



KAJIAN FERMENTABILITAS DAN KECERNAAN *IN VITRO* BERBAGAI BENTUK TEPUNG JANGKRIK DAN CAMPURANNYA DALAM KONSENTRAT



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

MOHAMMAD MIFTAKHUS SHOLIKIN



**DEPARTEMEN ILMU NUTRISI DAN TEKNOLOGI PAKAN
FAKULTAS PETERNAKAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2017**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul Kajian Fermentabilitas dan Kecernaan *In Vitro* Berbagai Bentuk Tepung Jangkrik dan Campurannya dalam Konsentrat adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Mei 2017

Mohammad Miftakhus Sholikin
NIM D24120053

 **Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)**

Bogor Agricultural U

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

ABSTRAK

MOHAMMAD MIFTAKHUS SHOLIKIN. Kajian Fermentabilitas dan Kecernaan *In Vitro* Berbagai Bentuk Tepung Jangkrik dan Campurannya dalam Konsentrat. Dibimbing oleh DEWI APRI ASTUTI dan ANURAGA JAYANEGARA.

Jangkrik afkir merupakan limbah pembibitan jangkrik yang memiliki protein kasar tinggi, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pakan sumber protein. Penelitian ini memiliki dua tujuan, yang pertama adalah untuk membandingkan berbagai bentuk bahan pakan tepung jangkrik terhadap fermentabilitas dan kecernaan secara *in vitro*, yang kedua adalah untuk mengevaluasi fermentabilitas dan kecernaan konsentrat mengandung tepung jangkrik. Rancangan percobaan menggunakan rancangan acak kelompok dengan tiga kelompok. Perlakuan penelitian tahap pertama adalah B1 (TJU atau tepung jangkrik utuh), B2 (TJRK atau tepung jangkrik rendah kitin), dan B3 (IPTJ atau isolat protein tepung jangkrik). Tahap kedua terdiri atas R0 (kontrol), R1 (konsentrat mengandung 15% TJU), R2 (konsentrat mengandung 30% TJU), dan R3 (konsentrat mengandung 30% TJTK). Bentuk tepung jangkrik (utuh, rendah kitin, dan isolat) tidak mempengaruhi nilai fermentabilitas dan kecernaan di rumen. Tepung jangkrik bersifat mudah difermentasi, hal ini terlihat dari data amonia yang tinggi. Konsentrat R0 dan R1 nyata meningkatkan kecernaan bahan kering dan organik dibandingkan dengan R2 dan R3 ($P<0.05$). Konsentrasi amonia pada R2 dan R3 nyata lebih tinggi dibandingkan R0 dan R1 ($P<0.05$). Disimpulkan bahwa protein tepung jangkrik adalah sumber protein yang mudah didegradasi oleh mikroba rumen. Konsentrat mengandung 15% tepung jangkrik memiliki fermentabilitas dan kecernaan yang terbaik.

Kata kunci: *in vitro*, isolat, kitin, tepung jangkrik

ABSTRACT

MOHAMMAD MIFTAKHUS SHOLIKIN. *In Vitro* Fermentability and Digestibility of Different Kinds of Cricket Meal and the Mixture in the Concentrate. Supervised by DEWI APRI ASTUTI and ANURAGA JAYANEGARA.

Culled cricket was a waste from a breeder that has a high protein content, so it can be used as a protein source. This study had two objectives, the first was to compare the effect of three forms of cricket meal on fermentation and digestion *in vitro*. The second objective was to evaluate the concentrate containing cricket meal on fermentation and digestion *in vitro*. This experiment used randomized complete block design with three replication. The treatment for the first experiment was B1 (whole cricket meal as WCM), B2 (low chitin cricket meal as LCCM), and B3 (isolate protein cricket meal as IPCM). The second experiment consisted of R0 (control), R1 (concentrate containing 15% WCM), R2 (concentrate containing 30% WCM), and R3 (concentrate containing 30% LCCM). There were no significant effects for any cricket meal form on dry matter digestibility (DMD), organic matter digestibility (OMD), ammonia concentration, and total volatile fatty acid (VFA). Meanwhile, in the second experiment, the treatment of R0 and R1 were significantly higher on DMD and OMD, compared to treatment R2 and R3 ($P<0.05$). The concentration of ammonia in R2 and R3 were higher than in R0 and R1 ($P<0.05$). It can be concluded that cricket meal is an ingredient with degradable protein. Concentrate with 15% cricket meal has the best fermentability and digestibility.

Keywords: chitin, cricket meal, *in vitro*, isolate



KAJIAN FERMENTABILITAS DAN KECERNAAN *IN VITRO* BERBAGAI BENTUK TEPUNG JANGKRIK DAN CAMPURANNYA DALAM KONSENTRAT



Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

MOHAMMAD MIFTAKHUS SHOLIKIN

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Peternakan
pada
Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

**DEPARTEMEN ILMU NUTRISI DAN TEKNOLOGI PAKAN
FAKULTAS PETERNAKAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2017**

Bogor Agricultural U



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Judul Skripsi: Kajian Fermentabilitas dan Kecernaan *In Vivo* Berbagai Bentuk Tepung Jangkrik dan Campurannya dalam Konsentrasi
: Mohammad Miftakhus Sholikin
: D24120053

Nama
NIM

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Prof Dr Ir Dewi Apri Astuti, MS

Pembimbing I

(Signature of Prof Dr Ir Dewi Apri Astuti, MS)

Disetujui oleh

Dr Anuraga Javanegara, SPt MSc

Pembimbing II

(Signature of Dr Anuraga Javanegara, SPt MSc)

Diketahui oleh

Prof Dr Ir Banca Dewi MHKS, MS

Ketua Departemen

(Signature of Prof Dr Ir Banca Dewi MHKS, MS)

Bogor Agricultural University

Tanggal Lulus: (31 MAY 2017)



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Maret 2016 ini ialah bahan pakan sumber protein, dengan judul Kajian Fermentabilitas dan Kecernaan *In Vitro* Berbagai Bentuk Tepung Jangkrik dan Campurannya dalam Konsentrat. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk kelulusan dan memperoleh gelar Sarjana Peternakan di Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor.

Tepung jangkrik merupakan bahan pakan dengan protein kasar 58-65% sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pakan sumber protein. Pemanfaatan jangkrik sebagai bahan pakan memiliki keterbatasan, kendala utama penggunaan tepung jangkrik sebagai bahan pakan adalah kandungan kitin cukup tinggi sebesar 7.66%. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas fermentabilitas dan kecernaan *in vitro* berbagai bentuk tepung jangkrik serta campurannya dalam konsentrat. Karya ilmiah ini bermanfaat pada bidang industri pengolahan pakan terutama bahan pakan asal serangga seperti jangkrik, ulat hongkong, dan *black soldier fly* (maggot).

Penulis menyadari penulisan skripsi ini jauh dari kesempurnaan. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pembaca secara umumnya.

Bogor, Mei 2017

Mohammad Miftakhus Sholikin

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	vii
PENDAHULUAN	1
METODE	3
Materi	3
Lokasi dan Waktu	6
Prosedur	6
Rancangan Percobaan dan Analisis Data	10
HASIL DAN PEMBAHASAN	11
Asam Lemak, Asam Amino, dan Kitin pada Jangkrik	11
Fermentabilitas dan Kecernaan Bahan Pakan Tunggal Tepung Jangkrik	13
Fermentabilitas dan Kecernaan Konsentrat Mengandung Tepung Jangkrik	15
SIMPULAN DAN SARAN	18
Simpulan	18
Saran	18
DAFTAR PUSTAKA	18
LAMPIRAN	22

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR TABEL

1 Komposisi nutrien bahan pakan tunggal tepung jangkrik	4
2 Komposisi asam lemak bahan pakan tunggal tepung jangkrik	4
3 Komposisi asam amino bahan pakan tunggal tepung jangkrik	5
4 Formula konsentrat kambing tumbuh dalam persentase bahan kering	6
5 Kandungan kitin kasar tepung jangkrik utuh dan rendah kitin	12
6 Nilai pH rumen, konsentrasi amonia, konsentrasi VFA total, kecernaan bahan kering, dan organik bahan pakan tunggal tepung jangkrik	13
7 Nilai pH rumen, konsentrasi amonia, konsentrasi VFA total, kecernaan bahan kering, dan organik konsentrat mengandung tepung jangkrik	16
8 Estimasi kitin kasar tepung jangkrik utuh dan rendah kitin	28
9 Perhitungan asam lemak dan asam amino bahan pakan tepung jangkrik	29

DAFTAR LAMPIRAN

1 Hasil analisis ragam pH bahan pakan tepung jangkrik	22
2 Hasil analisis ragam NH ₃ bahan pakan tepung jangkrik	22
3 Hasil analisis ragam VFA total bahan pakan tepung jangkrik	22
4 Hasil uji lanjut Duncan VFA total bahan pakan tepung jangkrik	22
5 Hasil analisis ragam kecernaan bahan kering bahan pakan tepung jangkrik	22
6 Hasil analisis ragam kecernaan bahan organik bahan pakan tepung jangkrik	23
7 Hasil analisis ragam pH konsentrat mengandung tepung jangkrik	23
8 Hasil analisis ragam NH ₃ konsentrat mengandung tepung jangkrik	23
9 Hasil uji lanjut Duncan NH ₃ konsentrat mengandung tepung jangkrik	23
10 Hasil analisis ragam VFA total konsentrat mengandung tepung jangkrik	23
11 Hasil analisis ragam kecernaan bahan kering konsentrat mengandung tepung jangkrik	24
12 Hasil uji lanjut Duncan kecernaan bahan kering konsentrat mengandung tepung jangkrik	24
13 Hasil analisis ragam kecernaan bahan organik konsentrat mengandung tepung jangkrik	24
14 Hasil uji lanjut Duncan kecernaan bahan organik konsentrat mengandung tepung jangkrik	24
15 Bagan alir pembuatanan tepung jangkrik utuh dan tepung jangkrik rendah kitin (Sukrillah 2015)	25
16 Bagan alir pembuataan isolat protein tepung jangkrik (Agboola <i>et al.</i> 2005) dan (Souza <i>et al.</i> 2016)	26
17 Pengukuran kitin kasar bahan pakan tunggal tepung jangkrik (Suprijah 2004)	27
18 Estimasi kehilangan kitin kasar produk tepung jangkrik rendah kitin dirurut dari kehilangan protein kasar bahan	28
19 Perhitungan asam lemak dan asam amino bahan pakan tunggal tepung jangkrik	29

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

PENDAHULUAN

Penduduk dunia diprediksi meningkat menjadi 9 miliar pada tahun 2050 (Dzamba 2010). Peningkatan jumlah menduduk menyebabkan bertambahnya kebutuhan pangan terutama pangan asal hewani. Proses penyediaan pangan hewani tak luput dari ketersedian bahan baku pakan. Penggunaan bahan baku pakan sumber protein seperti bungkil kedelai memiliki kekurangan, seperti luasan lahan yang dibutuhkan, jumlah penggunaan air, insektisida, dan pupuk berlebihan yang mampu mengganggu ekosistem tanah. Oleh sebab itu, diperlukan bahan pakan sumber protein alternatif seperti serangga. Serangga memiliki berbagai keunggulan seperti, penggunaan lahan minimal, konsumsi air kurang dari 1 liter untuk memproduksi 1 kg biomassa, konversi pakan sebesar 1.7 kg per kg bobot badan (Dossey *et al.* 2016). Bahan baku pakan sumber protein asal serangga yang potensial dipergunakan di Indonesia adalah jangkrik.

Jangkrik merupakan ternak mini yang sudah lama dibudidayakan oleh masyarakat Indonesia. Jangkrik adalah hewan herbivora yang dimanfaatkan untuk kebutuhan pangan dan farmasi. Sentra peternakan jangkrik di Indonesia tersebar di beberapa kabupaten dan kota seperti, kota Bekasi, daerah istimewa Yogyakarta, kabupaten Bandung, kabupaten Purwodadi, dan kabupaten Tulungagung. Masa produksi jangkrik pendek sekitar satu bulan, input produksi rendah, dan permintaan pasar tinggi, menyebabkan jangkrik populer sebagai ternak mini di kalangan peternak. Pembibitan jangkrik memanfaatkan indukan jangkrik yang telah dewasa tubuh dan kelamin dengan umur lebih dari 50 hari. Indukan akan afkir setelah 4-5 kali fase bertelur atau mengalami penurunan produksi 50%-60%. Indukan afkir tidak dimanfaatkan sebagai bahan baku industri pangan dan farmasi, karena kandungan kitin pada eksoskeleton yang cukup tinggi sekitar 8.5% (Wang *et al.* 2004).

Potensi limbah jangkrik sebagai bahan pakan dilihat dari berbagai aspek yaitu kuantitas, kualitas, dan kontinuitas. Aspek kuantitas, setiap peternak jangkrik memiliki 18-20 kandang pembibitan jangkrik, yang akan menghasilkan 8 kg indukan afkir per kandang setiap 5 hari masa produksi telur (Siswoyo *et al.* 2008). Aspek kualitas, jangkrik memiliki kuantitas dan kualitas nutrien setara bungkil kedelai dan tepung ikan. Prayitno (2005) protein kasar jangkrik kalung (*Gryllus bimakulatus*) sebesar 58%-65% dan lemak kasar 23%. Aspek kontinuitas, jangkrik dapat diperoleh dari limbah industri pembibitan jangkrik berupa indukan afkir.

Tepung jangkrik mengandung asam amino seperti asam aspartat, asam glutamat, serina, histidina, glisina, treonina, arginina, alanina, tirosina, metionina, sisteina, valina, fenilalanina, isoleusina, leusina, dan lisina (Dossey *et al.* 2016). Menurut Prayitno (2005), jangkrik kalung mengandung asam amino sisteina sebesar 46% dari total asam amino. Jangkrik mengandung asam kaproat, asam keprat, asam kaprat, asam laurat, asam muresfat, asam murestoleat, asam palmitat, asam palmitoleat, asam margarat, asam stearat, asam oleat, asam linolenat, asam linoleat, asam arachidat, asam eikosonoat, asam araekhidonat, asam bahanat, asam dokosahesaenoik, dan lignoserik (Dossey *et al.* 2016). Menurut Prayitno (2005), jangkrik kalung mengandung asam stearat sebesar 72.55% dan asam oleat 17.84% dari total asam lemak.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Evaluasi kualitas nutirisi jangkrik pada berbagai ternak monogastrik seperti tikus, unggas, dan ikan air tawar. Menurut Gallaher *et al.* (2000), pakan berbasis kitin dalam ransum tikus dapat menurunkan kolesterol hati dan plasma. Ransum mengandung 5% kitin mampu menurunkan level trigliserida, kolesterol hati, dan kolesterol serum sedangkan level kolesterol fases meningkat, Hal ini disebabkan oleh perubahan kitin menjadi kitosan, yang bersifat seperti gel sehingga mampu membungkus kolesterol dan asam lemak dari proses degradasi dan absorbsi. Hasil penelitian Wang *et al.* (2005) pada ternak unggas, jangkrik (*Gryllus testaceus walker*) memiliki kecernaan asam amino lebih tinggi sebesar 92.9% dibandingkan tepung ikan 91.3%. Penggunaan sumber protein tepung jangkrik (*Gryllus bimaculatus*) pada ransum ikan lele (*Clarias gariepinus*) 100% substitusi tepung ikan di dalam ransum, dapat meningkatkan pertumbuhan serta mengoptimalkan penyerapan nutrien (Taufek *et al.* 2013).

Pemanfaatan limbah jangkrik sebagai bahan pakan memiliki keterbatasan berupa kandungan kitin yang cukup tinggi. Kitin merupakan komponen struktural yang membentuk eksoskeleton organisme insekt, fungi, dan krustasea (Pal *et al.* 2014). Kumari dan Rath (2014) menyatakan bahwa, kitin tidak larut dalam air, larutan basa pekat, larutan asam dan pelarut organik. Kitin tersusun oleh monomer N-asetil-D-glukosamin berikatan β (1-4) (Rochima 2007). Hasil penelitian Sukrillah (2015), uji *in vivo* penggunaan 15% tepung jangkrik di dalam konsentrat domba dapat menurunkan kecernaan, disebakan tingginya kitin. Oktosari (2006), penggunaan 30% limbah udang dalam ransum domba nyata menurunkan kecernaan pakan.

Pengolahan jangkrik diperlukan untuk mengoptimalkan pemanfaatan jangkrik sebagai bahan pakan maupun imbuhan pakan. Tepung jangkrik utuh adalah produk utama pengolahan limbah indukan jangkrik secara mekanik menggunakan mesin penggiling. Produk tepung jangkrik utuh memiliki komponen asam lemak (omega-3 dan omega-6) dan asam amino (metionin dan sistein) yang dominan, sehingga mampu menjaga kinerja organ reproduksi dan dapat meningkatkan asupan nutrien fetus pada ternak bunting (McDonald 2010). Produk tepung jangkrik utuh dapat dimanfaatkan sebagai konsentrat ternak bunting. Tepung jangkrik rendah kitin merupakan hasil penggilingan bagian abdomen dan toraks, yang telah dibuang bagian kepala, sayap, dan kaki (Sukrillah 2015). Produk tepung jangkrik rendah kitin diharapkan memiliki kecernaan pakan tinggi sehingga mampu meningkatkan kecepatan pertumbuhan dan perkembangan organ reproduksi pada ternak muda. Produk tepung jangkrik rendah kitin akseptabel digunakan sebagai pakan *flushing*.

Isolat protein tepung jangkrik adalah tepung jangkrik utuh, yang dimurnikan kandungan proteinnya dengan tahapan delipidasi (Agboola *et al.* 2005), ekstrasi, dan presipitasi (Souza *et al.* 2016). Produk isolat protein tepung jangkrik memiliki kandungan protein dan asam amino yang dominan, terutama asam amino bersulfur seperti metionin dan sistein. Asam amino metionin digunakan sebagai sintesis asam nukleat, asam amino sistein, protein, dan jaringan tubuh (Lehninger 1982). Asam amino sistein digunakan sebagai pembentuk sel darah putih yang berfungsi sebagai salah satu sistem imun (Bender *et al.* 2003). Produk isolat protein tepung jangkrik dapat dimanfaatkan sebagai pakan aditif, berfungsi sebagai imunomodulator pada ternak lepas sapih yang rentan terhadap infeksi penyakit (Rodríguez *et al.* 2009).

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Permasalahannya adalah bahan pakan tepung jangkrik utuh, tepung jangkrik rendah kitin, dan isolat protein tepung jangkrik, serta konsentrat mengandung tepung jangkrik belum banyak diketahui fermentabilitas dan kecernaan pada ternak ruminansia khususnya ternak kambing saat pertumbuhan. Ternak ruminansia pada masa sebelum lepas sapih, setelah sapih, dan menjelang kebuntingan dimana ternak dengan status fisiologis tersebut sangat memerlukan protein tinggi (McDonald 2010 dan Rodríguez *et al.* 2009). Tujuan penelitian adalah menganalisis kualitas fermentabilitas dan kecernaan *in vitro* berbagai bentuk tepung jangkrik utuh, rendah kitin, dan isolat. Penelitian ini juga dilakukan analisis kualitas fermentabilitas dan kecernaan konsentrat mengandung tepung jangkrik utuh dan rendah kitin pada berbagai taraf.

METODE

Materi

Alat

Peralatan yang digunakan untuk pengambilan cairan rumen adalah *stomach tube*, termos, labu Erlenmayer, dan pompa vakum. Peralatan yang digunakan untuk uji kualitas pakan *in vitro* antara lain timbangan analitik, pH meter, tabung fermentor, penutup karet berventilasi, *shaker water bath*, tabung gas CO₂, kertas saring Whatman nomor 41, oven 105°C, eksikator, tanur 600 °C, cawan Conway, labu takar, *centrifuge*, labu destilasi, kondensor, selang pengalir air, penangas, buret, *magnetic stirrer*, dan statif.

Bahan

Bahan yang digunakan antara lain berbagai bentuk tepung jangkrik, konsentrat mengandung tepung jangkrik, dan bahan uji kulitas pakan *in vitro*. Jangkrik hidup diperoleh dari limbah peternakan pembibitan jangkrik kota Bekasi berupa indukan afkir yang telah bertelur 4-5 kali fase bertelur dan mengalami penurunan jumlah produksi telur 50%-60%. Jangkrik kering diolah menjadi tepung jangkrik utuh, tepung jangkrik rendah kitin (Sukrillah 2015), dan isolat protein tepung jangkrik (Agboola *et al.* 2005 dan Souza *et al.* 2016). Tepung jangkrik utuh merupakan seluruh komponen tubuh jangkrik seperti kepala, toraks, abdomen, sayap, dan kaki yang dihaluskan menggunakan penggiling. Jangkrik rendah kitin adalah jangkrik hasil penggilingan bagian toraks dan abdomen yang dibuang bagian kepala, sayap, dan kaki, karena ketiga bagian tersebut merupakan bagian eksoskeleton serangga yang tinggi kandungan kitin. Isolat protein tepung jangkrik merupakan produk jangkrik yang dimurnikan komponen protein dari senyawa nonprotein seperti kitin. Proses pemurnian protein tersebut menyebabkan perubahan komposisi total asam lemak dan total asam amino yang terdapat di dalam produk isolat protein tepung jangkrik. Komposisi nutrien bahan pakan tunggal tepung jangkrik disajikan pada Tabel 1.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Tabel 1 Komposisi nutrien bahan pakan tunggal tepung jangkrik

Bahan pakan	B1	B2	B3
	(%)		
Bahan kering ¹	92.82	91.67	92.78
Abu ¹	4.68	4.77	6.64
Protein kasar ¹	54.09	50.26	61.99
Lemak kasar ¹	26.94	29.47	11.14
Serat kasar ¹	6.93	6.56	1.64
Asam amino ²	19.73	19.19	32.67
Asam lemak ³	21.69	22.04	9.80
Kitin kasar ⁴	7.66	3.50	-
Protein semu ⁵	3.30	1.51	-
BETN	7.36	8.94	18.59
TDN ⁶	78.92	80.79	89.45

B1: tepung jangkrik utuh; B2: tepung jangkrik rendah kitin; B3 isolat protein tepung jangkrik; BETN: bahan ekstrak tanpa nitrogen; ¹Hasil analisis proksimat Laboratorium Pusat Penelitian Sumberdaya Hayati dan Bioteknologi 2016; ^{2, 3, 5}Hasil perhitungan terlampir pada Lampiran 19; ⁴Hasil analisis kitin kasar Laboratorium Nutrisi Ternak Perah 2017; ⁶Hasil estimasi TDN menurut (Wardeh 1981); TDN (*total digestible nutrient*) (%) = -14.8356 + 1.3310(PK %) + 0.7923(BETN %) + 0.9787(LK %) - 0.5133(SK %).

Asam lemak linoleat, palmitat, dan oleat merupakan tiga asam amino dominan yang dikandung oleh jangkrik. Analisis asam lemak menggunakan metode kromatografi gas pada bahan pakan tunggal tepung jangkrik diperoleh data komposisi asam lemak disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Komposisi asam lemak bahan pakan tunggal tepung jangkrik

Asam lemak ¹	B1	B2	B3
	(%)		
Asam laurat	0.03	0.03	0.03
Asam miristat	0.61	0.53	0.44
Asam miristoleinat; ω-3	0.03	0.01	0.00
Asam pentadekanoat	0.06	0.08	0.06
Asam palmitat	24.28	21.28	26.56
Asam palmitoleinat; ω-7	0.59	0.65	0.66
Asam heptadekanoat	0.13	0.21	0.16
Asam cis-10-heptadekanoat	0.06	0.02	0.05
Asam stearat	5.90	6.16	6.80
Asam eladat; ω-9	0.04	0.21	0.11
Asam oleat; ω-9	22.70	20.18	23.26
Asam linoleat; ω-6, ω-9	25.00	24.28	28.00
Asam aracidonat	0.34	0.66	0.55
Asam γ-linolenat; ω-6, ω-9, ω-12	0.07	0.06	0.05
Asam cis-11-eikosenoat	0.59	0.00	0.00
Asam cis-11,14-eikosanoat	0.09	0.05	0.07
Total asam lemak	80.52	74.79	87.97

¹Hasil analisis Laboratorium Kimia Terpadu Institut Pertanian Bogor Baranangsiang 2016.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tiga asam amino yang paling dominan dari jangkrik adalah asam glutamat, asam aspartat, dan histidina. Analisis asam amino menggunakan metode kromatografi cair kinerja tinggi untuk bahan pakan tunggal tepung jangkrik diperoleh data komposisi asam amino disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Komposisi asam amino bahan pakan tunggal tepung jangkrik

Asam amino ¹	B1	B2	B3
	(%)		
Asam aspartat	3.42	3.77	4.84
Asam glutamat	5.05	5.73	6.51
Serina	1.61	2.03	2.51
Histidina	4.31	0.94	1.19
Glisina	2.47	2.38	2.84
Treonina	1.79	1.66	2.21
Arginina	2.68	3.06	3.44
Alinina	3.16	4.06	5.77
Tirosina	2.37	2.85	5.75
Metionina	0.73	0.68	0.97
Valina	2.44	2.66	3.80
Phenilalanin	1.59	1.76	2.49
Isoleusina	1.76	1.87	2.67
Lewisina	2.91	3.31	4.63
Lisina	2.56	2.60	3.07
Total asam amino	38.84	39.37	52.70

¹Hasil analisis Laboratorium Kimia Terpadu Institut Pertanian Baranangsiang 2016.

Pembuatan konsentrat mengandung tepung jangkrik utuh dan rendah kitin diawali dengan penghimpunan data nutrien berbagai bahan pakan onggok, bungkil kelapa, bungkil kedelai, tepung jangkrik utuh, tepung jangkrik rendah kitin, kalsium karbonat, dan premix. Bahan-bahan tersebut diformulasikan menggunakan metode *trial and error* dan mini program *solver* di dalam perangkat lunak *microsoft excel*, mengacu pada kebutuhan nutrien kambing tumbuh menurut NRC (2007). Setelah persentase susunan konsentrat diperoleh maka dilakukan proses pencampuran bahan pakan sebanyak 300 gram untuk setiap susunan konsentrat perlakuan. Formula konsentrat perlakuan disajikan pada Tabel 4.

Uji kualitas pakan *in vitro* menggunakan bahan sebagai berikut, cairan rumen kambing Peranakan etawa (PE) umur 5-6 bulan dari Laboratorium Lapang Nutrisi Ternak Daging dan Kerja Dramaga Bogor, bahan pakan tunggal tepung jangkrik, konsentrat mengandung tepung jangkrik, larutan McDougall, akuades, NaOH, larutan pepsin HCl 0.2%, larutan HgCl₂ jenuh, larutan H₂SO₄ 0.005 N, larutan Na₂CO₃ jenuh, asam borat berindikator merah metil dan hijau bromokressol, larutan HCl 0.5 N, larutan H₂SO₄ 15%, larutan NaOH 0.5 N, dan larutan indikator Penol Ptalein 0.1%.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 4 Formula konsentrat kambing tumbuh dalam persentase bahan kering

Bahan Pakan	Konsentrat			
	R0	R1	R2	R3
Komposisi konsentrat (%)				
Onggok	32.75	32.75	32.75	32.75
Bungkil kelapa	34.43	34.43	34.43	34.43
Bungkil kedelai	30.00	15.00	0.00	0.00
Tepung jangkrik				
Utuh	0.00	15.00	30.00	0.00
Rendah kitin	0.00	0.00	0.00	30.00
CaCO ₃	1.40	1.40	1.40	1.40
Garam	0.71	0.71	0.71	0.71
Premix	0.71	0.71	0.71	0.71
Kandungan nutrien (%)				
Protein kasar ¹	22.25	23.08	24.28	25.79
Lemak kasar ¹	2.79	3.12	3.46	2.44
Serat kasar ¹	7.97	8.64	8.87	8.75
BETN	41.85	38.35	37.23	35.25
TDN ²	71.98	70.19	67.99	67.99
Kalsium ³	0.98	0.91	0.86	0.86
Fosfor ³	0.58	0.39	0.33	0.33

R0: konsentrat kontrol; R1: konsentrat kontrol mengandung 15% tepung jangkrik utuh; R2: konsentrat kontrol mengandung 30% tepung jangkrik utuh; R3: konsentrat kontrol mengandung 30% tepung jangkrik rendah kitin; ¹Hasil analisis proksimat Laboratorium Pusat Penelitian Sumberdaya Hayati dan Bioteknologi 2016, ²Hasil estimasi TDN menurut (Wardeh 1981); ³Hasil perhitungan nutrien konsentrat.

Lokasi dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Lapang Nutrisi Ternak Daging dan Kerja dan Laboratorium Nutrisi Ternak Perah, Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan. Penelitian dilaksanakan dari bulan Maret 2016 sampai bulan Mei 2016.

Prosedur

Pengeringan Jangkrik

Proses pengeringan jangkrik sebagai berikut, jangkrik dari limbah peternakan pembibitan jangkrik dimatikan (dibekukan selama ± 12 jam) kemudian dicairkan dan dijemur selama 2-3 hari selanjutnya dikeringkan menggunakan oven suhu 50-55°C selama 2 hari.

Pengolahan Tepung Jangkrik Utuh

Pengolahan tepung jangkrik utuh sebagai berikut. Jangkrik kering digiling menggunakan mesin penggiling, kemudian disaring menggunakan penyaring mash 100. Alur produksi tepung jangkrik utuh terlampir pada Lampiran 15.

- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Pengolahan Tepung Jangkrik Rendah Kitin (Sukrillah 2015)

Pengolahan tepung jangkrik rendah kitin berdasarkan (Sukrillah 2015). Jangkrik kering dipisahkan dari kepala, kaki, dan sayap, kemudian bagian toraks dan abdomen digiling menjadi tepung jangkrik rendah kitin. Tepung jangkrik rendah kitin disaring menggunakan penyaring mash 100. Alur produksi tepung jangkrik rendah kitin terlampir pada Lampiran 15.

Pengolahan Isolat Protein Tepung Jangkrik (Agboola *et al.* 2005) dan (Souza *et al.* 2016)

Tahapan pengolahan isolat protein tepung jangkrik adalah delipidasi, ekstraksi, dan presipitasi. Delipidasi merupakan proses penghilangan lemak (Agboola *et al.* 2005). Jangkrik kering digiling menggunakan penggilingan dan disaring menggunakan penyaring 100 mash. Proses berikutnya pelarutan tepung jangkrik menggunakan n-heksana teknis (1:4) b/v dan dihomogenkan selama 30 menit. Campuran tersebut kemudian disentrifugasi 5000 rpm pada suhu 4°C hingga dihasilkan pelet 1. Pelet 1 kemudian dibiarkan 24 jam diruang asam.

Isolasi protein berdasarkan metode ekstrasi dan presipitasi Souza *et al.* (2016). Pelet dilarutkan pada kondisi pH netral dan diubah menuju pH basa (12) menggunakan NaOH 2 N selama 1 jam. Fraksi-fraksi terlarut diendapkan berdasarkan mekanisme presipitasi pada pH isoelektrik (7) menggunakan HCl 2 N dan didiamkan selama 30 menit di ruang asam (Souza *et al.* 2016). Pelet 1 disenstrifugasi 5000 rpm pada suhu 4°C hingga dihasilkan pelet 2. Pelet 2 direndam dalam akuades selama 15 menit. Pelet 2 disenstrifugasi 5000 rpm pada suhu 4°C hingga dihasilkan pelet 3. Pelet 3 dikeringkan pada suhu 50-55°C selama 8 jam, kemudian digiling diperoleh isolat protein tepung jangkrik. Alur produksi isolat protein tepung jangkrik terlampir pada Lampiran 16.

Analisis Komposisi Kimia Pakan

Kandungan nutrien yang diamati adalah kadar air dengan pemanasan pada oven 105°C dan kadar abu dengan pengabuan kering 600°C (AOAC 2005), protein kasar dengan metode *Kjeldhal* (AOAC 2005), lemak kasar metode *Soxlet* (AOAC 2005), serat kasar dengan metode *Digestion* (AOAC 2005), dan bahan ekstrak tanpa nitrogen dihitung sebagai selisih kandungan kerbohidrat dengan serat kasar.

Analisis Kandungan Kitin Kasar (Suptijah 2004)

Kandungan kitin kasar pada bahan pakan tepung jangkrik dapat dianalisis berdasarkan metode pembuatan kitin (Suptijah 2004) yang ditambahkan metode lanjutan untuk menentukan persentase kitin kasar pada bahan. Sebanyak 1 gram bahan pakan tepung jangkrik direndam HCl 1.5 N (1:7 b/v) selama 1-3 hari kemudian dipanaskan pada suhu 90 °C selama 1 jam proses ini dinamakan demineralisasi (penghilangan mineral). Langkah berikutnya adalah proses deproteinasi (penghilangan protein) dengan merendam sampel di dalam NaOH 3.5 N (1:10 b/v) selama 1 jam pada suhu 90 °C. proses selanjutnya adalah netralisasi, kemudian dilakukan proses depigmentasi dengan menggunakan larutan H₂O₂ 1% dan NaOCl 1% untuk memisahkan kitin kasar dari zat warna. Kitin kasar yang mengendap disaring menggunakan pompa vakum dan kertas saring Whatman nomor 41. Analisis kandungan kitin kasar terlampir pada Lampiran 17.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Perjanjian

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Kitin kasar hasil penyaringan dikeringkan pada suhu 105°C selama 12 jam atau sampai mencapai berat konstan. Rumus perhitungan presentase kitin kasar pada bahan adalah seperti berikut.

$$\% \text{Kitin kasar} = (\text{BO}-\text{BC}-\text{BKW}) \times \text{BS}^{-1} \times 100\%$$

Keterangan:

BO : berat setelah di oven 105°C (gram)

BC : berat cawan (gram)

BKW : berat kertas Whatman nomor 41 (gram)

BS : berat sampel (gram)

Analisis Asam Lemak dan Asam Amino (AOAC 2005)

Kandungan asam lemak dan asam amino jangkrik berdasarkan metode kromatografi menggunakan GC (*gas chromatography*) dan HPLC (*high pressure liquid chromatography*) (AOAC 2005). Prinsip kerja GC adalah dengan penentuan asam lemak bedasarkan titik didih senyawa pada kolom, disebabkan setiap jenis asam lemak memiliki titik didih yang berbeda berdasarkan panjang rantai ikatannya dan ada tidaknya ikatan rangkap dikarenakan sifat fisikokimia masing-masing senyawa tersebut. Hasil pengukuran asam lemak GC akan dibandingkan dengan standar baku senyawa asam lemak untuk mengetahui jenis asam lemak dan dihitung kuantitas asam lemak yang terdeteksi. Pengukuran asam amino menggunakan HPLC, kolom HPLC dirancang untuk mengukur sifat fisikokimia larutan berupa kerapatan dan tekanan. Perbedaan sifat fisikokimia asam amino akan dibaca pada detektor dan data pembacaan akan masuk ke dalam basis data. Data hasil pembacaan HPLC dibandingkan dengan standar baku senyawa asam amino untuk mengetahui jenis asam amino dan dihitung kuantitas asam amino yang terdeteksi.

Pengambilan Cairan Rumen (Preston 1986)

Cairan rumen yang digunakan berasal dari tiga ekor kambing jantan Peranakan Etawa dengan waktu pengambilan cairan rumen dijadikan sebagai kelompok percobaan. Cairan rumen diambil menggunakan metode *stomach tube* (Preston 1986). Cairan rumen diambil pada jam ke-4 setelah pemberian pakan menggunakan *stomach tube* dan pompa vakum. Sampel cairan rumen yang diambil diukur nilai pH dengan pH meter, kemudian disaring dengan 4 lapis kain kasa (kain saringan) dan cairan rumen yang bening dimasukkan ke dalam tabung reaksi lalu disimpan dalam termos suhu 38-39°C.

Pembuatan Larutan McDougall (Tilley dan Terry 1963)

Metode yang digunakan untuk pembuatan larutan penyangga McDougall menurut Tilley dan Terry (1963). Bahan yang digunakan untuk pembuatan McDougall sebanyak 6 liter adalah 58.8 g NaHCO₃, 42 g Na₂HPO₄·7H₂O, 3.42 g KCl, 2.82 g NaCl, 0.72 g MgSO₄·7H₂O dan 5 liter akuades. Bahan-bahan tersebut dicampur dan dilarutkan, kemudian ditambahkan 0.24 g CaCl₂ sambil diaduk dengan konstan. Leher labu dibersihkan dengan akuades sampai permukaan air mencapai tanda tera. Larutan tersebut dialiri gas CO₂ secara perlahan sampai pH larutan menjadi 7, kemudian larutan buffer tersebut dimasukkan ke dalam tabung fermentor sebanyak 40 ml.

Pencernaan Fermentatif (Tilley dan Terry 1963)

Pencernaan fermentatif menggunakan metode Tilley and Terry (1963) tabung fermentor diisi dengan 0.5 g sampel, 40 ml larutan McDougall, dan 10 ml cairan rumen kambing PE ditutup dengan karet berventilasi dan diinkubasi selama 48 jam. Tabung fermentor diinkubasi di dalam *shaker water bath* dalam kondisi anaerob.

Pengukuran Konsentrasi NH₃ (Conway 1957)

Pengukuran konsentrasi NH₃ Conway (1957), supernatan diambil dari proses pencernaan fermentatif yang dilakukan selama 4 jam. Cawan Conway yang telah diberikan lapisan vaselin dan ditambahkan 1 ml larutan Na₂CO₃ jenuh ditempatkan pada ujung cawan dan sebanyak 1 ml supernatan ditempatkan pada ujung lainnya. Larutan Na₂CO₃ jenuh bersebelahan dengan supernatan (tidak bolih bercampur). Larutan asam borat berindikator (warna merah) sebanyak 1 ml ditempatkan di tengah cawan Conway. Cawan Conway lalu ditutup rapat hingga kedap udara, larutan Na₂CO₃ dicampur dengan supernatan hingga merata. Cawan dibarkan dalam suhu kamar selama 24 jam, kemudian asam borat berindikator (warna biru) dititrasi dengan larutan H₂SO₄ 0.005 N sampai terjadi perubahan warna dari biru menjadi merah. Konsentrasi NH₃ dihitung berdasarkan rumus berikut.

$$\text{NH}_3 (\text{mM}) = (\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ ml} \times \text{N H}_2\text{SO}_4 \times 1000) \times (\text{BS} \times \% \text{BKS})^{-1}$$

Keterangan:

- N : normalitas
BS : berat sampel (gram)
BKS : bahan kering sampel

Pengukuran VFA Total (Krooman *et al.* 1967)

Pengukuran konsentrasi VFA ditentukan menggunakan metode destilasi uap. Supernatan sebanyak 5 ml dan H₂SO₄ sebanyak 1 ml dimasukkan ke dalam tabung destilasi. *Erlenmeyer* berisi 5 ml NaOH 0.5 N diletakan pada bagian bawah kondensor untuk menampung larutan hasil destilasi. Setelah cairan destilasi terisi sebanyak 250 ml, larutan *phenoptalien* ditambahkan sebanyak 2 tetes sebagai indikator dan dititrasi dengan HCl 0.5 N. Produksi VFA total dapat dihitung menggunakan rumus.

$$\text{VFAt} (\text{mM}) = ((\text{TB}-\text{TC ml}) \times \text{N HCl} \times \text{fk}) \times (\text{BS} \times \% \text{BKS})^{-1}$$

Keterangan:

- VFAt: *volatile fatty acid* total
TB : titran blanko
TC : titran contoh
N : normalitas
fk : faktor koreksi = 1000×5^{-1} (mililiter)
BS : berat sampel (gram)
BKS : bahan kering sampel

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Pengukuran Kecernaan Bahan Kering dan Organik (Tilley dan Terry 1963)

Pengukuran kecernaan bahan kering dan organik dilakukan setelah proses inkubasi selama 2 kali 48 jam (Tilley dan Terry 1963). Prosedur pengukuran kecernaan sebagai berikut. Tutup tabung fermentor dibuka lalu ditetesi $HgCl_2$ untuk membunuh mikroba setelah 48 jam. Sampel diendapkan menggunakan *centrifuge* kecepatan 4000 rpm selama 10 menit, endapan yang telah terpisah ditambahkan 50 ml larutan pepsin HCl 0.2%. Campuran ini diinkubasi kembali selama 48 jam. Subtrat hasil inkubasi kemudian disaring dengan Whatman nomor 41 menggunakan pompa vakum dan akuades panas. Rendemen beserta kertas saring dimasukkan ke dalam cawan porselen dikeringkan dalam oven 105°C selama 24 jam atau sampai mencapai berat konstan. Cawan porselen dikeluarkan dan dimasukkan ke dalam eksikator selama 15 menit, lalu ditimbang untuk mengetahui bobot total setelah oven. Cawan porselen dimasukkan ke dalam tanur selama 6 jam pada suhu 450-600°C. Cawan dikeluarkan dan dimasukkan ke dalam eksikator selama 15 menit, kemudian ditimbang untuk mengetahui bobot total setelah tanur. Koefisien bahan kering (KCBK) dan koefisien cerna bahan organik (KCBO) dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\%KCBK = (BK \text{ Sampel} - (BK \text{ Residu-BK Blanko})) \times BK \text{ Sampel}^{-1} \times 100\%$$

$$\%KCBO = (BO \text{ Sampel} - (BO \text{ Residu-BO Blanko})) \times BO \text{ Sampel}^{-1} \times 100\%$$

Keterangan:

BK : bahan kering (gram)

BO : bahan organik (gram)

Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Perlakuan

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap penilitian. Penelitian tahap pertama menggunakan cairan rumen kambing PE umur 5-6 bulan dengan 3 kelompok dan 3 perlakuan. Perlakuan antara lain:

B1 : tepung jangkrik utuh

B2 : tepung jangkrik rendah kitin

B3 : isolat protein tepung jangkrik

Penelitian tahap kedua menggunakan cairan rumen kambing PE umur 5-6 bulan dengan 3 kelompok dan 4 perlakuan. Perlakuan antara lain:

R0 : kontrol

R1 : konsentrasi kontrol mengandung 15% tepung jangkrik utuh

R2 : konsentrasi kontrol mengandung 30% tepung jangkrik utuh

R3 : konsentrasi kontrol mengandung 30% tepung jangkrik rendah kitin

Rancangan Percobaan

Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok dengan 3 perlakuan pada eksperimen pertama dan 4 perlakuan pada eksperimen kedua serta 3 kelompok pada masing-masing eksperimen. Model matematik dari rancangan percobaan penelitian (Mattjik dan Sumertajaya 2013).

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Keterangan:

Y_{ij} : nilai pengamatan pada satuan percobaan ke-i dan ulangan ke-j

μ : rataan umum

τ_i : pengaruh perlakuan ke-i

β_j : pengaruh kelompok ke-j

ϵ_{ij} : pengaruh acak pada perlakuan ke-i dan kelompok ke-j

Analisis Data

Data hasil penelitian dianalisis ragam dan bila bedanya dilanjutkan uji Duncan untuk melihat perbedaan rata-rata nilai tengah antar perlakuan (Mattyk dan Sumertajaya 2013).

Peubah yang Diamati

Peubah yang diamati meliputi pH rumen, fermentabilitas (konsentrasi amonia dan konsentrasi VFA total), dan kecernaan (bahan kering dan organik).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Asam Lemak, Asam Amino, dan Kitin pada Jangkrik

Hasil analisis kandungan asam lemak jangkrik, diperoleh kandungan asam linoleat, palmitat, dan oleat berturut-turut 25.00%, 24.28%, dan 22.70% dari 80.52% total asam lemak yang terkandung dari proporsi lemak kasar jangkrik. Hal ini sesuai dengan Dossey *et al.* (2016), bahwa jangkrik rumah dewasa (*Acheta domesticus*) mengandung asam linoleat 11.00%, palmitat 15.60% dan oleat 6.40% lebih dominan dari asam lemak lainnya dari total asam lemak. Hal tersebut terkait dengan jenis, umur fisiologis, dan pakan ternak jangkrik. Asam linoleat merupakan salah satu asam amino esensial yang sering disebut asam lemak omega-6. Piliang dan Djojosoebagio (2006) mengungkapkan bahwa, di dalam hati asam-asam lemak rantai panjang dibuat menjadi lebih panjang dan jenuh, yaitu dengan cara dirubah menjadi asam lemak yang berbeda. Misalnya asam stearat (18:0) diubah menjadi oleat (18:1) dan asam linoleat (18:2) diubah menjadi asam arakidonat (20:4). Menurut Kuchel dan Ralston (2002), asam linoleat diubah menjadi asam arakidonat melalui reaksi fosfatidikolin, selanjutnya asam arakidonat terhidroksi menjadi prostaglandin G₂ (PGG₂). Prostaglandin dengan enzim peroksidase diubah menjadi prostaglandin H₂ (PGH₂), prostaglandin H₂ berfungsi sebagai pertumbuhan normal, pemacu kesehatan, menjaga fase menstruasi, menstimulasi kontraksi otot licin, luteolisa, menjaga kehamilan, dan kelahiran (Feradish 2010; Kuchel dan Ralston 2002; Piliang dan Djojosoebagio 2006).

Analisis kandungan asam amino jangkrik, terdapat tiga komponen dominan asam amino yaitu asam glutamat 5.05%, histidina 4.31%, dan asam aspartat 3.42% dari 38.84% total asam amino. Asam glutamat dan asam aspartat merupakan asam amino nonesensial karena mampu disintesis oleh tubuh dengan prekursor α -ketoglutarat dan oxaloasetat dari asam amino glukogenik (Nelson dan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Program

Agricultural U

Cox 2008). kedua asam amino tersebut dibentuk di dalam hati dengan bantuan enzim aspartatamino transferase (AST). Asam glutamat dan aspartat terlibat dalam fungsi sistem kekebalan tubuh dengan meningkatkan produksi imunoglobulin dan pembentukan antibodi. Asam aspartat membentuk struktur *heavy chain domains* VH, CH1, dan CH3 atau CH4 dalam subunit imunoglobulin (Wurzburg *et al.* 2000). Histidina merupakan asam amino esensial yang berfungsi sebagai pembentuk struktur heme pada hemoglobin dan myoglobin (Nelson dan Cox 2008). Helix F mengikat Fe pada terminal histidina membentuk proximal histidin heme (Thom *et al.* 2013). Menurut Giallongo *et al.* (2017), ternak sapi yang diberikan diet defisien histidina pada saat laktasi akan menurunkan konsumsi pakan, produksi susu, dan protein susu. Hal tersebut diikuti dengan menurunnya kandungan hemoglobin pada darah dan histidina bebas pada otot. Kandungan kitin kasar dan estimasi kitin kasar disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Kandungan kitin kasar tepung jangkrik utuh dan rendah kitin

Bahan pakan	----- (%) -----			
	B1		B2	
Bahan kering	92.82 ¹	100.00 ³	91.67 ¹	100.00 ³
Protein kasar	54.09 ¹	58.27 ³	50.26 ¹	54.83 ³
Kitin kasar	7.66 ²	8.25 ³	3.50 ²	3.81 ³
Estimasi kitin kasar	7.34	8.01 ³	0.23	0.25 ³

B1: tepung jangkrik utuh; B2: tepung jangkrik rendah kitin; ¹Hasil analisis proksimat Laboratorium Pusat Penelitian Sumberdaya Hayati dan Bioteknologi 2016; ²Hasil analisis kandungan kitin kasar Laboratorium Nutrisi Ternak Perah 2017; ³Hasil konversi nutrien ke dalam 100% BK.

Kitin kasar diperoleh berdasarkan sifat kimia kitin kasar yaitu, merupakan komponen karbohidrat struktural dari insekt yang tidak larut dalam HCl 1 N dan NaOH 3 N pada suhu 90°C. Kitin kasar menggambarkan nilai kandungan kitin dari tepung jangkrik. Kandungan kitin kasar jangkrik kering setara dengan kandungan kitin kasar tepung jangkrik utuh sebesar 7.66%. Hal ini sesuai dengan Wang *et al.* (2004), kandungan kitin jangkrik sebesar 8.5%. Kandungan kitin yang berbeda pada insekt disebabkan oleh perbedaan spesies, umur, dan lingkungan.

Estimasi kitin kasar diperoleh berdasarkan prinsip koreksi kandungan nitrogen pada monomer asam amino dan monomer N-asetil-glukosamin yang masing-masing mengandung jumlah nitrogen sebanyak 1 mol. Kandungan kitin kasar yang hilang pada pengolahan tepung jangkrik rendah kitin dapat diketahui dengan estimasi kandungan protein kasar yang kurang dari produk tepung jangkrik utuh dan tepung jangkrik rendah kitin. Kandungan kitin kasar yang hilang dari tepung jangkrik rendah kitin sebesar 7.34%. Jika protein kasar tepung jangkrik utuh setara dengan kandungan protein kasar jangkrik kering maka protein kasar yang hilang dari tepung jangkrik rendah kitin sebesar 3.45% dari 100% total bahan kering. Pengolahan mekanik jangkrik menjadi tepung jangkrik rendah kitin efektif menghilangkan kitin kasar dari bahan baku jangkrik. Perhitungan kehilangan kitin kasar terlampir pada Lampiran 18.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Fermentabilitas dan Kecernaan Bahan Pakan Tunggal Tepung Jangkrik

Analisis ragam perlakuan bahan pakan tepung jangkrik tidak memberikan perbedaan nyata terhadap pH rumen, konsentrasi amonia, kecernaan bahan kering, dan organik pada bahan pakan tunggal tepung jangkrik. Bahan pakan tunggal tepung jangkrik nyata ($P<0.05$) mempengaruhi konsentrasi VFA total. Nilai pH rumen, konsentrasi amonia, konsentrasi VFA total, kecernaan bahan kering, dan organik bahan pakan tunggal tepung jangkrik disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6 Nilai pH rumen, konsentrasi amonia, konsentrasi VFA total, kecernaan bahan kering, dan organik bahan pakan tunggal tepung jangkrik

Parameter	Kedelai	Perlakuan ^a		
		B1	B2	B3
Nrai pH	6.85 ¹	6.80±0.17	6.87±0.15	6.97±0.21
NH ₃ (mM)	15.26 ²	17.46±4.23	18.32±4.35	17.30±5.59
VFA total (mM)	103.18 ²	155.71±4.02b	164.69±1.40a	156.46±0.45b
Kecernaan				
Bahan kering (%)	81.83 ¹	72.85±2.91	74.83±2.32	75.50±0.31
Bahan organik (%)	-	71.95±3.23	73.99±2.26	73.74±0.48

B1: tepung jangkrik utuh; B2: tepung jangkrik rendah kitin; B3 isolat protein tepung jangkrik;

^aAngka-angka pada baris yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji selang berganda Duncan); ¹Sari (2016); ²El-Waziry *et al.* (2005) pengukuran NH₃ dan VFA pada jam ke-3.

Nilai pH menggambarkan lingkungan rumen yang dipengaruhi oleh pakan. Nilai pH optimal untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroba rumen berada pada rentang 6-7 (Church dan Pond 1988). Kestabilan pH dipengaruhi oleh kalsium bikarbonat, fosfat, protein, karbohidrat, dinding sel tanaman, dan akumulasi pembentukan asam lemak terbang (Russell *et al.* 2009). Menurut Hungate (1969), produksi laktat oleh *Streptococcus bovis* dapat menurunkan pH, karena proses akumulasi pembentukan asam laktat dari bahan pakan tinggi karbohidrat terlarut terlalu cepat, namun proses perubahan menjadi asetat, fumarat dan etanol yang lambat. Bahan pakan tunggal tepung jangkrik tidak mempengaruhi kestabilan pH rumen terutama isolat protein tepung jangkrik, walaupun kandungan BETN bahan pakan tersebut cukup tinggi sebesar 18.59%.

Pakan yang masuk ke dalam rumen akan mengalami degradasi oleh enzim mikroba rumen dan diubah menjadi VFA, amonia, dan metan melalui proses fermentasi anaerob (McDonald *et al.* 2010). Pengukuran produksi amonia digunakan untuk menduga banyaknya protein pakan yang terdegradasi oleh mikroba rumen. Menurut Sunarso (1984) konsentrasi NH₃ dipengaruhi oleh sumber N, laju degradasi protein, dan absorpsi NH₃. Jumlah NH₃ yang dapat digunakan oleh mikroba rumen tergantung kepada jumlah dan laju pertumbuhannya.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Menurut McDonald (2010), dalam menunjang kebutuhan sintesis protein mikroba seekor ternak ruminansia memerlukan amonia sebesar 6-21 mM, berdasarkan pengukuran pada jam keempat setelah mengonsumsi pakan. Produksi amonia bahan pakan tepung jangkrik cukup tinggi berkisar antara 17.30-18.32 mM jika dibandingkan dengan kedelai. Hal ini menunjukkan bahwa sifat protein dari bahan pakan tepung jangkrik mudah didegradasi oleh mikroba rumen dan kandungan protein kasar bahan juga tinggi. Sejalan dengan Cahyani *et al.* (2012), semakin tinggi degradasi protein kasar dalam rumen, maka konsentrasi NH₃ akan meningkat, demikian pula sebaliknya semakin rendah degradasi protein kasar, maka konsentrasi NH₃ rumen akan menurun. Kemudahan degradasi protein kasar tepung jangkrik utuh dan rendah kitin mampu meningkatkan produksi protein mikroba, namun asam amino dan asam lemak esensial akan ikut terombak di dalam rumen. Oleh karenanya, penggunaan tepung jangkrik utuh dan rendah kitin pada ternak ruminansia perlu diperhatikan. Produk pakan tersebut tepat diberikan kepada ternak yang memerlukan kebutuhan nutrisi tinggi dan perkembangan rumen yang belum optimal. Sifat *degradable* dari isolat protein tepung jangkrik dapat menurunkan utilitasnya sebagai imunomodulator. Penggunaan produk isolat protein tepung jangkrik pada ternak ruminansia, diperlukan pengolahan lebih lanjut seperti enkapsulasi agar produk tersebut terhindar dari proses degradasi.

Pengukuran produksi VFA digunakan sebagai tolak ukur kecukupan energi yang dibutuhkan oleh ternak ruminansia untuk berproduksi. Sumber karbohidrat baik berupa serat kasar, pati, dan gula di dalam pakan akan dirombak menjadi monosakarida oleh enzim ekstraseluler mikroba rumen, selanjutnya glukosa dirubah menjadi asam asetat, propionat, butirat, isobutirat, valerat, isovalerat, metan, dan karbon dioksida (Sutardi 1979). Menurut Sutardi (1980), bahwa penggunaan NH₃ untuk sintesis protein mikroba diperlukan ketersediaan karbohidrat yang mudah difermentasi, sehingga untuk mensintesis protein mikroba yang optimal diperlukan keseimbangan VFA dan NH₃.

Menurut Suryaprata (1999), konsentrasi VFA total yang dibutuhkan ternak ruminansia untuk tumbuh normal yaitu berkisar 80-160 mM empat jam setelah mengonsumsi pakan. Kisaran VFA total bahan pakan tepung jangkrik adalah 139.27-164.69 mM lebih tinggi jika dibandingkan dengan kedelai. VFA total bahan pakan tepung jangkrik rendah kitin dan isolat protein tepung jangkrik tinggi. Hal ini disebabkan sumber kerangka karbon untuk membentuk VFA dari (BETN), lemak kasar, dan protein kasar bahan pakan tersebut cukup tinggi. Komponen lemak kasar pada bahan pakan tepung jangkrik utuh dan rendah kitin tinggi sebesar 26.94% dan 29.47%, serta tingginya komponen asam stearat sebesar 72.55% (Prayitno 2005). Hal tersebut dapat menurunkan produksi VFA total. Menurut Vernon (1977), penurunan produksi asetat dipengaruhi oleh aktivitas inhibitor dari asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh. Aktivitas inhibitor tetinggi sampai terendah berturut-turut adalah asam stearat, palmitat, dan linoleat. Aktivitas inhibitor dari asam lemak tidak terlihat dari penelitian ini terbukti dari tingginya nilai VFA total yang dihasilkan, kemungkinan disebabkan oleh perubahan kitin menjadi kitosan. Kitosan bersifat seperti gel yang mampu membungkus kolesterol dan asam lemak dari proses degradasi dan absorpsi di saluran pencernaan (Gallaher *et al.* 2000). Produksi VFA total yang tinggi dari tepung jangkrik rendah kitin dapat meningkatkan ketersediaan energi ketika digunakan sebagai konsentrat ternak bunting dan *flushing*.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Kecernaan bahan kering dan organik dapat dijadikan indikator jumlah bahan pakan yang dirombak oleh mikroba rumen dan dihidrolisis oleh enzim pencernaan pasca rumen. Rataan kecernaan bahan kering tepung jangkrik berkisar antara 72.85%-75.50%. Jika dibandingkan dengan kecernaan bahan kering bungkil kedelai 82.30% (Sari 2016) dan tepung ikan 66% (Tuwiria *et al.* 2005) kecernaan tepung jangkrik cukup tinggi. Kecernaan bahan kering dipengaruhi oleh komponen serat kasar, tingginya serat kasar bahan pakan akan menurunkan kecernaannya. Kecernaan bahan organik berbanding lurus dengan kecernaan bahan kering. Kecernaan bahan organik akan meningkat, jika kandungan nutrien tercerna seperti lemak, protein, dan bahan ekstrak tanpa nitrogen dalam pakan tinggi (Elita 2006). Kecernaan tinggi pada produk tepung jangkrik utuh dan rendah kitin menggambarkan bahwa bahan pakan tersebut akseptabel jika diberikan pada ternak bunting dan muda.

Bahan pakan tunggal tepung jangkrik memiliki kualitas fermentabilitas dan kecernaan cukup tinggi dibandingkan bungkil kedelai dan tepung ikan. Tepung jangkrik utuh dengan kandungan asam amino dan asam lemak esensial dapat dimanfaatkan sebagai konsentrat ternak bunting, namun perlu ditambahkan bahan pakan sumber karbohidrat seperti onggok untuk meningkatkan produksi VFA total. Tepung jangkrik rendah kitin memiliki kecernaan tinggi sehingga bahan pakan tersebut dapat memacu kecepatan pertumbuhan jaringan dan perkembangan organ reproduksi ternak muda. Isolat protein tepung jangkrik mudah didegradasi oleh mikroba rumen, hal ini menyebabkan komponen protein terkonsentrasi pada produk tersebut, sebagian besar akan dirombak oleh mikroba rumen. Penggunaan isolat protein tepung jangkrik sangat tidak tepat jika dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak ruminansia yang telah berkembang rumennya, akan tetapi produk tersebut dapat dimanfaatkan sebagai aditif pakan seperti imunomodulator pada ternak lepas sapi yang masih belum berkembang rumennya dan rentan terhadap penyakit terutama diare.

Fermentabilitas dan Kecernaan Konsentrat Mengandung Tepung Jangkrik

Konsentrat perlakuan yang mengandung berbagai taraf tepung jangkrik menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata terhadap pH dan konsentrasi VFA total. Analisis ragam menunjukkan bahwa terdapat perbedaan sangat nyata ($P<0.01$) konsentrat perlakuan terhadap konsentrasi amonia, kecernaan bahan kering, dan bahan organik. Nilai pH rumen, konsentrasi amonia, konsentrasi VFA total, kecernaan bahan kering, dan organik konsentrat mengandung tepung jangkrik disajikan pada Tabel 7.

Nilai pH rumen menurut Owens dan Bergen (1983) 5.5 sampai 7.6 pada kondisi normal. Pakan konsentrat, tinggi kandungan nutrien seperti protein dan karbohidrat terlarut dapat memicu timbulnya asidosis, disebabkan produksi asam laktat yang cepat namun konversi menjadi asetat, format, dan etanol yang lambat. Pembentukan asam laktat dipicu oleh kandungan karbohidrat terlarut dari BETN. Konsentrat mengandung tepung jangkrik utuh dan rendah kitin dengan kandungan yang BETN rendah, tidak mengaggu kestabilan pH sehingga jika konsentrat tersebut diberikan dalam bentuk ransum seimbang tidak akan menyebabkan asidosis pada ternak.

Tabel 7 Nilai pH rumen, konsentrasi amonia, konsentrasi VFA total, kecernaan bahan kering, dan organik konsentrat mengandung tepung jangkrik

Parameter	Perlakuan ^a			
	R0	R1	R2	R3
Nilai pH	6.73±0.06	6.77±0.06	6.87±0.21	6.73±0.12
NH ₃ (mM)	4.87±0.26c	6.16±0.54b	7.07±0.95a	6.98±0.51a
VFA total (mM)	152.93±0.93	146.10±14.47	146.79±14.97	152.87±2.40
Kecernaan				
Bahan kering (%)	77.89±1.61a	75.75±3.16a	69.37±1.45b	71.34±3.60b
Bahan organik (%)	83.75±2.37a	81.66±3.75a	74.46±1.44b	77.19±4.11b

R0: konsentrat kontrol; R1: konsentrat kontrol mengandung 15% tepung jangkrik utuh; R2: konsentrat kontrol mengandung 30% tepung jangkrik utuh; R3: konsentrat kontrol mengandung 30% tepung jangkrik rendah kitin; ^aAngka-angka pada baris yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji selang berganda Duncan).

Konsentrat mengandung tepung jangkrik 15% dan 30% tidak menghasilkan konsentrasi amonia yang tinggi karena kombinasi bahan tepung jangkrik dengan bungkil kedelai menghasilkan fermentasi protein yang optimal. Asam amino dari bungkil kedelai bersifat *by pass* menurunkan kontribusi terhadap pembentukan amonia (Euastuti *et al.* 2006).

Konsentrasi amonia konsentrat mengandung tepung jangkrik lebih besar dibandingkan kontrol. Hal ini sesuai dengan hasil fermentabilitas bahan pakan tepung jangkrik pada percobaan tahap pertama, diperkuat dengan pendapat Wohlt *et al.* (1976) produksi amonia tergantung pada sumber protein dan mudah tidaknya protein tersebut didegradasi oleh mikroba rumen. Konsentrasi amonia signifikan meningkat pada konsentrat mengandung tepung jangkrik utuh ($P<0.05$) berdasarkan uji Duncan. Hal ini dapat diartikan bahwa produk tepung jangkrik utuh dengan kandungan protein kasar 54.09%, didominasi dengan komponen asam amino yang mudah didegradasi. Konsentrat tepung jangkrik utuh dapat dimanfaatkan sebagai sumber nutrien yang berkualitas tinggi untuk tenak bunting. Ternak saat bunting memiliki volume rumen kecil sehingga laju alir pakan di rumen menjadi cepat, oleh karena itu diperlukan asupan nutrien berkualitas tinggi untuk menunjang kebutuhan fisiologisnya terutama untuk proses pertumbuhan dan perkembangan fetus. Konsentrat mengandung 30% tepung jangkrik rendah kitin dibandingkan dengan konsentrat mengandung 30% tepung jangkrik utuh memiliki degradasi protein yang sama. Konsentrat mengandung tepung jangkrik rendah kitin memiliki sifat protein yang mudah didegradasi oleh enzim ekstraseluler mikroba, sehingga penggunaan konsentrat tepung jangkrik rendah kitin akseptabel diberikan pada ternak muda yang masih belum berkembang rumennya terutama ternak muda yang membutuhkan nutrien berkualitas untuk pertumbuhan jaringan sekaligus perkembangan organ reproduksi.

Konsentrasi VFA total konsentrat tepung jangkrik berada dalam kisaran normal 80-160 mM (Suryapratama 1999). Dung *et al.* (2014) mengungkapkan, produksi total VFA meningkat ketika kandungan konsentrat di dalam pakan meningkat. Zicarelli *et al.* (2011), perbedaan perbandingan konsentrat dan hijauan di dalam ransum menyebabkan perbedaan komposisi asetat, propionat, dan butirat. Sejalan dengan McDonald *et al.* (2010), tingginya kandungan karbohidrat terlarut

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

menyebabkan tingginya kandungan propionat dan butirat serta rendahnya kandungan asetat. Produksi amonia perlakuan berbanding lurus dengan produksi VFA total. Hal ini mengindikasikan bahwa kecepatan pembentukan protein mikroba memerlukan sumber amin dari protein yang mudah terdegradasi dan sumber kerangka karbon dari karbohidrat yang mudah larut dari BETN. Konsentrat mengandung tepung jangkrik utuh 15% dan 30% cenderung menurunkan produksi VFA total, sebesar 4.46% dan 4.01% dibandingkan dengan kontrol. Sesuai dengan pendapat Gallaher *et al.* (2000), perubahan kitin menjadi kitosan, kitosan bersifat seperti gel yang mampu membungkus kolesterol dan asam lemak dari proses degradasi. Menurut Jenkins (1993), trigliserida dari pakan berbasis konsentrat akan dipecah menjadi gliserol dan tiga komponen asam lemak, gliserol tersebut akan mengalami perubahan menjadi VFA oleh mikroba rumen. Halini lah yang mungkin terjadi pada perlakuan R1 dan R2 terhadap penurunan produksi VFA total dikarenakan penghambatan aktivitas liposis oleh kitosan di dalam rumen.

Tepung jangkrik sebanyak 30% di dalam konsentrat signifikan ($P<0.05$) menurunkan kecernaan bahan kering dan bahan organik berdasarkan uji Duncan. Sesuai dengan hasil penelitian Sukrillah (2015), penggunaan sumber protein tepung jangkrik sebanyak 15% di dalam konsentrat menurunkan kecernaan *in vivo* pada domba. Penurunan kecernaan disebabkan peningkatan kandungan kitin di dalam konsentrat. Perlakuan 30% tepung jangkrik rendah kitin di dalam konsentrat memiliki nilai kecernaan bahan kering dan organik sama dengan perlakuan tepung jangkrik utuh pada taraf yang sama. Hasil ini sesuai dengan penelitian *in vivo* pada ransum domba yang diberi tepung jangkrik rendah kitin (Sukrillah 2015). Hasil tersebut diperkuat dengan temuan Ramos-Elordy *et al.* (2002), *yellow mealworm* dapat menggantikan bungkil kedelai optimal pada taraf 10% di dalam ransum unggas pada taraf uji 0%, 5%, 10%, dan 20%. Penelitian Pretorius (2011), penggunaan 5%, 10%, dan 25% lalat rumah optimal meningkatkan bobot karkas pada taraf suplementasi 25% di dalam ransum ayam broiler. Perbedaan kecernaan kitin bahan pakan asal serangga dipengaruhi oleh kuantitas kitin dan sistem pencernaan ternak. Lee *et al.* (2000), melaporkan bahwa kitin dapat dicerna oleh kitinase. Ayam broiler mampu mensekresi kitinase di dalam *gizzard*. Šimůnek *et al.* (2001), menemukan mikroba saluran pencernaan unggas yang mampu menghasilkan enzim pemecah kitin (*chitinolytic enzymes*).

Konsentrat mengandung 15% tepung jangkrik utuh mampu meningkatkan produksi amonia dan VFA total di rumen, tanpa mengganggu kecernaan bahan kering dan bahan organik. Tepung jangkrik rendah kitin 30% dalam konsentrat memiliki kecernaan bahan kering dan bahan organik tinggi jika dibandingkan dengan tepung jangkrik utuh pada taraf yang sama. Hal ini berarti, pengurangan kitin pada pengolahan jangkrik secara mekanik dapat meningkatkan kecernaan bahan kering dan organik sebesar 2.84% dan 3.67% dibandingkan dengan konsentrat mengandung 30% tepung jangkrik utuh.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Tepung jangkrik utuh, rendah kitin, dan isolat memiliki sifat protein dan karbohidrat yang mudah difermentasi oleh mikroba rumen dan kecernaan yang tinggi. Konsentrat mengandung 15% tepung jangkrik mampu meningkatkan fermentabilitas tanpa mengganggu nilai kecernaan.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan terkait produksi gas dan degradasi protein tepung jangkrik secara *in vitro*. Jika tepung jangkrik digunakan dalam ransum ternak ruminansia sebaiknya dikombinasikan dengan bahan kaya BETN supaya menghasilkan sintesis protein mikroba yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Agboola S, Ng D, Mills D. 2005. Characterisation and functional properties of Australian rice protein isolates. *Journal Cereal Science* 41:283–290. doi:10.1016/j.jcs.2004.10.007.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 2005. Official method of analysis of the association of official analytical chemist. Washington (US): Benjamin Franklin Station.
- Bender AD, Botham KM, Granner DK, Keely FW, Kennelley PJ, Mayes PA, Murry RK, Rand ML, Rodwell VW, Weil PA. 2003. *Harper's Illustrated Biochemistry*. 26th Edition. New York (US): McGraw-Hill Companies.
- Cahyani RD, Nuswantara LK, Subrata A. 2012. Pengaruh proteksi protein tepung kedelai dengan tanin daun bakau terhadap konsentrasi amonia, *undegraded protein* dan protein total secara *in vitro*. *Animal Agricultural Journal* 1(1):159–166.
- Church DC, Pond WG. 1988. *The Ruminant Animal Digestive Physiology and Nutrition*. New York (US): Waveland Pr.
- Conway EJ. 1957. *Microdiffusion Analysis and Volumetric Error*. 4th Edition. London (GB): Crosby Lokswood and Sons.
- Dossey AT, Morales-Ramos JA, Rojas MG. 2016. *Insects as Sustainable Food Ingredients: Production, Processing and Food Applications*. Cambridge (UK): Academic Pr.
- Dung DV, Shang W, Yao W. 2014. Effect of crude protein levels in concentrate and concentrate levels in diet on *in vitro* fermentation. *Journal Animal Science* 27(6):797-805.doi:<http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2013.13560>.
- Dzamba J. 2010. *Third Millennium Farming. Is it Time for Another Farming Revolution? Architecture, Landscape and Design*. Toronto (CA): Canada Pr.

- Elita AS. 2006. Studi perbandingan penampilan umum dan kecernaan pakan pada kambing dan domba lokal [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- El-Waziry AM, Nasser MEA, Sallam SMA. 2005. Processing methods of soybean meal: 1-effect of roasting and tannic acid treated-soybean meal on gas production and rumen fermentation *in vitro*. *Journal of Applied Sciences Research* 1(3): 313-320.
- Feradish. 2010. *Reproduksi Ternak*. Bandung (ID): Alfabeta.
- Gallaher CM, Monion J, Hesslink R. Wise J, Gallaher DD. 2000. Cholesteerol reduction by glucomanan and fat excretion in rat. *Journal Nutrition* 130:2753-2759.
- Giallongo F, Harper MT, Oh J, Parys C, Shinzato I, Hristov AN. 2017. Histidine deficiency has a negative effect on lactational performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 100:1–17.doi:<https://doi.org/10.3168/jds.2016-11992>.
- Hungate RE. 1966. *The Rumen and Its Microbes*. New York (US): Academic Pr.
- Jenkins TC. 1993. Lipid metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science* 76:3851-3863.doi:[https://doi.org/10.1016/0301-6226\(95\)00041-I](https://doi.org/10.1016/0301-6226(95)00041-I).
- Krooman RP, Meyer JH, Stielau WJ. 1967. Steam distillation of volatile fatty acids in rumen ingesta. *Journal of Dairy Science* 50(1):73-76. doi:[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(67\)87356-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(67)87356-9).
- Kuchel P, Ralston GB. 2002. *Schaum's Easy Outlines Biokimia*. Laelasari E, penerjemah; Safitri A, editor. Jakarta (ID): Penerbit Erlangga. Terjemahan dari: *Schaum's Easy Outlines Biochemistry*.
- Kumari S, Rath PK. 2014. Extraction and characterization of chitin and chitosan from (*Labeo rohit*) fish scales. *Procedia Materials Science* 6(3):482–489. doi:[10.1016/j.mspro.2014.07.062](https://doi.org/10.1016/j.mspro.2014.07.062).
- Lee HS, Hann DS, Choi SJ, Choi SW, Kim DS, Bai DH, Yu JH. 2000. Purification, characterization, and primary structure of a chitinase from *Pseudomonas* sp. YHS-A2. *Journal Applied Microbiology and Biotechnology* 54(3):397-405.doi:[10.1007/s002530000408](https://doi.org/10.1007/s002530000408).
- Lehninger AL. 1982. *Dasar-Dasar Biokimia*. Jilid 3. Thenawidjaya M, penerjemah. Jakarta (ID): Penerbit Erlangga.
- Mattijk AA, Sumertajaya IM. 2013 *Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab*. Bogor (ID): IPB Pr.
- McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD. 2010. *Animal Nutrition*. 7th Edition. New York (US): Ashford Color Pr.
- [NRC] National Research Council. 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. Washington DC (US): The National Academies Pr.
- Nelson DL, Cox MM. 2008. *Lehninger Principles of Biochemistry*. 5th Edition. New York (US): W. H. Freeman and Company.
- Oktosari G. 2006. Manfaatan limbah udang sebagai salah satu komponen ransum domba lokal jantan dan pengaruhnya terhadap kecernaan lemak, energi, dan retensi nitrogen [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Owens FN, Bergen WG. 1983. Nitrogen metabolism of ruminant animals: historical perspective, current understanding and future implications. *Journal Animal Science* 57:498-518.doi:[10.2527/animalsci1983.57Supplement2498x](https://doi.org/10.2527/animalsci1983.57Supplement2498x).
- Pal J, Verma HO, Munka VK, Maurya SK, Roy D, Kumar J. 2014. Biological method of chitin extraction from shrimp waste an eco-friendly low cost

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Suryapratama W. 1999. Efek Suplementasi asam lemak volatil bercabang dan kapsul lisin serta treonin terhadap nutrisi protein sapi Holstein [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sutardi T. 1979. Ketahanan protein bahan makanan terhadap degradasi oleh mikrob rumen dan manfaatnya bagi peningkatan produktivitas ternak. [prosiding] Bogor (ID): Seminar Penelitian dan Penunjang Pengembangan Peternakan. Lembaga Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.
- Sutardi T. 1980. *Landasan Ilmu Nutrisi*. Jilid 1. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Tanuwiria UH, Ayuningsih B, Mansyur. 2005. Fermentabilitas dan kecernaan transum lengkap sapi perah berbasis jerami padi dan pucuk tebu teramoniasi (*in vitro*). *Jurnal Ilmu Ternak* 5(2):64-69.
- Taupek NM, Razak SA, Muin ZAH. 2013. Potential value of black cricket meal as protein replacement for fish meal in african catfish (*Clarias gariepinus*) fingerlings nutrition. *Journal Marine and Freshwater Science* 10(5):520-525.
- Thom CS, Dickson CF, Gell DA, Weiss MJ. 2013. Hemoglobin variants: biochemical properties and clinical correlates. *Cold Spring Harb. Perspect Med.* 3(11):50-58. doi:10.1101/cshperspect.a011858.
- Tilley JMA, RA Terry. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society*. 18:104-111. doi:10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.xView/save.
- Vernon RG. 1977. Effect of different fatty acids on lipogenesis in rat and sheep adipose tissue *in vitro*. *Journal Biochemical* 8:517.
- Wang D, Bai YY, Li JH, Zhang CX. 2004. Nutritional value of the field cricket (*Gryllus testaceus* Walker). *Journal Entomologia Sinica* 11(4):275-283. doi:10.1111/j.1744-7917.2004.tb00424.x.
- Wang D, Zhai SW, Zhang CX, Bai YY, An SH, Xu YN. 2005. Evaluation on nutritional value of field crickets as a poultry feedstuff. *Journal of Animal Science* 18(5):667-670.
- Wardeh MF. 1981. Models for estimating energy and protein utilization for feeds [disertasi]. Utah (US): Utah State University.
- Wohlt JE, Clark JH, Balaisdell FS. 1976. Effects of sampling location, time and method on concentration of ammonia nitrogen in rumen fluid. *Journal of Dairy Science* 59(3):459-464. doi:[http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-302\(76\)842270](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-302(76)842270).
- Wurzburg BA, Garman SC, Jaedetzky TS. 2000. Structure of the human IgE-FC CE3-CE4 reveals conformational flexibility in the antibody effector domains. *Journal Immunity* 13(3):375-385. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S1074-7613\(00\)000376](http://dx.doi.org/10.1016/S1074-7613(00)000376).
- Zicarelli F, Calabro S, Cutrignelli MI, Infascelli F, Tudisco R, Bovera F, Piccolo V. 2011. *In vitro* fermentation characteristics of diets with different forage concentrate ratios: comparison of rumen and faecal inocula. *Journal Science Food Agriculture* 91:1213-122. doi:<https://doi.org/10.1002/jsfa.4302>.

- 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:**
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 1	Hasil analisis ragam pH bahan pakan tepung jangkrik				
SK	db	JK	KT	F hitung	Sig.
Perlakuan	2	0.042	0.021	3.455	0.134
Kelompok	2	0.169	0.084	13.818	0.016
Galat	4	0.024	0.006		
Total	8	0.236			
SK: sumber keragaman, JK: jumlah kuadrat, db: derajat bebas, KT: kuadrat tengah, Sig.: signifikan.					
Lampiran 2	Hasil analisis ragam NH ₃ bahan pakan tepung jangkrik				
SK	db	JK	KT	F hitung	Sig.
Perlakuan	2	7.395	0.893	0.270	0.776
Kelompok	2	9.321	61.419	18.554	0.009
Galat	4	13.241	3.310		
Total	8	137.863			
SK: sumber keragaman, JK: jumlah kuadrat, db: derajat bebas, KT: kuadrat tengah, Sig.: signifikan.					
Lampiran 3	Hasil analisis ragam VFA total bahan pakan tepung jangkrik				
SK	db	JK	KT	F hitung	Sig.
Perlakuan	2	148.954	74.477	9.674	0.029
Kelompok	2	5.930	2.965	0.385	0.703
Galat	4	30.796	7.699		
Total	8	185.680			
SK: sumber keragaman, JK: jumlah kuadrat, db: derajat bebas, KT: kuadrat tengah, Sig.: signifikan.					
Lampiran 4	Hasil uji lanjut Duncan VFA total bahan pakan tepung jangkrik				
Perlakuan	N	Subset			
		1	2		
B1	3	155.7100			
B3	3	156.4632			
B2	3		164.6919		
Sig.		0.756	1.000		
N: jumlah kelompok, B1: tepung jangkrik utuh, B2: tepung jangkrik rendah kitin; B3: isolate protein tepung jangkrik, Sig.: signifikasi.					
Lampiran 5	Hasil analisis ragam kecernaan bahan kering bahan pakan tepung jangkrik				
SK	db	JK	KT	F hitung	Sig.
Perlakuan	2	11.389	5.695	1.083	0.421
Kelompok	2	6.881	3.440	0.655	0.568
Galat	4	21.024	5.256		
Total	8	39.294			
SK: sumber keragaman, JK: jumlah kuadrat, db: derajat bebas, KT: kuadrat tengah, Sig.: signifikan.					

Lampiran 6 Hasil analisis ragam kecernaan bahan organik bahan pakan tepung jangkrik

SK	db	JK	KT	F hitung	Sig.
Perlakuan	2	7.395	3.698	0.669	0.562
Kelompok	2	9.321	4.660	0.843	0.495
Galat	4	22.112	5.528		
Total	8	38.828			

SK: sumber keragaman, JK: jumlah kuadrat, db: derajat bebas, KT: kuadrat tengah, Sig.: signifikan.

Lampiran 7 Hasil analisis ragam pH rumen konsentrat mengandung tepung jangkrik

SK	Db	JK	KT	F hitung	Sig.
Perlakuan	3	0.036	0.012	1.162	0.399
Kelompok	2	0.065	0.033	3.162	0.115
Galat	6	0.062	0.010		
Total	11	0.162			

SK: sumber keragaman, JK: jumlah kuadrat, db: derajat bebas, KT: kuadrat tengah, Sig.: signifikan.

Lampiran 8 Hasil analisis ragam NH₃ konsentrat mengandung tepung jangkrik

SK	db	JK	KT	F hitung	Sig.
Perlakuan	3	10.723	3.574	32.197	0.000
Kelompok	2	1.091	0.545	4.913	0.054
Galat	6	0.666	0.111		
Total	11	12.480			

SK: sumber keragaman, JK: jumlah kuadrat, db: derajat bebas, KT: kuadrat tengah, Sig.: signifikan.

Lampiran 9 Hasil uji lanjut Duncan NH₃ konsentrat mengandung tepung jangkrik

Perlakuan	N	Subset		
		1	2	3
R0	3	4.8744		
R1	3		6.1639	
R3	3			7.0956
R2	3			7.2481
Sig.		1.000	1.000	0.595

N: jumlah kelompok, R0: konsentrat kontrol, R1: konsentrat kontrol mengandung 15% tepung jangkrik utuh, R2: konsentrat kontrol mengandung 30% tepung jangkrik utuh, R3: konsentrat kontrol mengandung 30% tepung jangkrik rendah kitin, Sig.: signifikasi.

Lampiran 10 Hasil analisis ragam VFA total konsentrat mengandung tepung jangkrik

SK	Db	JK	KT	F hitung	Sig.
Perlakuan	3	125.696	41.899	0.636	0.618
Kelompok	2	485.519	242.760	3.688	0.090
Galat	6	394.985	65.831		
Total	11	1006.201			

SK: sumber keragaman, JK: jumlah kuadrat, db: derajat bebas, KT: kuadrat tengah, Sig.: signifikan.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 11 Hasil analisis ragam kecernaan bahan kering konsentrat mengandung tepung jangkrik

SK	db	JK	KT	F hitung	Sig.
Perlakuan	3	138.243	46.081	19.548	0.002
Kelompok	2	41.167	20.583	8.732	0.017
Galat	6	14.144	2.357		
Total	11	193.554			

SK: sumber keragaman, JK: jumlah kuadrat, db: derajat bebas, KT: kuadrat tengah, Sig.: signifikansi.

Lampiran 12 Hasil uji lanjut Duncan kecernaan bahan kering konsentrat mengandung tepung jangkrik

Perlakuan	N	Subset	
		1	2
R2	3	69.3688	
R3	3	71.3419	
R1	3		75.7523
R0	3		77.8950
Sig.		0.167	0.138

N: jumlah kelompok, R0: konsentrat kontrol, R1: konsentrat kontrol mengandung 15% tepung jangkrik utuh, R2: konsentrat kontrol mengandung 30% tepung jangkrik utuh, R3: konsentrat kontrol mengandung 30% tepung jangkrik rendah kitin, Sig.: signifikasi.

Lampiran 13 Hasil analisis ragam kecernaan bahan organik konsentrat mengandung tepung jangkrik

SK	db	JK	KT	F hitung	Sig.
Perlakuan	3	159.846	53.282	14.944	0.003
Kelompok	2	55.733	27.866	7.816	0.021
Galat	6	21.393	3.565		
Total	11	236.972			

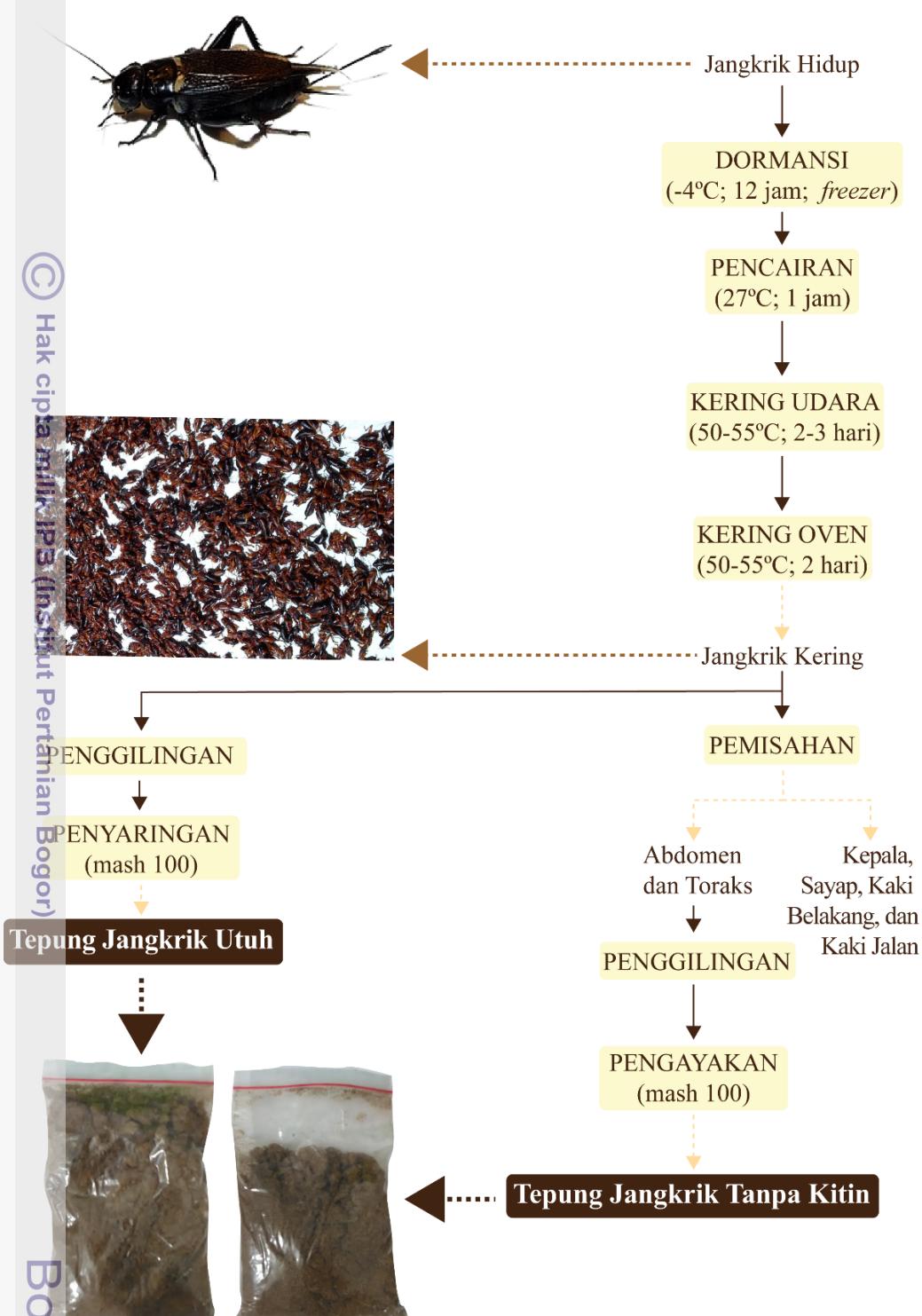
SK: sumber keragaman, JK: jumlah kuadrat, db: derajat bebas, KT: kuadrat tengah, Sig.: signifikansi.

Lampiran 14 Hasil uji lanjut Duncan kecernaan bahan organik konsentrat mengandung tepung jangkrik

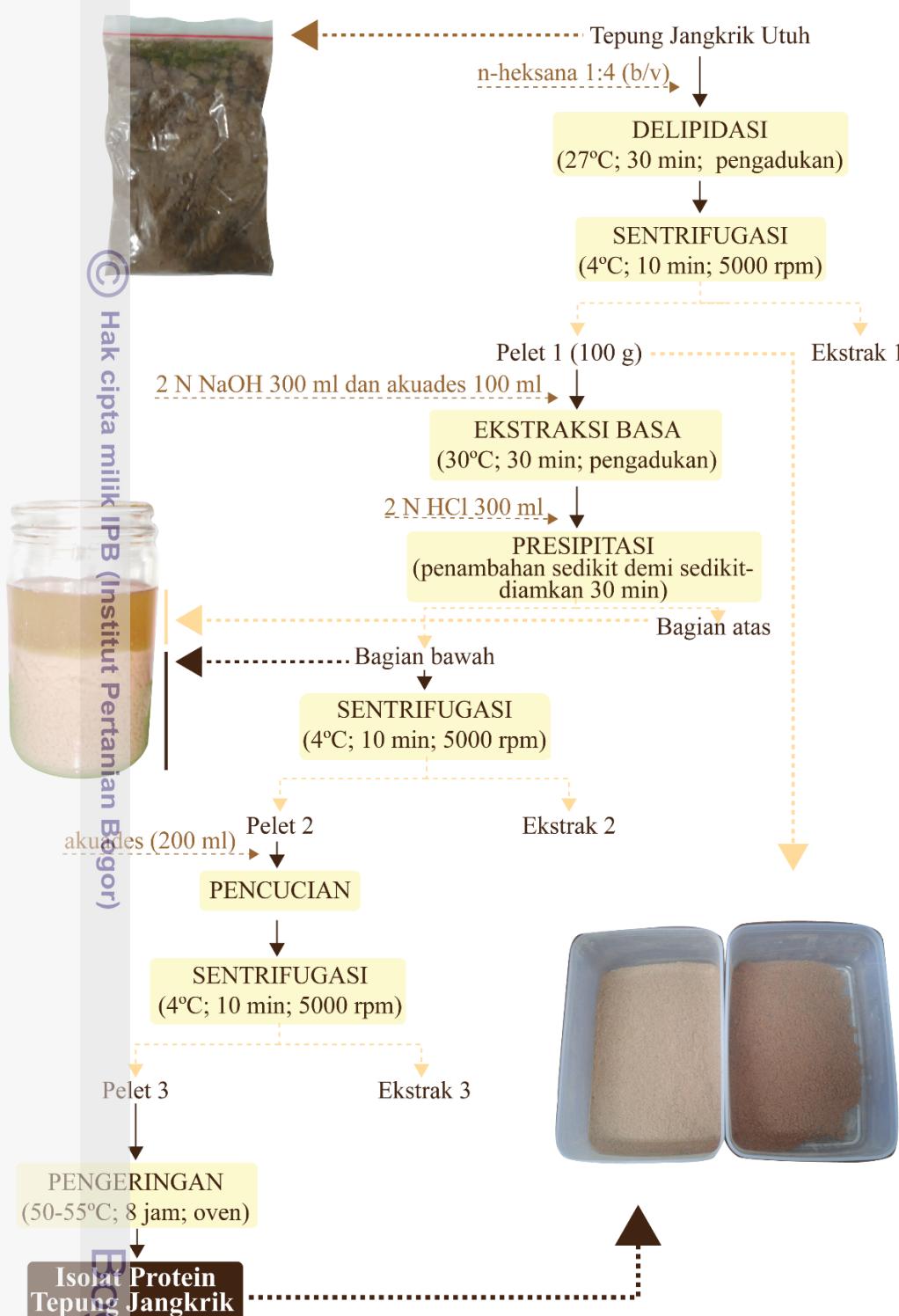
Perlakuan	N	Subset	
		1	2
R2	3	74.4596	
R3	3	77.1887	
R1	3		81.6613
R0	3		83.7524
Sig.		0.1270	0.2240

N: jumlah kelompok, R0: konsentrat kontrol, R1: konsentrat kontrol mengandung 15% tepung jangkrik utuh, R2: konsentrat kontrol mengandung 30% tepung jangkrik utuh, R3: konsentrat kontrol mengandung 30% tepung jangkrik rendah kitin, Sig.: signifikasi.

Lampiran 15 Bagan alir pembuatan tepung jangkrik utuh dan tepung jangkrik rendah kitin (Sukrillah 2015)

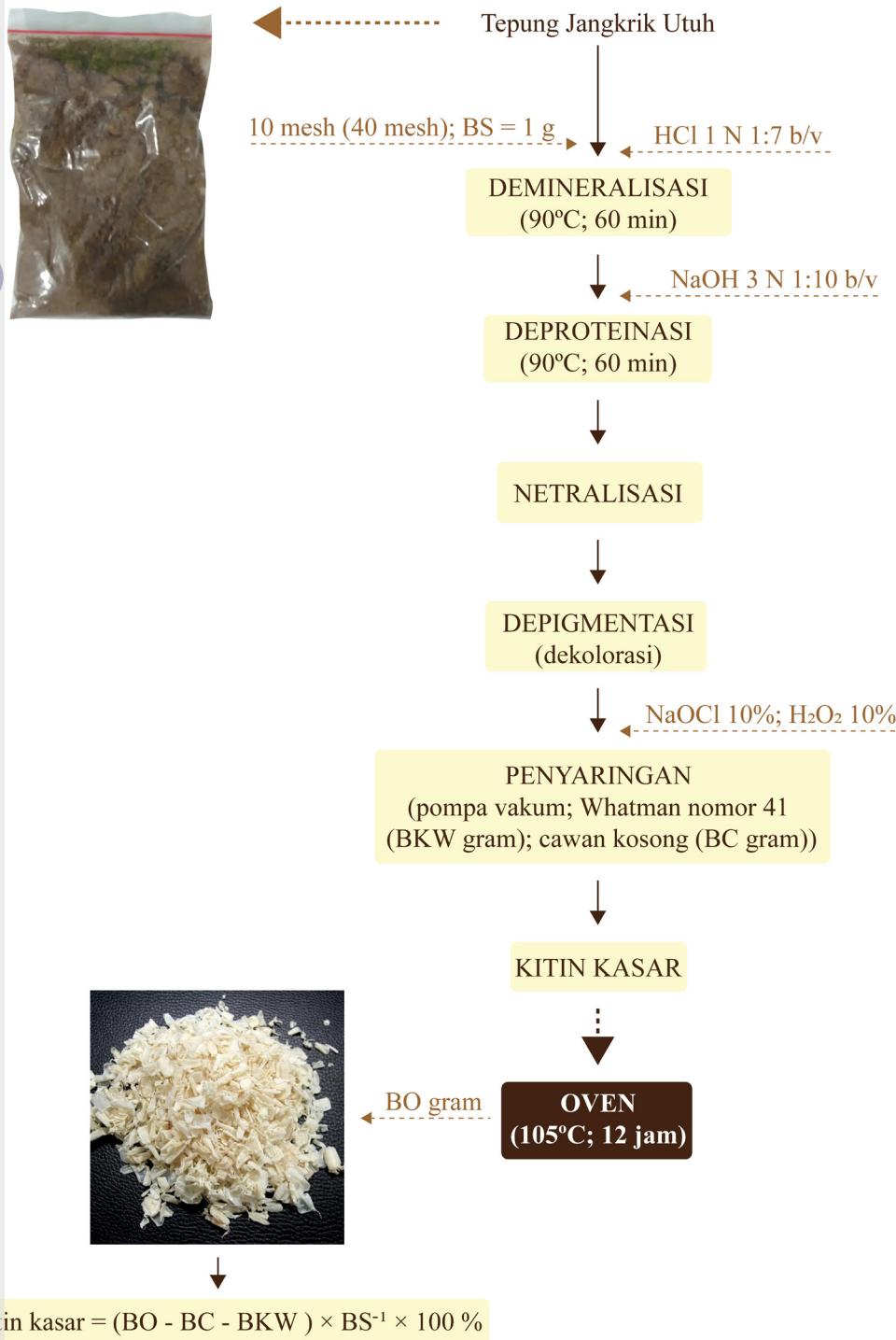


Lampiran 16 Bagan alir pembuatan isolat protein tepung jangkrik (Agboola *et al.* 2005) dan (Souza *et al.* 2016)



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 17 Perhitungan nilai kitin kasar pada bahan pakan tepung jangkrik utuh dan rendah kitin (Suptijah 2004)



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 18 Estimasi kehilangan kitin kasar dari produk tepung jangkrik rendah kitin dirunut dari kehilangan kandungan protein kasar bahan

Estimasi kitin kasar berdasarkan selisih kandungan nitrogen terkoreksi dari protein kasar terhadap nitrogen kitin kasar maka diperoleh data estimasi kitin kasar pada Tabel 8.

Tabel 8 Estimasi kitin kasar tepung jangkrik utuh dan rendah kitin

Bahan pakan	B1	B2	(%)
Bahan kering (%)	92.82 ¹	100.00 ³	91.67 ¹
Protein kasar (%)	54.09 ¹	58.27 ³	50.26 ¹
Estimasi kitin kasar (%)	7.34 ²	8.00 ³	0.23 ²
			0.25 ³

B1: tepung jangkrik utuh; B2: tepung jangkrik rendah kitin; ¹Hasil analisis proksimat Laboratorium Pusat Penelitian Sumberdaya Hayati dan Bioteknologi 2016; ²Hasil analisis kandungan kitin kasar Laboratorium Nutrisi Ternak Perah 2017; ³Hasil konversi nutrien tepung jangkrik ke dalam 100% BK.

1. Perhitungan Faktor Koreksi Kitin

$$\begin{aligned} \text{Ar Nitrogen} &= 14.0067 \text{ g mol}^{-1} \\ \text{Mr N-asetil-D-glukosa} &= 203.1925 \text{ g mol}^{-1} \\ \% \text{Nitrogen standar kitin} &= 6.8933 \text{ g N/100g kitin} = 6.8933\% \\ \text{Faktor koreksi kitin pada bahan} &= \% \text{Nitrogen standar kitin}^{-1} = 14.5068 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Kitin yang Ikut terhitung Sebagai Protein Kasar

$$\begin{aligned} \text{Protein kasar tepung jangkrik utuh (A)} &= 58.27\% \text{ (100 \% BK)} \\ \text{Protein kasar tepung jangkrik rendah kitin (B)} &= 54.83\% \text{ (100 \% BK)} \\ \text{Selisih protein kasar (A-B)} &= 3.44\% \end{aligned}$$

3. Perhitungan Kandungan Nitrogen yang Terkandung dari Selisih Protein pada Langkah 2

$$\begin{aligned} \text{Protein kasar} &= \% \text{Nitrogen} \times \text{faktor koreksi protein pada bahan} \\ (\text{A}-\text{B}) &= \% \text{Nitrogen} \times 6.25 \\ 3.44\% &= \% \text{Nitrogen} \times 6.25 \\ \% \text{Nitrogen} &= 0.5520\% \text{ (100 \% BK)} \end{aligned}$$

4. Perhitungan Kandungan Kitin Kasar

$$\begin{aligned} \% \text{Kitin Kasar} &= \% \text{Nitrogen} \times \text{faktor koreksi kitin pada bahan} \\ \% \text{Kitin Kasar} &= 0.5520\% \times 14.5068 \\ \% \text{Kitin Kasar} &= 8.0077\% \text{ (100 \% BK)} \end{aligned}$$

5. Kandungan Kitin Kasar yang Hilang pada Tepung Jangkrik Rendah kitin

$$\begin{aligned} \% \text{Kitin Kasar} &= 100\%^{-1} \times \% \text{BK} \text{ Tepung jangkrik rendah kitin} \times \% \text{Kitin} \\ \% \text{Kitin Kasar} &= 100\%^{-1} \times 91.67\% \times 8.0077 \\ \% \text{Kitin Kasar} &= 7.3406\% \end{aligned}$$

Lampiran 19 Perhitungan asam lemak dan asam amino bahan pakan tunggal tepung jangkrik

Asam lemak dan asam amino bahan pakan tunggal tepung jangkrik diperoleh dari hasil perkalian total asam lemak dan total asam amino terhadap nilai protein kasar dan lemak kasar. Komposisi protein kasar dan lemak kasar bahan pakan tunggal tepung jangkrik disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9 Perhitungan asam lemak dan asam amino bahan pakan tepung jangkrik

Bahan pakan	B1	B2	B3
-----(% BK)-----			
Bahan kering ¹	92.82	91.67	92.78
Protein kasar ¹	54.09	50.26	61.99
Lemak kasar ¹	26.94	29.47	11.14
Asam amino ²	19.73	19.19	32.67
Asam lemak ³	21.69	22.04	9.80
Kitin kasar ⁴	7.66	3.50	-
Protein semu ⁵	3.30	1.51	-
-----(% PK dan (% LK)-----			
Total asam amino ⁶	38.84	39.37	52.70
Total asam lemak ⁶	80.52	74.79	87.97

B1: Tepung jangkrik utuh; B2: tepung jangkrik rendah kitin; B3 isolat protein tepung jangkrik; PK: protein kasar; LK: lemak kasar; ¹Hasil analisis proksimat Laboratorium Pusat Penelitian Sumberdaya Hayati dan Bioteknologi 2016; ^{2, 3, 5}Hasil perhitungan; ⁴Hasil analisis kitin kasar Laboratorium Nutrisi Ternak Perah 2017; ⁶ Hasil analisis Laboratorium Kimia Terpadu Institut Pertanian Bogor Baranangsiang 2016.

Perhitungan Asam Lemak, Protein Semu, dan Asam Amino

Asam Lemak

$$\% \text{ BK Asam lemak} = \text{Lemak kasar} \times \% \text{ Total asam lemak}$$

$$\% \text{ BK Asam lemak} = 26.94 \times 80.52$$

$$\% \text{ BK Asam lemak} = 21.69\% \text{ BK}$$

2. Protein Semu

$$\% \text{ BK Protein semu} = (\% \text{ Kitin kasar} \times \% \text{ Nitrogen standar kitin}^{-1}) \times \% \text{ Nitrogen standar protein}$$

$$\% \text{ BK Protein semu} = (7.66 \times 14.5068^{-1}) \times 6.25$$

$$\% \text{ BK Protein semu} = 3.30\% \text{ BK}$$

3. Asam Amino

$$\% \text{ BK Asam amino} = (\text{Protein kasar} - \text{Protein semu}) \times \% \text{ Total asam amino}$$

$$\% \text{ BK Asam amino} = (54.09 - 3.30) \times 38.84$$

$$\% \text{ BK Asam amino} = 19.73\% \text{ BK}$$



RIWAYAT HIDUP

Penulis yang bernama Mohammad Miftakhus Sholikin dilahirkan di Tulungagung pada tanggal 06 Januari 1994 dari pasangan Bapak Slamet Soim dan Ibu Komariyah. Penulis merupakan putra kedua dari dua bersaudara. Penulis mengawali pendidikan di Sekolah Dasar Blimming 1 pada tahun 2000, Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Ngunut pada tahun 2006, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Blitar pada tahun 2009.



Penulis diterima sebagai mahasiswa Institut Pertanian Bogor pada tahun 2012 melalui program Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) dan diterima di Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor. Penulis mengikuti PKM di tahun 2014 sebagai anggota PKMP yang berjudul Probiotik dari *Saccharomyces cerevisiae* dengan Limbah Nasi sebagai Media Pertumbuhan untuk Imkuhan Pakan pada Anak Domba.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pujian dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya penulis dapat memberikan jalan terbaik dalam mencintai Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan. Shalawat dan Salam senantiasa penulis curahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Matur sembah nuwon kula ateraken marang Mak Komariya, Bapak Slamet So'im, Mbak Eka Yuliana, lan Embah Sukilah ingkang maringi dongo lan tuladan kanggo kawula supados bisa urip dari wong kang becik.

Penulis memberikan hormat dan mengucapkan terima kasih kepada Ibu Prof Dr Ir Dewi Apri Astuti, MS selaku dosen pembibing akademik dan pembimbing utama skripsi, Bapak Dr Anuraga Jayanegara, SPt MSc selaku pembimbing anggota skripsi, Ibu Dr Ir Lilit Khotijah, MSi sebagai dosen pembahas seminar pada tanggal 03 April 2017, Ibu Dr Ir Dwierra Evvyernie, A MS MSc, dan Bapak Dr Epi Taufik, SPt MVPH MSi sebagai dosen penguji sidang pada tanggal 22 Mei 2017 yang telah banyak memberikan saran dan masukan dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis ucapkan terima kasih kepada Ibu Dian atas arahan dan bimbingan beliau dalam analisis *in vitro*. Penulis ucapkan terima kasih kepada Kak Any, Fatatul, dan Widya selaku rekan penelitian yang saling membantu pada penelitian. Penulis ucapkan terima kasih kepada Kang Edy, Kak Devid, dan Mbak Kokom yang telah membantu pengambilan cairan rumen kambing. Penulis ucapkan terima kasih kepada saudara (Dandys, Alam, Fensa, Duantra, Wendy, dan Dzaky) serta antek-antek Kawah Kelud, Indra, Frans, Audina, dan Bagus yang telah memberikan dukungan terhadap penyelesaian karya ilmiah ini. Terakhir ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada teman-teman seperjuangan di Centaurus.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.