanan lemak habis, maka lalat akan mati (Makkar *et al.*, 2014). Berdasarkan jenis kelaminnya, lalat betina umumnya memiliki daya tahan hidup yang lebih pendek dibandingkan dengan lalat jantan (Tomberlin and Sheppard, 2002)



Gambar 1. Morfologi Larva, Pupa dan Lalat Dewasa BSF (Wardhana, 2016)

Maggot adalah organisme yang berasal dari larva Black Soldier Fly (BSF) dan dihasilkan pada metamorfosis fase kedua setelah fase telur dan sebelum fase pupa yang nantinya akan menjadi BSF dewasa. Larva/maggot BSF ini seperti dijelaskan sebelumnya memberikan banyak manfaat bagi manusia. Kotoran merupakan makanan utama banyak serangga di alam, terutama larva lalat tantara hitam (*Hermetia illucens*) (Gambar 2).

Kemampuan mereka dalam melahap makanan organik ini sangat fantastis, dari jumlah 10.000 larva dapat menghabiskan 1 kg makanan organik dalam 24 jam. Jika satu ekor betina dapat menghasilkan 500 telur (minimal dari jumlah hasil penelitian 500-900 buah telur), maka hanya dibutuhkan 20 ekor betina yang bertelur untuk menghasilkan 10.000 larva untuk mereduksi 1kg sampah organik setiap hari. Maggot ini juga memiliki nutrisi yang baik, kandungan protein dan asam amino yang lengkap dimiliki oleh maggot dan hal ini menjadikannya digunakan sebagai sumber pakan alternatif yang baik bagi sejumlah hewan ternak seperti jenis unggas dan ikan, serta sejumlah binatang peliharaan seperti iguana, burung, dan sebagainya. Maggot merupakan larva serangga (Diptera: Stratiomyidae, Genus *Hermetia*) yang hidup di bungkil kelapa sawit (Fahmi *et al.*, 2007).



Gambar 2. Tahap kehidupan lalat hitam. Lalat dewasa tidak dianggap sebagai hama (A. kawin dewasa). Betina kadang diamati untuk menyimpan telurnya di celah-celah dan celah dekat substrat larva. Untuk keperluan pemeliharaan telur dikumpulkan dalam kardus (B). Larva mengkonsumsi sejumlah besar limbah atau pupuk segar (C. larva), dan memanen larva dapat digunakan sebagai bahan pakan (D. prepupae dan pupa) (Tomberlin and Sheppard, 2002)

Menurut Tomberlin and Sheppard (2002) bahwa siklus hidup BSF dari telur hingga menjadi lalat dewasa berlangsung sekitar 40-43 hari, tergantung dari kondisi lingkungan dan media pakan yang diberikan (Gambar 3). Lalat betina akan meletakkan telurnya didekat sumber pakan, antara lain pada bongkahan kotoran unggas atau ternak, tumpukan limbah bungkil inti sawit (BIS) dan limbah organik lainnya. Lalat betina tidak akan meletakkan telur di atas sumber pakan secara langsung dan tidak akan mudah terusik apabila sedang bertelur. Oleh karena itu, umumnya daun pisang yang telah kering

atau potongan kardus yang berongga diletakkan di atas media pertumbuhan sebagai tempat telur.

Di alam, lalat betina akan tertarik dengan senyawa aromatik dari limbah organik (atraktan) sehingga akan datang ke lokasi tersebut untuk bertelur. Atraktan diperoleh dari proses fermentasi dengan penambahan air ke limbah organik, seperti limbah BIS, limbah sayuran atau buah-buahan atau penambahan EM4 (Efektivitas Mikroorganisme-4) dan mikroba rumen. Jumlah lalat betina yang meletakkan telur pada suatu media umumnya lebih dari satu ekor. Keadaan ini dapat terjadi karena lalat betina akan mengeluarkan penanda kimia yang berfungsi untuk memberikan sinyal ke betina-betina lainnya agar meletakkan telur di tempat yang sama. Telur BSF berwarna putih dan berbentuk lonjong dengan panjang sekitar 1 mm terhimpun dalam bentuk koloni. Seekor lalat betina BSF normal mampu memproduksi telur berkisar 185-1235 telur (Rachmawati *et al.*, 2010). Literatur lain menyebutkan bahwa seekor betina memerlukan waktu 20-30 menit untuk bertelur dengan jumlah produksi telur antara 546-1.505 butir dalam bentuk massa telur (Tomberlin *et al.*, 2002). Berat massa telur berkisar 15,8198 mg dengan berat individu telur antara 0,026-0,030 mg. Waktu puncak bertelur dilaporkan terjadi sekitar pukul 14.00-15.00. Lalat betina dilaporkan hanya bertelur satu kali selama masa hidupnya, setelah itu mati (Sheppard, 2002).

Selain itu, kelembaban juga dilaporkan berpengaruh terhadap daya bertelur lalat BSF. Sekitar 80% lalat betina bertelur pada kondisi kelembaban lebih dari 60% dan hanya 40% lalat betina yang bertelur ketika kondisi

kelembaban kurang dari 60% (Tomberlin and Sheppard, 2002). Dalam waktu dua sampai empat hari, telur akan menetas menjadi larva instar satu dan berkembang hingga ke instar enam dalam waktu 22-24 hari dengan rata-rata 18 hari (Barros-Cordeiro *et al.*, 2014). Ditinjau dari ukurannya, larva yang baru menetas dari telur berukuran kurang lebih 2 mm, kemudian berkembang hingga 5 mm. Setelah terjadi pergantian kulit, larva berkembang dan tumbuh lebih besar dengan panjang tubuh mencapai 20-25 mm, kemudian masuk ke tahap prepupa. Tomberlin and Sheppard (2002) menyebutkan bahwa larva betina akan berada di dalam media lebih lama dan mempunyai bobot yang lebih berat dibandingkan dengan larva jantan. Secara alami, larva instar akhir (prepupa) akan meninggalkan media pakannya ke tempat yang kering, misalnya ke tanah kemudian membuat terowongan untuk menghindari predator dan cekaman lingkungan.

Dalam penelitian Holmes *et al.* (2013) membandingkan lima substrat dalam stadia pupa, yaitu serbuk gergaji, tanah, humus, pasir dan tidak menggunakan substrat. Stadia pupa yang dipelihara pada substrat pasir dan humus lebih lama dibandingkan pada substrat tanah dan serbuk gergaji. Stadia pupa tanpa substrat berjalan paling cepat karena untuk mengurangi resiko dari predator atau ancaman lingkungan. Namun, kondisi ini menyebabkan daya tetas pupa menjadi *imago* (lalat dewasa) lebih rendah dibandingkan dengan yang lain. Hal ini diduga karena energi yang tersimpan selama menjadi larva banyak digunakan untuk mempertahankan diri dari kondisi lingkungan yang tidak sesuai. Bobot pupa betina rata-rata 13% lebih berat dibandingkan dengan bobot pupa jantan (Tomberlin *et al.*, 2009).

Setelah 14 hari, pupa berkembang menjadi lalat dewasa (*imago*). Dua atau tiga hari kemudian lalat dewasa siap untuk melakukan perkawinan.

Suhu merupakan salah satu faktor yang berperan dalam siklus hidup BSF. Suhu yang lebih hangat atau di atas 30°C menyebabkan lalat dewasa menjadi lebih aktif dan produktif. Suhu optimal larva untuk dapat tumbuh dan berkembang adalah 30°C, tetapi pada suhu 36°C menyebabkan pupa tidak dapat mempertahankan hidupnya sehingga tidak mampu menetas menjadi lalat dewasa. Pemeliharaan larva dan pupa BSF pada suhu 27°C berkembang empat hari lebih lambat dibandingkan dengan suhu 30°C (Tomberlin *et al.*, 2009). Suhu juga berpengaruh terhadap masa inkubasi telur. Suhu yang hangat cenderung memicu telur menetas lebih cepat dibandingkan dengan suhu yang rendah.

Aktivitas kawin BSF umumnya terjadi pada pukul 8.30 dan mencapai puncaknya pada pukul 10.00 di lokasi yang penuh tanaman (vegetasi) ketika suhu lingkungan mencapai 27°C. Lalat betina hanya kawin dan bertelur sekali selama masa hidupnya. Saat melakukan aktivitas kawin, lalat jantan akan memberikan sinyal ke lalat betina untuk datang ke lokasi yang telah ditentukan oleh pejantan. Perkawinan BSF terjadi di tanah dengan posisi jantan dan betina berlawanan (saling membelakangi) atau di daerah yang penuh dengan vegetasi. Namun, ada juga laporan yang menyebutkan bahwa perkawinan dapat juga terjadi di udara. Kondisi ruang udara yang cukup dan kepadatan jumlah lalat merupakan faktor penting yang mempengaruhi keberhasilan aktivitas kawin BSF. Intensitas cahaya dan suhu sangat berpengaruh terhadap kesuksesan aktivitas kawin lalat BSF (Zhang *et al.*,

2010 ; Gobbi *et al.*, 2013). Zhang *et al.* (2010) menyatakan bahwa penggunaan lampu *quartz-iodine* 500 watt dengan intensitas cahaya $135 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ mampu menstimulasi aktivitas kawin dan bertelur dibandingkan dengan kondisi di bawah sinar matahari. Lebih lanjut dijelaskan bahwa panjang gelombang 450-700 nm berpengaruh terhadap tingkah laku kawin lalat BSF.

C. Media Perkembangan Maggot (*Hermetia illucens* L)

Maggot (*Hermetia illucens*) dapat tumbuh dan berkembang subur pada media organik, seperti BIS, kotoran sapi, kotoran babi, kotoran ayam, sampah buah dan limbah pertanian dan perkebunan yang tidak memiliki banyak lignin. Kemampuan larva BSF hidup dalam berbagai media terkait dengan karakteristiknya yang memiliki toleransi pH yang luas (Mangunwardoyo *et al.*, 2011). Selain itu, kemampuan larva dalam mengurai senyawa organik ini juga terkait dengan kandungan beberapa bakteri yang terdapat di dalam saluran pencernaannya (Yu *et al.*, 2011). Banjo *et al.* (2005) berhasil mengidentifikasi beberapa bakteri yang diisolasi dari sistem pencernaan maggot, yaitu *Micrococcus* sp, *Streptococcus* sp, *Bacillus* sp dan *Aerobacter aerogens*.

Kualitas dan kuantitas media perkembangan larva lalat sangat mempengaruhi kandungan nutrisi tubuh serta keberlangsungan hidup larva pada setiap instar dan tahap metamorfosis selanjutnya (Gobbi *et al.*, 2013). Kualitas media perkembangan larva berkorelasi positif dengan panjang larva dan persentase daya tahan hidup lalat dewasa. Jumlah dan jenis media yang

kurang mengandung nutrisi dapat menyebabkan bobot pupa kurang dari normal, akibatnya pupa tidak dapat berkembang menjadi lalat dewasa (Wardhana *et al.*, 2017). Bobot maggot yang diberi pakan dalam jumlah terbatas tidak berbeda nyata dengan yang diberi pakan melimpah. Namun, lalat dewasa yang menetas dari kelompok larva dengan pakan terbatas memiliki umur yang lebih pendek (tiga sampai empat hari). Menurut Zarkani (2012) kualitas media pertumbuhan larva juga berpengaruh terhadap jumlah rasio antara lalat jantan dan betina yang menetas dari pupa. Lalat dewasa jantan akan banyak menetas dari larva yang dipelihara pada jumlah media yang terbatas.

Media bungkil inti sawit (BIS) juga menghasilkan kadar protein dan berat kering larva yang lebih tinggi dibandingkan dengan media dari kotoran ayam (Katayane *et al.*, 2014). Keadaan ini diduga karena kualitas protein yang ada di dalam kotoran ayam petelur merupakan senyawa *Non Protein Nitrogen* (NPN) sehingga berkualitas lebih rendah dibandingkan dengan kandungan protein pada BIS. Disamping itu, kandungan nutrisi yang terkandung dalam kotoran ayam petelur juga lebih rendah dibandingkan dengan BIS.

Hasil penelitian Zarkani (2012) menunjukkan adanya peluang lain yang dapat dijadikan sebagai media alternatif budi daya larva *H. illucens*. Salah satu media yang berpotensi itu adalah limbah *loading ramp* pabrik CPO. Limbah *loading* merupakan limbah yang dihasilkan saat proses pemasukan tandan buah segar (TBS) ke dalam bak/gerbong/troli sebelum proses

perebusan. Setiap satu kg limbah memiliki peluang untuk menghasilkan 0,3 kg hingga 0,4 kg larva.

D. Manfaat Maggot (*Hermetia illucens* L)

Biokonversi yang dilakukan oleh agen bio-konversi yaitu larva BSF (*Black Soldier Fly*) atau yang biasa disebut juga *maggot*, ternyata mampu mengurangi limbah organik hingga 56% dan sebagai agen biokonversi, setidaknya ada tiga produk yang dapat diperoleh dengan memberdayakan maggot sebagai agen biokonversi. Produk pertama adalah maggot yang dapat dijadikan sebagai sumber protein alternatif untuk pakan ternak, produk kedua adalah cairan hasil aktivitas maggot yang berfungsi sebagai pupuk cair dan yang ketiga adalah sisa limbah organik kering yang dapat dijadikan sebagai pupuk (BB Veteriner, 2016).

Tepung maggot cukup sesuai sebagai bahan pakan karena mengandung asam amino, lemak dan kalsium yang dibutuhkan untuk pertumbuhan babi, meskipun kandungan abunya relatif tinggi. Berdasarkan hasil uji palatabilitas, ternak babi lebih suka pakan yang mengandung tepung maggot daripada pakan berbasis tepung kedelai sebagai sumber protein. Selanjutnya, tepung maggot diujikan pada babi yang disapih secara dini dan dibandingkan dengan tepung plasma darah. Kelompok yang diberi pakan dengan kandungan 50% tepung maggot menunjukkan performans yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol, tetapi pada kelompok 100% memberikan performans lebih rendah. Kondisi tersebut diduga karena kandungan lemak

dan abu yang terlalu tinggi pada sediaan maggot (Newton *et al.*, 2005). Profil asam amino yang terkandung dalam tepung maggot mirip dengan tepung kedelai, khususnya kandungan metionin atau metionin + sistin yang merupakan asam amino esensial untuk pertumbuhan babi dan ayam pedaging. Pemberian tepung maggot pada ransum akan memenuhi kebutuhan asam-asam amino tersebut.

Menurut Rambet *et al.* (2016) menyimpulkan bahwa tepung maggot berpotensi sebagai pengganti tepung ikan hingga 100% untuk campuran pakan ayam pedaging tanpa adanya efek negatif terhadap pencernaan bahan kering (57,96-60,42%), energi (62,03-64,77%) dan protein (64,59-75,32%), walaupun hasil yang terbaik diperoleh dari penggantian tepung ikan hingga 75% atau 11,25% dalam pakan. Menurut Akpodiete and Inoni (2000), penelitian penggunaan tepung maggot di Nigeria dilaporkan dapat menggantikan kedudukan tepung ikan sampai dengan 75% tanpa adanya efek buruk terhadap performans dan memiliki tingkat ekonomis yang jauh lebih tinggi. Monica (2012) melaporkan hasil penelitian penggunaan maggot menggantikan tepung ikan dalam ransum ayam broiler, dimana pencernaan energi rata-rata sekitar 75,17%. Kecernaan energi ransum tertinggi dalam penelitian ini yaitu pada penggantian 25% tepung ikan dengan tepung *maggot* atau 3,75% dalam ransum, sekitar 64,77% dan terendah (penggantian 0% tepung ikan dengan tepung maggot atau 0% dalam ransum).

Studi lain juga diuji pada burung puyuh (*Coturnix coturnix japonica*) dengan cara mengganti tepung ikan dengan tepung BSF, termasuk melakukan beberapa kombinasi tepung ikan dan tepung BSF dengan

persentase yang berbeda (Widjastuti, 2014). Substitusi 50-75% tepung ikan dengan tepung BSF memberikan respon yang positif terhadap produksi dan bobot telur puyuh, tingkat konsumsi pakan serta konversi pakan. Hal ini dapat dipahami karena tepung BSF memiliki protein dengan karakteristik asam amino yang relatif sama dengan tepung ikan (Newton *et al.*, 2005).

Penggunaan tepung maggot (*Hermetia illucens*) menggantikan tepung ikan 15% dalam ransum, meningkatkan pencernaan kalsium (Ca) pada ayam broiler. Semakin meningkatnya pencernaan kalsium (Ca) dengan semakin meningkatnya penggantian tepung ikan dengan tepung maggot (*Hermetia illucens*) dalam ransum mengindikasikan bahwa kalsium (Ca) yang terkandung dalam tepung maggot memiliki nilai biologis yang lebih baik. Tepung maggot (*Hermetia illucens*) yang digunakan dalam penelitian ini diduga memiliki kalsium (Ca) yang memiliki nilai biologis yang lebih baik dibanding kalsium (Ca) yang ada dalam tepung ikan (Pesik *et al.*, 2016).

Pemanfaatan tepung manure hasil degradasi larva lalat hitam sampai level 15% menghasilkan berat telur, berat kuning telur dan massa telur yang sama pada ayam kampung. Manure hasil degradasi larva dari *Hermetia illucens* dapat digunakan dalam ransum ayam kampung sebanyak 15 % (Tumiran *et al.*, 2017). Pada ransum perlakuan, semakin tinggi level penggunaan tepung manure hasil degradasi larva lalat hitam (*Hermetia Illucens L.*) diikuti dengan meningkatnya protein dan energi. Artinya, ada keseimbangan antara protein dan energi dalam ransum penelitian. Sehingga menghasilkan massa telur yang sama. Massa telur merupakan korelasi berat telur dan produksi telur (Fahmi, 2007).

Persentase kandungan nutrisi maggot secara umum dapat dilihat pada Tabel 2. Kandungan protein pada maggot ini cukup tinggi, yaitu 44,26% dengan kandungan lemak mencapai 29,65%. Nilai asam amino, asam lemak dan mineral yang terkandung di dalam larva juga tidak kalah dengan sumber-sumber protein lainnya, sehingga maggot merupakan bahan baku ideal yang dapat digunakan sebagai pakan ternak

Hasil analisis proksimat menunjukkan bahwa kandungan protein kasar maggot yang muda lebih tinggi dibandingkan dengan maggot yang tua. Kondisi ini diduga karena maggot yang masih muda mengalami pertumbuhan sel struktural yang lebih cepat. Dalam skala industri, produksi tepung maggot dari tahap instar yang tua lebih menguntungkan. Rachmawati *et al.* (2010) menyatakan bahwa maggot yang lebih besar sangat ideal digunakan untuk campuran pakan atau bahan baku pelet karena mampu memenuhi kuantitas produksi.

Tabel 2. Persentase Kandungan Nutrisi Maggot

Proksimat	(%)	Asam amino	(%)	Asam lemak	(%)	Mineral	(%)
Air	2,38	Serin	6,35	Linoleat	0,70	Mn	0,05 mg/g
Protein	44,26	Glisin	3,80	Linolenat	2,24	Zn	0,09
Lemak	29,65	Histidin	3,37	<i>Saturated</i>	20,00	Fe	0,68
		Arginin	12,95	Monomer	8,71	Cu	0,01
		Treonin	3,16			P	0,13
		Alanin	25,68			Ca	55,65
		Prolin	16,94			Mg	3,50
		Tirosin	4,15			Na	13,71
		Valin	3,87			K	10,00
		Sistin	2,05				
		Isoleusin	5,42				
		Leusin	4,76				
		Lisin	10,65				
		Taurin	17,53				
		Sistein	2,05				
		NH ₃	4,33				
		Ornitina	0,51				

Sumber : Fahmi, (2007)

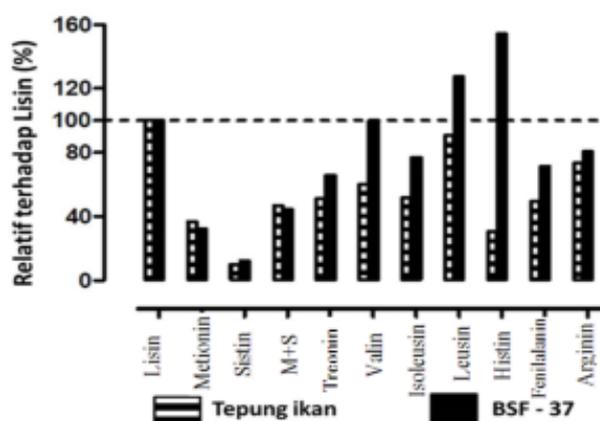
Newton *et al.* (2005) membandingkan persentase kandungan asam amino esensial dan non-esensial dari maggot kering yang diberi pakan kotoran sapi potong dan babi. Kandungan asam amino esensial maggot yang diberi pakan kotoran sapi potong relatif lebih tinggi dibandingkan dengan yang diberi pakan kotoran babi, kecuali kandungan treonin dan triptofan. Hal yang sama juga terjadi pada asam amino non-esensial, yaitu kandungan sistin, serin dan asam glutamat pada larva yang diberi pakan kotoran babi relatif lebih rendah. Apabila dibandingkan dengan tepung kedelai, kandungan lisin, leusin, fenilalanin dan treonin maggot yang diberi pakan kotoran sapi dan babi tidak berbeda nyata. Meskipun kandungan isoleusin dan arginin lebih rendah

daripada tepung kedelai, tetapi kandungan metionin, histidin, valin dan triptofan dalam maggot lebih tinggi.

Hilairei and Katie (2007) mengemukakan bahwa kandungan lipid dari BSF yang padat dapat ditingkatkan dan dimanipulasi untuk disertakan asam lemak yang diinginkan seperti ALA, EPA, dan DHA dengan memberi makan bahan limbah larva dari ikan. Hasil penelitian menunjukkan ada peningkatan (dari 21 menjadi 30%) dalam kandungan lipid limbah makanan padat prepupa, dan yang lebih penting lagi pengayaan substansial (2,5 - 3,8 % dari total lipid) asam lemak omega-3. Selain itu, maggot juga diketahui memiliki kandungan asam laurat yang tinggi, salah satu jenis asam lemak yang dapat berfungsi sebagai agen antimikroba alami (Kim dan Rhee, 2016) serta kandungan kitin, polisakarida yang dapat berperan dalam meningkatkan respon kekebalan hewan (Bovera *et al.*, 2016).

Data lain juga menunjukkan bahwa terdapat perbedaan persentase kandungan mineral pada maggot yang diberi pakan kotoran unggas dan babi (Newton *et al.*, 2005). Kandungan mineral fosfor lebih tinggi pada larva yang diberi pakan kotoran unggas daripada yang dipelihara pada media kotoran babi. Sebaliknya, larva pada media kotoran babi memiliki kandungan protein dan abu yang relatif lebih tinggi, tetapi tidak berbeda secara nyata dengan larva yang diberi pakan kotoran unggas membandingkan pola asam amino tepung ikan dengan tepung BSF yang telah dikurangi lemaknya (BSF-37). Gambar 3 menunjukkan bahwa pola asam amino keduanya relatif sama. Berdasarkan analisis jenis asam amino (relatif terhadap lisin) terlihat bahwa kandungan isoleusin, leusin, treonin, valin, fenilalanin dan arginin relatif lebih

tinggi pada tepung BSF dibandingkan dengan tepung ikan. Perbedaan yang jelas terlihat pada kandungan histidin. Adapun kandungan metionin pada tepung BSF relatif lebih rendah dibandingkan dengan tepung ikan.



Gambar 3. Perbandingan Pola Asam Amino antara Tepung Ikan dan Larva BSF yang Telah Dikurangi Kadar Lemaknya (Elwert, 2010).

Dilaporkan, bahwa mineral kalsium yang terkandung dalam tepung maggot dapat mencapai nilai pencernaan sebesar 88% di samping itu, memiliki kandungan fosfor tersedia (available). Sementara, tepung ikan memiliki kandungan energi 2,820 Kkal/kg, protein kasar 50 – 60 %, lemak 9,4%, Kalsium 5,11%, dan Fosfor 2,88% (Newton *et al.*, 2005).

E. Keuntungan Maggot (*Hermetia illucens* L) sebagai Pakan Ternak dan Antibakteri

Pemanfaatan maggot sebagai pakan ternak memiliki keuntungan secara langsung maupun tidak langsung. Maggot mampu mengurai limbah organik, termasuk limbah kotoran ternak secara efektif karena larva tersebut

termasuk golongan detritivora, yaitu organisme pemakan tumbuhan dan hewan yang telah mengalami pembusukan. Dibandingkan dengan larva dari keluarga lalat *Muscidae* dan *Calliphoridae*, larva ini tidak menimbulkan bau yang menyengat dalam proses mengurai limbah organik sehingga dapat diproduksi di rumah atau pemukiman. Pernyataan ini sesuai dengan pendapat Banks *et al.* (2014) yang menunjukkan adanya penurunan senyawa volatil pada media yang diberi larva BSF berdasarkan pengamatan di laboratorium.

Kemampuan maggot dalam mengurai senyawa organik ini dilaporkan terkait dengan kandungan beberapa bakteri yang terdapat di dalam sistem pencernaannya (Yu *et al.*, 2011). Sheppard *et al.* (2002) melaporkan bahwa maggot mampu mengurangi limbah hingga 58% dan menurunkan konsentrasi populasi nitrogen di kandang. Prepupa sebanyak 58 ton dapat dihasilkan dari kotoran ayam petelur dengan kapasitas 100.000 ekor dalam waktu lima bulan sehingga sangat ideal untuk dikembangkan sebagai agen biokonversi dan sumber protein alternatif (Sheppard *et al.*, 2002). Diener (2011) juga melaporkan bahwa maggot mampu mengurai hingga 68% sampah perkotaan, 50% untuk kotoran ayam, 39% untuk kotoran babi serta 25% untuk campuran kotoran ayam dan sapi, sedangkan menurut Žáková and Borkovcová (2013) maggot mampu mengurai sampah tanaman hingga 66,53%. Maggot menunjukkan pengurangan *Salmonella* yang luar biasa, *Enteritidis* dan *Escherichia coli* saat dibesarkan secara artifisial menunjukkan bahwa bakteri ini mungkin sebagian tidak aktif selama proses biokonversi.

Berbagai serangga memiliki zat antimikroba yang diproduksi pada permukaan atau dalam saluran pencernaan mereka untuk mencegah infeksi mikroba. Dalam aspek ini, larva telah digunakan di Eropa untuk perawatan medis efektif luka terinfeksi, dan belatung terapi ini telah digunakan untuk pengobatan penyakit seperti infeksi kronis atau nekrotik dan osteomielitis serta penyembuhan. Selain itu, sekresi belatung telah dilaporkan memiliki sifat antibakteri (Choi *et al.*, 2012).

Antimicrobial peptide (AMP) merupakan suatu grup molekul yang diproduksi oleh sel-sel dan jaringan dalam tubuh makhluk hidup (prokariot hingga manusia) yang berperan sebagai sistem pertahanan tubuh. 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 mikroba 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.*, 2009). Salah satu kelompok AMP pada serangga yang telah dikarakterisasi adalah defensin (Zasloff, 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 mikro-heterogeneitasi pada membran lipid, yang kemungkinan berkaitan dengan pembentukan saluran yang bertanggung jawab atas aktivitas biologis defensin.

Penelitian Choi *et al.* (2012) juga menyatakan bahwa AMP-A3 sebanyak 60-90 mg kg⁻¹ berdampak sama dengan Avilamycin 15 mg kg⁻¹ terhadap performa, produktivitas, imunitas, komposisi mikroorganisme usus serta morfologi usus halus ayam broiler Ross 305. Selain AMP, maggot juga diketahui memiliki kandungan asam laurat yang tinggi. Asam laurat merupakan salah satu jenis asam lemak yang dapat berfungsi sebagai agen antimikroba alami (Kim and Rhee, 2016). Asam laurat yang terkandung pada maggot dapat berfungsi sebagai antimikroba alami (Barros *et al.*, 2014). Aktivitas antimikroba tersebut sangat berperan terhadap kesehatan dan perkembangan organ saluran pencernaan puyuh sedangkan pada hewan dan manusia dikonversi menjadi monolaurin yang berfungsi sebagai antivirus, antibakteria, dan anti-protozoa (Ushakova *et al.*, 2016). Skřivanová *et al.* (2014) dalam penelitiannya menyatakan bahwa senyawa monolaurin yang berasal dari asam laurat memiliki sifat antibakteri pada *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

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, 2014). Kisaran *E. coli* dalam mikroflora normal puyuh adalah 10^4 - 10^5 CFU mL⁻¹ (Ahmadi, 2015). Rataan koloni bakteri *E. coli* hasil penelitian tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol dan rataannya 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).

Penelitian Harlystiarini (2012) melaporkan bahwa ekstrak larva BSF atau maggot memiliki aktivitas daya hambat terhadap bakteri *E. coli* dan *Salmonella* sp. yang termasuk ke dalam golongan bakteri Gram negatif. Adanya AMP dalam pakan akan mempengaruhi inang (*host*) secara positif dengan meningkatkan keseimbangan usus dan menciptakan kondisi mikroekologi usus yang menekan mikroorganisme berbahaya seperti *Coliform* dan *Clostridium* dan menguntungkan mikroorganisme bermanfaat, seperti *Bifidobacterium* dan *Lactobacillus* (Wang *et al.*, 2006 ; Jin *et al.*, 2016 ; Tang *et al.*, 2009). Salah satu mikroorganisme *Coliform* adalah *E. coli* yang jumlahnya menurun seiring dengan peningkatan level penggunaan tepung *defatted* maggot.

Selain AMP, diketahui bahwa asam lemak, khususnya asam lemak laurat, juga berpengaruh pada mikroba di dalam usus halus. Dalam laporannya diketahui 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). Pada umumnya, profil asam lemak prepupa (larva) tinggi dalam bentuk *Medium Chain Fatty Acid* (MCFA) yang berupa asam

laurat (Spranghers *et al.*, 2017). MCFAs dikenal mempunyai efek sebagai antimikroba pada mikrobiota usus, sementara itu asam laurat terutama aktif pada bakteri Gram positif (Dierick *et al.*, 2002).

Larva Lalat (*Musca domestica*) memiliki sekresi aktivitas antibakteri terhadap bakteri Gram-positif dan negatif serta efek anti kanker (Hou *et al.*, 2007). Sampai saat ini, maggot (*Hermetia illucens*) telah diterapkan di berbagai bidang seperti biokonversi pupuk kandang, konversi bahan organik dan ilmu forensik, untuk menentukan durasi postmortem manusia (Diener *et al.*, 2011). Namun, Efek antibakteri ekstrak maggot belum dilaporkan.

Keuntungan yang lain adalah maggot bukan merupakan vektor suatu penyakit dan relatif aman untuk kesehatan manusia sehingga jarang dijumpai di pemukiman terutama yang berpenduduk padat. Disamping itu, populasi maggot mampu mengurangi populasi lalat *M. domestica* (lalat rumah). Apabila dalam limbah organik telah didominasi oleh maggot, maka lalat *M. domestica* tidak akan bertelur di tempat tersebut. Sheppard *et al.* (2002) menyebutkan bahwa koloni BSF yang berkembang di kotoran ayam mampu menurunkan populasi lalat *M. domestica* (Diptera: *Muscidae*) sebesar 94-100%. Lebih lanjut dijelaskan bahwa koloni tersebut mampu mengurangi akumulasi kotoran ayam dalam kandang hingga 50%. Secara alamiah, maggot akan mengeluarkan senyawa kimia yang mencegah lalat *M. domestica* untuk bertelur ditempat yang sama (Tomberlin *et al.*, 2009.)

Disamping itu, maggot dilaporkan bersifat sebagai antibiotik. Studi antibakteri yang dilakukan di Korea menunjukkan bahwa maggot yang diekstrak dengan pelarut metanol memiliki sifat sebagai antibiotik pada

bakteri Gram positif, seperti *Klebsiella pneumonia*, *Neisseria gonorrhoeae* dan *Shigella sonnei*. Sebaliknya, hasil analisis tersebut juga menunjukkan bahwa ekstrak maggot ini tidak efektif untuk bakteri Gram positif, seperti *Bacillus subtilis*, *Streptococcus mutans* dan *Sarcina lutea* (Choi *et al.*, 2012). Ekstrak maggot dengan pelarut metanol mampu menghambat proliferasi bakteri Gram negatif, sehingga pemanfaatannya sebagai sumber pakan ternak akan bermakna ganda, yaitu kandungan proteinnya yang tinggi dan kandungan antibiotik untuk membunuh bakteri Gram negatif yang merugikan. Pelarut kimia yang lain juga diuji untuk mengekstraksi maggot antara lain pelarut air, etanol, heksan dan kloroform, namun tidak memberikan efek antibiotik. Laporan lain menyebutkan bahwa maggot mampu menurunkan populasi *Salmonella* spp hingga 6 log₁₀ pada feses manusia selama delapan hari (Lalander *et al.*, 2014). Maggot ini mampu menurunkan populasi *Escherichia coli* O157:H7 dan *Salmonella enterica* serovar, *Enteritidis* pada kotoran unggas dan *E. coli* pada kotoran sapi perah.

Beberapa penelitian membuktikan bahwa apabila maggot memakan kotoran unggas atau limbah yang mengandung bakteri patogen maka di dalam tubuh sebagian prepupa akan ditemukan bakteri yang sama, meskipun dalam jumlah yang sangat rendah. Oleh karena itu, untuk mengantisipasi terjadinya transfer bakteri tersebut ke ternak maka disarankan untuk dilakukan pengolahan Lalander *et al.* (2014) merekomendasikan untuk mengeringkan prepupa terlebih dahulu sebelum diberikan sebagai pakan ternak. Pengolahan dalam bentuk pelet yang melalui proses pengeringan

dapat mengeliminasi potensi terjadinya penularan bakteri patogen, seperti *Salmonella* sp.

F. Aktivitas Enzim

Enzim merupakan sekelompok protein yang mengatur dan menjalankan perubahan-perubahan kimia dalam sistem biologi. Enzim dihasilkan oleh organ - organ pada hewan dan tanaman yang secara katalitik menjalankan berbagai reaksi, seperti hidrolisis, oksidasi, reduksi, isomerasi, adisi, transfer radikal, pemutusan rantai karbon (Sumardjo, 2009). Secara umum enzim berfungsi sebagai biokatalis dalam sel hidup. Kelebihan enzim dibandingkan katalis biasa adalah (1) dapat meningkatkan produk beribu kali lebih tinggi; (2) bekerja pada pH yang relatif netral dan suhu yang relatif rendah; dan (3) bersifat spesifik dan selektif terhadap substrat tertentu.

Enzim telah banyak digunakan dalam bidang industri pangan, farmasi dan industri kimia lainnya. Dalam bidang pangan misalnya amilase, glukosa-isomerase, papain, dan bromelin, sedangkan dalam bidang kesehatan contohnya amilase, lipase, dan protease. Enzim dapat diisolasi dari hewan, tumbuhan dan mikroorganisme. Protease merupakan enzim proteolitik yang mengkatalisis pemutusan ikatan peptida pada protein. Protease dibutuhkan secara fisiologi untuk kehidupan organisme pada tumbuhan, hewan maupun mikroorganisme. Penggunaan tumbuhan sebagai sumber protease dibatasi oleh tersedianya tanah untuk penanaman dan kondisi yang cocok untuk pertumbuhan. Disamping itu proses produksi protease dari tumbuhan sangat

memakan waktu. Protease tumbuhan yang dikenal antara lain papain, bromelain, dan keratinase. Protease hewan yang paling dikenal adalah tripsin, kimotripsin, pepsin dan rennin. Enzim-enzim ini dapat diperoleh dalam keadaan murni dengan jumlah besar (Bergmeyer *et al.*, 1983).

Aktivitas enzim secara umum adalah sekitar 35 – 45°C, di bawah 35°C, aktivitas enzim pada serangga akan sangat lambat dikarenakan kurangnya energi untuk terjadinya reaksi, sedangkan jika di atas suhu 50 °C, enzim akan terdenaturasi dengan cepat. Hal ini bergantung pada batas toleransi suhu serangga untuk bertahan hidup dan perilaku termoregulasinya (Chapman, 1998). Pada serangga *pentatomid*, *Cyclopelta siccifolia*, aktivitas optimum amilase pada ususnya adalah 35°C, sedangkan pada larva kumbang kelapa *Rhynchophorus phoenicic*, dan larva kumbang, kolanut, *Sophrorhinus insperatus* aktivitas enzim amilase tertinggi adalah pada suhu 45°C.

Kemampuan maggot (*Hermetia illucens*) untuk hidup dalam sampah organik memberikan kemungkinan bahwa maggot berpotensi untuk menghasilkan enzim amilase, lipase, dan protease. Maggot banyak ditemukan hidup di tumpukan sampah organik atau pada kotoran hewan ternak. Melihat fenomena tersebut, maggot diduga mengekskresikan senyawa kimia berupa enzim untuk menghidrolisis substrat yang digunakan sebagai pakannya. Maggot memiliki enzim protease, amilase, dan lipase. Protease berfungsi mengubah protein menjadi asam amino, amilase mengubah pati menjadi maltosa, dan lipase mengubah lemak menjadi asam lemak dan gliserol (Kim *et al.*, 2011).

Amilase dapat diperoleh dari berbagai sumber mikroorganisme, tanaman, dan hewan (Aiyer, 2005). Molekul amilum akan dipecah oleh amilase pada ikatan α -1,4-glikosida dan α -1,6-glikosida (Richana, 2002). Amilase dibedakan menjadi endoamilase dan eksoamilase. Endoamilase umumnya dikenal sebagai α -amilase, sedangkan eksoamilase dikenal sebagai β -amilase. Enzim protease mempunyai dua pengertian, yaitu proteinase yang mengkatalisis hidrolisis molekul protein menjadi fragmen-fragmen yang lebih sederhana, dan peptidase yang menghidrolisis fragmen polipeptida menjadi asam amino. Enzim proteolitik yang berasal dari mikroorganisme adalah protease yang mengandung proteinase dan peptidase (Ferdiansyah, 2005).

Pankreas adalah organ pencernaan yang termasuk dalam organ dua sistem yaitu sistem pencernaan dan sistem endokrin. Pankreas berhubungan langsung dengan organ duodenum melalui sebuah saluran yang disebut ductus pancreaticus. Saluran ini berfungsi untuk mengalirkan getah pankreas yang berisi enzim dan hormone menuju duodenum. Organ pankreas terbagi atas tiga bagian besar yaitu bagian kepala, badan dan ekor pankreas (Kuntoadi, 2019). Enzim pankreas dibagi menjadi tiga jenis berdasarkan fungsinya yaitu: enzim tripsin pencerna (protein), lipase (lemak) dan amilase (karbohidrat). Getah pankreas dihasilkan melalui rangsangan hormon. Hormon ini adalah suatu senyawa yang dihasilkan oleh jaringan tertentu, dan beredar dalam tubuh melalui peredaran darah. Masuknya campuran makanan ke dalam duodenum, menyebabkan duodenum memproduksi hormon yang disalurkan oleh pankreas, hati dan empedu. Hormon yang

dihasilkan oleh duodenum inilah yang merangsang terbentuknya cairan pankreas dan cairan empedu. Hormon yang dihasilkan oleh duodenum ini adalah sekretin, pankreozimin, kolesistokinin dan enterokinin (Marks, 2000).

Perkembangan organ pencernaan yang lambat seperti organ usus halus merupakan faktor utama kurangnya efisiensi penyerapan nutrisi pada pakan yang diberikan (Suthama, 1983). Kualitas nutrisi pakan dapat mempengaruhi fungsi dan fisiologis dari sistem pencernaan unggas. Pemberian pakan yang berkualitas baik diawal periode pemeliharaan setelah menetas dapat meningkatkan kemampuan daya serap nutrisi pada pakan yang diberikan. Pemberian pakan dengan kualitas baik dapat mempengaruhi perkembangan dari fisiologis pada saluran pencernaan yang berfungsi sebagai tempat produksi enzim-enzim pencernaan yang berkaitan pada kinerja dari aktivitas enzim (Suthama and Ardiningsari, 2017).

Hasil penelitian yang dilakukan Nitsan *et al.* (1991) bahwa rendahnya efisiensi penyerapan nutrisi pada ayam kedu meskipun sudah diberikan pakan yang kualitasnya telah dilakukan perbaikan, ini diduga karena rendahnya kapasitas ribosoma pada ayam kedu umur 13 minggu baru memperlihatkan mencapai perkembangan yang maksimal. Besarnya peningkatan aktivitas enzim berbeda antara yang terjadi pada usus halus dengan di pankreas. Aktivitas enzim meningkat sebesar antara 3 - 3,5 kali lebih tinggi pada usus halus dan 4 - 4,5 kali lebih besar pada pankreas. Peningkatan aktivitas enzim tampak jelas dipengaruhi oleh umur lewat rangsangan banyaknya "chyme" yang ada. Banyaknya "chyme" berhubungan erat dengan jumlah konsumsi, karena umur makin bertambah jumlah

konsumsi juga meningkat. Meskipun aktivitas enzim pencernaan pada umumnya dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain genetik, komposisi ransum, dan konsumsi ransum.

G. Morfometrik Usus Halus

Secara anatomis, usus halus dibagi menjadi 3 bagian yaitu duodenum, jejunum, dan ileum. Ileum yang merupakan bagian paling ujung dari usus halus berfungsi dalam proses penyerapan nutrisi dikarenakan penyerapan nutrisi terbesar terjadi dalam ileum. Ileum memiliki peranan mengabsorpsi nutrisi, asam amino, vitamin, dan monosakarida. Persentase bakteri patogen yang resisten lebih tinggi terjadi pada peternakan konvensional yang menggunakan antibiotik sintetis dibanding dengan peternak organik, selain itu penggunaan antibiotik sintetis dapat meninggalkan residu pada produk peternakan (Griggs and Jacob, 2014).

Kemampuan pencernaan dan penyerapan zat-zat makanan dapat dipengaruhi oleh luas permukaan epitel usus, jumlah lipatan-lipatannya, dan banyaknya villi dan mikrovilli yang memperluas bidang penyerapan (Austic dan Nesheim, 1990 ; Ibrahim, 2008) dan dipengaruhi juga oleh tinggi dan luas permukaan villi, duodenum, jejunum, dan ileum (Sugito *et al.*, 2007).

Luas permukaan usus halus seperti tinggi villi menggambarkan area untuk penyerapan zat-zat nutrisi. Vili merupakan tonjolan kecil mirip jari atau daun yang terdapat pada membran mukosa, panjangnya 0,5 sampai 1,5 mm dan hanya terdapat pada usus halus. Vili pada ileum bentuknya mirip jari dan

lebih pendek dibandingkan dengan vili yang terdapat pada duodenum dan jejunum. Salah satu parameter yang digunakan untuk mengukur kualitas pertumbuhan adalah struktur morfologi usus (Wang *et al.*, 2006).

Perkembangan vili-vili usus pada ayam broiler berkaitan dengan fungsi dari usus dan pertumbuhan dari ayam tersebut. Semakin lebar vili semakin banyak zat-zat makanan yang akan diserap pada akhirnya dapat berdampak pada pertumbuhan organ-organ tubuh dan karkas yang meningkat (Asmawati, 2013). Awad *et al.* (2008) melaporkan bahwa peningkatan tinggi vili pada usus halus ayam pedaging berkaitan erat dengan peningkatan fungsi pencernaan dan fungsi penyerapan karena meluasnya area absorpsi serta merupakan suatu ekspresi lancarnya system transportasi nutrisi ke seluruh tubuh.

Peningkatan tinggi vili dan lebar vili diakibatkan meningkatnya asam lemak rantai pendek yang diproduksi oleh probiotik. Menurut Samanya and Yamauchi (2002) ; Gunai *et al.* (2006) bahwa asam lemak rantai pendek ini berperan dalam stimulasi perbanyakan sel epitel usus, karena asam lemak rantai pendek merupakan komponen fosfolipid membran epitel.

Secara histologis, duodenum pada hewan maupun manusia memiliki jumlah vili dan mikrovili yang banyak, tinggi dan berbentuk seperti lembaran daun, duodenum juga memiliki kriptas dan kelenjar Lieberkühn. Selain itu, terdapat kelenjar submukosa. Submukosa terdiri atas jaringan ikat longgar dengan banyak pembuluh darah, pembuluh limpa dan plexus saraf submukosa, mungkin juga mengandung kelenjar dan jaringan limfoid (Junqueira *et al.*, 2005 ; Samuelson, 2007).

Salah satu parameter yang dapat digunakan untuk mengukur kualitas pertumbuhan adalah struktur morfologis usus. Tinggi vili pada setiap bagian usus halus secara umum meningkat seiring dengan bertambahnya umur ayam (Wang *et al.*, 2006).

H. Mikroorganisme Saluran Pencernaan Ayam

Awalnya saluran pencernaan unggas yang baru ditetaskan dalam kondisi steril, kemudian adanya transfer mikroorganisme dari induk dan kontak dengan mikroorganisme lingkungan (pakan dan litter) mengakibatkan terjadinya perkembangan mikroflora pada saluran pencernaan ayam. Ternak sehat akan mempunyai kekebalan alami untuk menyerang infeksi mikroorganisme patogen, sementara apabila kekebalan alami menurun akan membuat defisiensi komposisi mikroflora dalam saluran pencernaan dan meningkatkan mikroorganisme patogen sehingga keseimbangan mikroflora usus halus terganggu (Abun, 2008).

Jenis mikroorganisme yang dominan pada usus halus adalah bakteri patogen (*E. coli*) dan bakteri non patogen (bakteri asam laktat) yang metabolismenya menghasilkan konsentrasi ion hidrogen dan VFA sebagai penghambat pertumbuhan bakteri patogen (Lestariningsih *et al.*, 2015) Keseimbangan mikroflora dalam saluran pencernaan akan meningkatkan produktivitas akibat dari daya cerna pakan yang meningkat. 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.

Mikroorganisme yang berkembang dalam usus halus unggas antara lain bakteri non patogen (bakteri asam laktat) dan bakteri patogen (*E. coli*, *Enterobacteriaceae*). Bakteri asam laktat merupakan bakteri Gram positif yang memiliki koloni berbentuk bulat dan bersifat anaerob (Utami, 2018). Bakteri asam laktat akan tumbuh optimal pada suhu 37°C - 42°C, dengan kisaran pH 2 - 4 (Hardiningsih *et al.*, 2006). Bakteri asam laktat memerlukan karbohidrat mudah larut sebagai sumber energi dan metabolismenya sehingga jumlah bakteri asam laktat pada usus halus dapat dipengaruhi oleh pakan yang diberikan terhadap ternak yang mengandung protein dan karbohidrat (Widodo *et al.*, 2015). Selain bakteri asam laktat yang menguntungkan terdapat bakteri patogen dalam usus halus ayam seperti *Enterobacteriaceae*. *Enterobacteriaceae* merupakan bakteri batang Gram negatif yang bersifat heterogen yang berada pada saluran pencernaan dan memiliki beberapa genus seperti *Escherichia*, *Shigela*, *Salmonella*, *Enterobacter*, *Klebsiella* dan *Serratia* (Brooks *et al.*, 2008). Salah satu genus dari *Enterobacteriaceae* adalah *Escherichia coli* yang merupakan golongan bakteri mesofilik dengan pertumbuhan optimal pada suhu 15°C – 45°C dan kisaran pH 5,5 – 8 serta akan tumbuh maksimum pada suhu 40°C – 45°C, diatas suhu tersebut bakteri akan mengalami inaktivasi (Hawa *et al.*, 2011). Bakteri *Escherichia coli* memiliki ciri-ciri berbentuk batang, tidak membentuk

spora, tumbuh baik dalam medium sederhana dan mengandung glukosa, ammonium sulfat, sedikit garam mineral namun memiliki enterotoksin yang dapat menyebabkan diare (Rohdiana *et al.*, 2013).

Jenis bakteri atau flora didalam usus terdapat sekitar 100 – 400 jenis bakteri yang termasuk bakteri baik, diantaranya *Bifidobacterium*, *Eubacterium*, dan *Lactobacillus*, sedangkan bakteri jahat, seperti *Clostridium*, *Shigella* dan *Velvonella*. Dalam penelitian yang dilaporkan Gsianturi (2002) bahwa populasi bakteri baik dan jahat hidup dalam keseimbangan, jika hal tersebut mengalami perubahan, maka bakteri baktogen dapat meningkat, akibatnya kondisi kesehatan akan terganggu. Keseimbangan flora usus dapat terganggu oleh kehadiran antibiotik, infeksi bakteri dan virus, kemoterapi, radiasi, pola makan, stres dan iklim.

Didalam saluran pencernaan, khususnya pada usus halus, patogen yang sering menyebabkan gangguan, yaitu *Enteropathogenic Escherichia coli* (EPEC). Sudah banyak dilaporkan bahwa mikroorganisme patogen, seperti EPEC yang terdapat dalam saluran pencernaan, dapat merusak mukosa saluran pencernaan secara potensial (Savkovic *et al.*, 2005).

Dalam penelitian yang dilaporkan Lan *et al.* (2004) menyatakan bahwa senyawa mucin di dalam saluran pencernaan dapat berperan sebagai sumber nutrient bagi bakteri anaerob. Oleh karena itu berkurangnya pertumbuhan bakteri anaerob dalam usus halus sejalan dengan berkurangnya sekresi senyawa mucin. Dalam kondisi tersebut akan memberikan keuntungan untuk pertumbuhan bakteri jenis *coliform*.

I. Kerangka Konseptual Penelitian

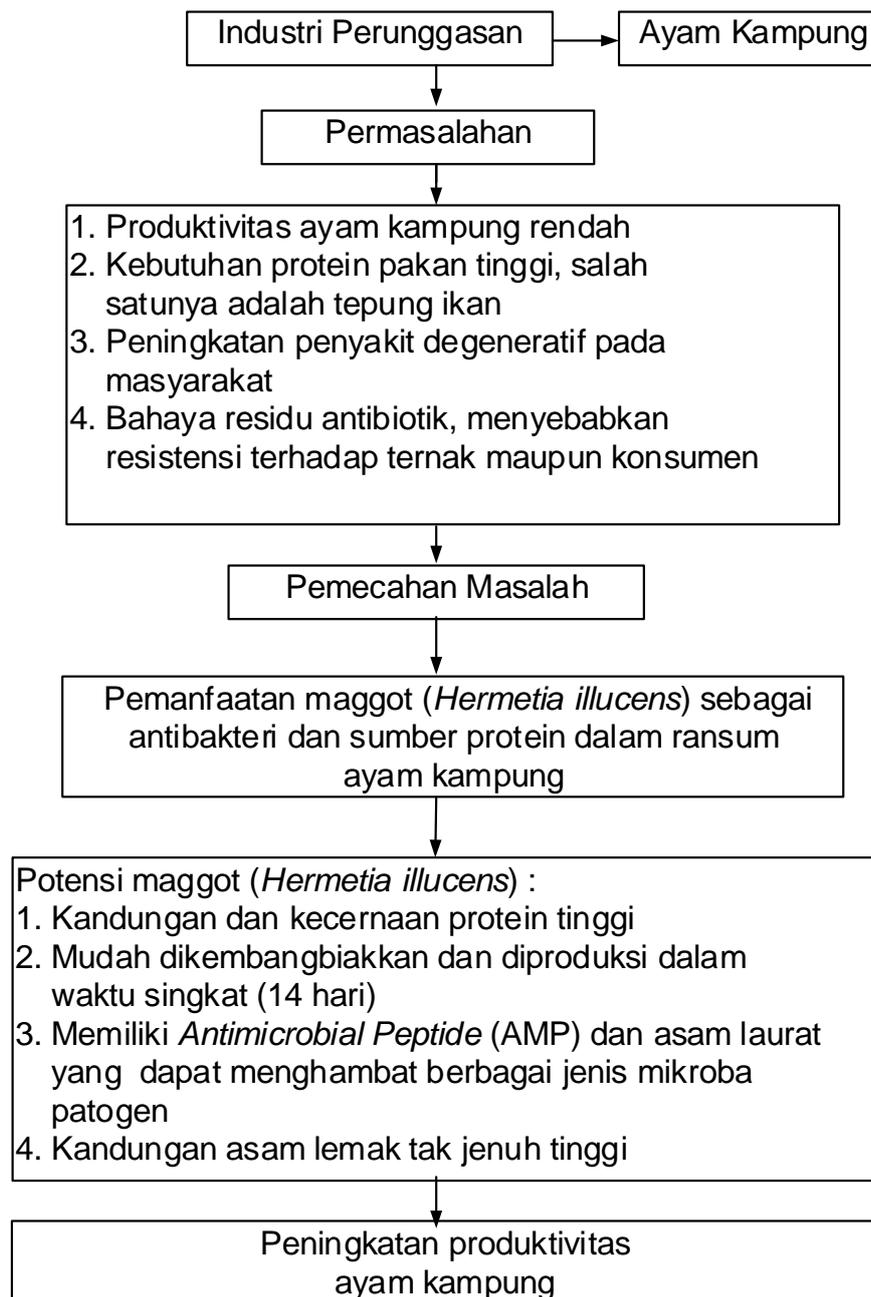
Ayam kampung (ayam buras) merupakan salah satu sumber protein hewani yang berasal dari ternak unggas dan sumber gizi masyarakat yang sangat berperan dalam meningkatkan ketahanan pangan nasional baik dari telur maupun dagingnya. Meskipun tingkat pertumbuhan ayam kampung lebih lama/lambat dari ayam broiler, tetapi ayam kampung dimasa mendatang cukup potensial untuk dikembangkan sebagai usaha agribisnis apabila didukung oleh manajemen pemeliharaan yang sesuai.

Pengobatan dengan antibiotik selain mahal dapat berdampak negatif terhadap kesehatan apabila produk hasil ternak yang dihasilkan mengandung residu. Salah satu permasalahan pada industri perunggasan yaitu kebutuhan protein pada pakan yang semakin tinggi dan pelarangan penggunaan antibiotik pemacu pertumbuhan (*Antibiotic Growth Promoters-AGP*). Pelarangan terhadap penggunaan antibiotik dalam pakan ternak telah meningkatkan perhatian terhadap penggunaan bahan-bahan alami yang aman bagi konsumen. Antibiotik ini berperan dalam menghambat pertumbuhan mikroba patogen, sehingga mempertinggi efisiensi absorpsi dan penggunaan zat-zat makanan serta kesehatan ternak menjadi lebih baik.

Penyakit degeneratif adalah penyakit yang timbul akibat kemunduran fungsi sel dari keadaan normal menjadi lebih buruk. Contohnya antara lain diabetes melitus, stroke, jantung koroner, kardiovaskular, asam urat dan sebagainya. Peningkatan penyakit degeneratif di Indonesia, mendorong untuk mengeksplorasi senyawa-senyawa antioksidan yang berasal dari

tumbuhan atau zat antibiotik alami yang dihasilkan dari hewan/serangga yaitu maggot (*Hermetia illucens*).

Pemanfaatan maggot yang disubstitusi dalam tepung ikan dapat menjadi pakan alternatif bagi ternak unggas. Ditinjau dari segi budidaya, BSF sangat mudah untuk dikembangkan dalam skala produksi massal dan tidak memerlukan peralatan yang khusus. Tahap akhir larva (prepupa) dapat bermigrasi sendiri dari media tumbuhnya sehingga memudahkan untuk dipanen. Kandungan protein pada maggot ini cukup tinggi, yaitu 44,26% dengan kandungan lemak mencapai 29,65%. Karakteristik protein dan asam amino tepung maggot hampir sama dengan tepung ikan. Nilai asam amino, asam lemak dan mineral yang terkandung di dalam larva juga tidak kalah dengan sumber-sumber protein lainnya, dan mengandung *antimicrobial peptida* (AMP) yang menghambat mikroba patogen. Oleh karena itu maggot merupakan bahan baku ideal yang dapat digunakan sebagai pakan alternatif sumber protein inkonvensional dan antibakteri yang dapat meningkatkan produktivitas ayam kampung dan aman residu antibiotik.



Gambar 4. Kerangka Konseptual Penelitian

J. Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah :

1. Tepung maggot (*Hermetia illucens*) mempunyai kandungan nutrisi, komposisi asam amino, asam lemak, daya hambat antibakteri, dan kualitas protein untuk meningkatkan produktivitas ayam kampung.
2. Tepung maggot mampu dapat menggantikan tepung ikan sebagian atau seluruhnya dalam formulasi pakan untuk meningkatkan performa, kualitas karkas, pencernaan nutrisi, perkembangan histomorfologi vili usus halus, aktivitas enzim pankreas dan usus halus serta menurunkan populasi koloni bakteri *Coliform* terkait morfologi saluran pencernaan, yang dapat direkomendasikan sebagai alternatif sumber protein inkonvensional dan AGP dalam pakan yang aman residu antibiotik.