

SKRIPSI

**KECERNAAN PROTEIN KASAR DAN SERAT KASAR
PADA AYAM PETELUR YANG DISUPLEMENTASI
SPIRULINA DAN BEKATUL TERFERMENTASI
Acidothermus cellulolyticus DAN
*Aspergillus terreus***



Oleh :

MUCHAMMAD MAS'UD FADLI
NIM 060730412

**FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
2010**

**KECERNAAN PROTEIN KASAR DAN SERAT KASAR PADA AYAM
PETELUR YANG DISUPLEMENTASI *SPIRULINA* DAN BEKATUL
TERFERMENTASI *Acidothermus cellulolyticus* DAN *Aspergillus terreus***

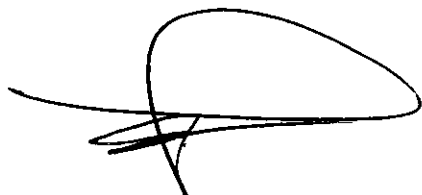
Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Kedokteran Hewan
pada
Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Airlangga

oleh

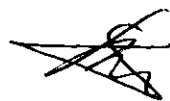
MUCHAMMAD MAS'UD FADLI
NIM 060730412

Menyetujui

Komisi Pembimbing,



(Prof. Dr. RTS. Adikara, drh, M.S.)
Pembimbing Pertama



(Dr. Suherni Susilowati, drh, M.Kes.)
Pembimbing Kedua

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi berjudul :

KECERNAAN PROTEIN KASAR DAN SERAT KASAR PADA AYAM PETELUR YANG DISUPLEMENTASI *SPIRULINA* DAN BEKATUL TERFERMENTASI *Acidothermus cellulolyticus* DAN *Aspergillus terreus*

tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Surabaya, 1 April 2010

Muchammad Mas'ud Fadli
NIM. 060730412

Telah dinilai pada Seminar Hasil Penelitian

Tanggal : 12 Mei 2010

KOMISI PENILAI SEMINAR HASIL PENELITIAN

Ketua : Dr. Dady Sugianto Nazar, drh, M.Sc.

Sekretaris : Tri Nurhajati, drh, M.S.

Anggota : Wiwiek Tyasningsih, drh, M.Kes.

Pembimbing I : Prof. Dr. RTS. Adikara, drh, M.S.

Pembimbing II : Dr. Suherni Susilowati, drh, M.Kes.

Telah diuji pada

Tanggal : 27 Mei 2010

KOMISI PENGUJI SKRIPSI

Ketua : Dr. Dady Sugianto Nazar, drh, M.Sc.

Anggota : Tri Nurhajati, drh, M.S.

Wiwiek Tyasningsih, drh, M.Kes.

Prof. Dr. RTS. Adikara, drh, M.S.

Dr. Suherni Susilowati, drh, M.Kes.

Surabaya, 11 Juni 2010

Fakultas Kedokteran Hewan
Universitas Airlangga
Dekan,



Prof. Hj. Romziah Sidik, Ph.D., Drh
NIP. 130687305

SINGKATAN DAN ARTI LAMBANG

ADF	= <i>Acid Detergent Fiber</i>
ANOVA	= <i>Analysis of Variant</i>
BETN	= <i>Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen</i>
BK	= <i>Bahan Kering</i>
C	= <i>Carbon</i>
d.b.	= <i>derajat bebas</i>
cc	= <i>centimeter cubic</i>
cm	= <i>centimeter</i>
CMC	= <i>Carboxil Methyl Cellulose</i>
DCP	= <i>Dicalcium-Phosphat</i>
FCR	= <i>Feed Consumption Rate</i>
FK	= <i>Faktor Koreksi</i>
g	= <i>gram</i>
H	= <i>Hidrogen</i>
HCl	= <i>Asam Chlorida</i>
HDP	= <i>Hen Day Production</i>
H ₂ SO ₄	= <i>Asam Sulfat</i>
H5N1	= <i>subtype virus Avian influenza</i>
JK	= <i>Jumlah Kuadrat</i>
KcPK	= <i>Kecernaan Protein Kasar</i>
KcSK	= <i>Kecernaan Serat Kasar</i>
kg	= <i>kilogram</i>
KMnO ₄	= <i>Kalium Permanganat</i>
KPK	= <i>Konsumsi Protein Kasar</i>
KSK	= <i>Konsumsi Serat Kasar</i>
KT	= <i>Kuadrat Tengah</i>
LSR	= <i>Least Significant Range</i>
ME	= <i>Energi Metabolisme</i>
mg	= <i>miligram</i>
N	= <i>Nitrogen</i>
NaOH	= <i>Natrium Hidroksida</i>
NDF	= <i>Neutral Detergent Fiber</i>
O	= <i>Oksigen</i>
PDAM	= <i>Perusahaan Daerah Air Minum</i>
PER	= <i>Protein Efficiency Ratio</i>
PK	= <i>Protein Kasar</i>
RAL	= <i>Rancangan Acak Lengkap</i>
SD	= <i>Standard Deviation</i>
SK	= <i>Serat Kasar</i>
Sp	= <i>Spirulina</i>
SSR	= <i>Significant Studentized Range</i>
VFA	= <i>Volatile Fatty Acid</i>

BAB 1

PENDAHULUAN

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Penelitian

Di Indonesia, produktivitas ternak ayam petelur cukup tinggi. Faktor penting yang mempengaruhi produktivitas ternak tersebut yaitu faktor pakan. Faktor pakan merupakan faktor yang sangat penting bagi ternak ayam petelur dalam hubungannya dengan pertumbuhan dan produktivitas ternak, oleh karena itu ketersediaan pakan yang memiliki kualitas yang baik secara kontinyu merupakan hal yang perlu mendapat perhatian (Supriyatna dkk., 2005).

Dalam usaha meningkatkan kualitas pakan tidak terlepas dari biaya pengolahan pakan. Penggunaan bahan pakan impor mengakibatkan tingginya harga pakan. Bila hal ini berlangsung terus-menerus, maka banyak peternak yang akan mengalami kerugian. Hal tersebut dapat diminimalkan dengan adanya alternatif bahan pakan lokal yang bersifat tidak bersaing dengan kebutuhan manusia dan murah, tetapi mempunyai nutrisi yang cukup untuk ternak (Hanafi, 2001). Salah satu bahan pakan lokal yang memenuhi kriteria tersebut adalah bekatul. Bekatul merupakan salah satu bahan pakan yang dapat diolah secara biologis. Sebagai bahan pakan yang banyak dipakai untuk pakan ternak, bekatul mudah didapat dan harganya relatif murah (Tangendjaja, 1991).

Untuk memperbaiki nutrisi suatu bahan pakan maka dilakukan suatu perlakuan terhadap bahan pakan tersebut baik secara fisik, kimiawi, maupun biologis yang dapat menguraikan ikatan lignoselulosa dan lignohemiselulosa sehingga kecernaannya dapat meningkat (Ali, 2005). Kualitas bekatul dapat

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum Ayam Petelur

2.1.1. Klasifikasi ayam petelur

Ayam petelur yang memiliki nama latin *Gallus domesticus* adalah keturunan ayam hutan. Taksonomi ayam petelur menurut Supriyatna dkk. (2005) adalah seperti di bawah ini :

Phylum	: <i>Chordata</i>
Sub Phylum	: <i>Vertebrata</i>
Kelas	: <i>Aves</i>
Sub Kelas	: <i>Neornithes</i>
Ordo	: <i>Galliformes</i>
Famili	: <i>Phasianidae</i>
Genus	: <i>Gallus</i>
Spesies	: <i>Gallus domesticus</i>

2.1.2. Sifat-sifat ayam petelur

Sifat-sifat unggul ayam petelur antara lain, pada umur 4,5-5 bulan telah mengalami dewasa kelamin dengan bobot 1,6-1,7 kg. Produksi ayam petelur cukup tinggi yaitu antara 250-280 butir/ekor/tahun, dengan bobot telur sekitar 50-60 gram. Nilai konversi pakan ayam petelur cukup bagus, yaitu sekitar 2,2-2,5, yang artinya setiap 2,2-2,5 kg pakan yang dikonsumsi mampu menghasilkan telur 1 kg. Periode bertelurnya bisa mencapai 13-14 bulan, jadi meskipun periode

bertelurnya cuma sekali tetapi sangat panjang dan produktif, karena tidak ada periode pengeraman. Kelemahan ayam petelur adalah sangat mudah terpengaruh terhadap perubahan kondisi lingkungan, sehingga lebih mudah mengalami *stress*. Ayam petelur juga selalu menuntut pakan dan air minum dengan kualitas yang tinggi, sehingga harus ditenakkan secara intensif (Supriyatna dkk., 2005).

Karakteristik ayam petelur adalah memiliki sifat mudah terkejut, bentuk tubuh ramping, cuping telinga berwarna putih dan kerabang telur berwarna coklat. Produksi telurnya bisa mencapai 250-280 butir/ekor/tahun, tidak memiliki sifat mengeram dan efisien dalam penggunaan pakan (Supriyatna dkk., 2005).

2.1.3. Sistem pencernaan ayam petelur

Proses mencerna adalah penguraian zat-zat makanan dalam saluran pencernaan untuk diserap dan digunakan oleh jaringan-jaringan tubuh. Proses ini berlangsung secara mekanis dan kimia sehingga banyak faktor yang mempengaruhinya (Anggorodi, 1995). Sistem pencernaan terdiri dari saluran pencernaan dan organ asesori. Saluran cerna unggas terdiri dari mulut, *oesophagus*, *crop*, *proventriculus*, *gizzard*, *caecum*, *rectum*, *cloaca* dan *vent*. Sementara organ asesori terdiri dari pankreas dan hati (Supriyatna dkk., 2005).

Pakan masuk melalui rongga mulut kemudian ditelan dan disimpan dalam tembolok (*crop*) untuk dilunakkan dan diproses oleh getah pencernaan saat masuk *proventriculus*. Gumpalan pakan diproses secara mekanis di empedal (*gizzard*) untuk memperkecil ukuran partikel pakan, kemudian partikel-partikel pakan tersebut bergerak melalui lekukan *duodenum*, dimana partikel ini diproses oleh

enzim-enzim yang diproduksi pankreas dan empedu hati. Getah pankreas mengandung enzim amilolitik, lipolitik, dan proteolitik, yang berturut-turut menghidrolisa pati, lemak, dan protein, sedangkan empedu hati menghasilkan enzim amilolitik. Partikel berlanjut bergerak melalui usus halus yang dindingnya mengeluarkan getah usus mengandung pepsin dan enzim pemecah gula. Pepsin menyempurnakan pemecahan protein menjadi asam amino, sedangkan enzim pemecah gula mengubah disakarida menjadi monosakarida yang kemudian dapat diasimilasi tubuh. Proses absorpsi zat makanan dikerjakan oleh *villi* usus halus (Anggorodi, 1994).

2.2. Kebutuhan Nutrisi Untuk Ayam Petelur

Standar komponen bahan makanan yang secara langsung dapat dimanfaatkan atau diserap dan bersifat esensial untuk metabolisme normal di dalam tubuh ayam petelur sesuai dengan tiap-tiap masa pemeliharaan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan nutrisi standar untuk ayam petelur

Nutrien	Starter	Grower	Layer
Air (%) maks.	14	14	14
Protein kasar (%)	18-20	13,5-16	15-18
Lemak kasar (%)	2,5-7	2,5-7	2,5-7
Serat kasar (%) maks.	6,5	7	7
Abu (%)	5-8	5-8	10-14
Kalsium / Ca (%)	0,9-1,2	0,9-1,2	3,25-4
Fosfor / P (%)	0,5-0,9	0,6-0,9	0,6-0,9
Aflatoxin (pph) maks	50	50	60
L-Lisin (%) min.	0,90	0,65	0,78
DL-Metionin (%) min.	0,40	0,30	0,38

Sumber: Standar Nasional Indonesia dalam Setyono dkk. (2009).

2.3. Bekatul

Dalam proses penggilingan padi, ada empat jenis hasil sampingan yang dapat dibedakan satu dengan yang lain, yaitu sekam, dedak, bekatul dan menir (Soemardi *et al.*, 1991). Dedak dan bekatul merupakan hasil sampingan yang diperoleh dari lapisan luar beras pecah kulit dalam penyosohan yang hasil utamanya adalah beras putih atau beras sosoh (Tangendjaja, 1991).

Kandungan gizi dan komposisi kimia bekatul cukup tinggi: protein 11,3-14,4%, lemak 15-19,7%, serat kasar 7-11,4%, karbohidrat 34,1-52,3% dan abu 6,6-9,9% (Lubis *et al.*, 2002). Biji padi terdiri dari bagian yang dapat dimakan dan beras pecah kulit (karyopsis padi) yang dibungkus oleh sekam. Pati merupakan kandungan utama beras (75%) yang terdapat dalam bagian endosperm berbentuk granula majemuk. Protein sebagai komponen kedua dalam beras (8%), di dalam endosperm berbentuk butiran (Damardjati dkk., 1998).

Bagian luar biji beras lebih kaya akan kandungan bukan pati dan bagian endosperm kaya akan pati. Bagian terbesar dari karbohidrat dalam beras adalah pati dan sebagian kecil pentosan, selulosa, hemiselulosa dan gula. Pati beras tersusun atas rangkaian unit-unit glukosa, yang terdiri atas fraksi rantai bercabang (amilopektin) dan fraksi rantai lurus (amilosa). Distribusi selulosa dalam beras pecah kulit adalah bekatul 7%, dedak 62%, lembaga 4% (Damardjati dkk., 1998).

2.4. Protein Kasar

Protein kasar adalah jumlah nitrogen (N) yang diperoleh dengan analisis proksimat cara Marcum Steel dikalikan dengan faktor protein 6,25 atau 100/16 (N

tinggi dalam hijauan kering dan rendah dalam butir-butiran. Istilah serat kasar pertama kali diperkenalkan oleh Hyspley pada tahun 1953 untuk mendiskripsikan komponen dinding sel tumbuhan (Gibson and Christian, 2002). Serat kasar adalah senyawa organik yang tidak larut dalam perebusan menggunakan larutan asam lemah dan basa lemah (Setyono dkk., 2009).

Karbohidrat dapat dipisahkan menjadi dua bagian yaitu serat kasar dan Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen (BETN) melalui analisis proksimat. Serat kasar disusun oleh selulose (polisakarida), hemiselulose (polisakarida) dan lignin, sedangkan BETN berisi zat-zat monosakarida, disakarida, trisakarida dan polisakarida. Serat kasar adalah residu organik dari karbohidrat yang dipisahkan melalui ekstraksi eter dengan menggunakan larutan asam dan basa (McDonald *et al.*, 1994).

Berdasarkan bahan kering bebas air, bekatul memiliki kandungan serat kasar 7-11,4% (Lubis *et al.*, 2002). Nilai itu terlalu tinggi bila bekatul dimanfaatkan secara langsung sebagai bahan pakan pada ternak unggas karena unggas hanya dapat mencerna dengan sempurna bila kandungan serat kasar dalam pakan sekitar \pm 4-5%. Kondisi ini perlu pengolahan lebih lanjut, salah satunya dengan cara fermentasi yang dapat menurunkan kandungan serat kasar bekatul. Sehingga akan meningkatkan daya cerna serat kasar serta untuk menunjang pertumbuhan dan produktivitas ternak unggas tersebut (Rakhmat, 2003).

Pada umumnya kesanggupan hewan untuk mencerna serat kasar tergantung dari sistem alat pencernaan yang dimiliki hewan tersebut dan

tergantung pula dari mikroorganisme yang terdapat dalam alat pencernaan (Anggorodi, 1994).

Tingginya kandungan serat kasar dari limbah adalah faktor pembatas penggunaannya dalam ransum, karena ternak unggas tidak dapat mencerna serat kasar. Akan tetapi, kehadiran serat kasar dalam ransum penting artinya karena serat kasar ternyata mempunyai fungsi fisiologis dan fungsi nutrisi bagi ternak unggas (Parakkasi, 1990). Pernyataan ini didukung oleh Sutardi (1997) yang menyatakan bahwa pertumbuhan *villi* usus halus dan sekum dapat dirangsang oleh serat, seperti: kulit padi, kulit gandum, kulit kacang kedelai, dan cangkang coklat.

2.5.1. Selulosa

Selulosa adalah zat penyusun tumbuhan yang jumlahnya banyak sebagai material penyusun dinding sel semua tumbuhan. Selulosa berisi heksosa tetapi sukar dicerna dan merupakan sumber energi yang rendah. Selulosa merupakan polisakarida sehingga formula umumnya sama seperti pati (Anggorodi, 1994).

Selulosa dicerna di dalam tubuh ternak dengan menggunakan enzim selulase yang dihasilkan oleh mikroorganisme rumen, menghasilkan selobiosa yang selanjutnya dihidrolisis oleh β -glukosidase menghasilkan glukosa. Hasil akhir dari pencernaan selulosa adalah asam-asam lemak terbang (*Volatile Fatty Acid / VFA*) yang terdiri dari asam asetat, asam propionat, dan asam butirat (Anggorodi, 1994). Sesuai dengan pendapat Tillman dkk. (1993) yang menyatakan bahwa hasil akhir pemecahan oleh mikroorganisme terhadap selulosa adalah asam-asam lemak terbang yang terdiri dari asam asetat, asam propionat

dan asam butirat. Sebagai hasil sampingan adalah gas metan. Asam lemak terbang berperan dalam metabolisme energi pada ternak. Setiap molekul selulosa merupakan polimer linier yang tersusun dari 1000-1000000 unit-unit D-glukosa yang saling berikatan dalam ikatan β -1,4 glikosidik (Wang, 2001). Selulosa dicerna menjadi selobiosa oleh satu atau lebih β -1,4-glukanase dan kemudian dikonversi menjadi glukosa-1-fosfat (Tillman dkk., 1993).

Degradasi selulosa secara enzimatik menghasilkan senyawa oligosakarida, disakarida, dan monomer glukosa yang bersifat larut. Proses pemecahan secara enzimatik terjadi dengan adanya enzim selulase. Enzim ini dihasilkan oleh mikroorganisme yang bersifat selulolitik (McDonald *et al.*, 1994).

2.5.2. Hemiselulosa

Secara struktur, hemiselulosa paling banyak terdiri dari unit D-glukosa, D-galaktosa, D-mannosa, D-xilosa dan L-arabinosa yang tergabung bersama-sama dalam kombinasi yang berbeda dan ikatan glikosida yang bervariasi (McDonald *et al.*, 1994). Menurut Anggorodi (1994), hemiselulosa mengandung heksosa tetapi lebih tahan terhadap zat-zat kimia dibanding selulosa. Hemiselulosa termasuk heteropolisakarida yaitu golongan polisakarida yang akan menghasilkan monosakarida yang berbeda bila dihidrolisis.

2.5.3. Lignin

Problem utama dalam penggunaan serat kasar adalah kadar lignin yang tidak dapat dicerna, dari metode analisis weende (proksimat) materi yang hilang

dalam proses adalah BETN. Bagian terbesar dari dinding sel tanaman adalah selulosa dan hemiselulosa yang sukar dicerna terutama bila mengandung lignin akan menyebabkan daya cerna menurun. Tingkat kemampuan kristalisasi selulosa adalah faktor lain yang mempengaruhi tingkat pencernaan pada dinding sel (Aminudin, 1999).

Bagian yang menjadi kayu dari tumbuhan seperti bonggol, kulit padi dan bagian fibrosa dari akar, batang dan daun mengandung substansi yang kompleks dan tidak dapat dicerna disebut dengan lignin. Pada tanaman muda lapisan matrik dari dinding sel tanaman terdiri dari selulosa dan hemiselulosa, tetapi pada tanaman tua matrik tersebut dilapisi dengan lignin. Zat ini bersama-sama selulosa dan hemiselulosa membentuk ikatan yang disebut ligno-selulosa dan ligno-hemiselulosa yang mempunyai koefisien cerna rendah karena lignin fungsinya hanya sebagai penghambat pencernaan (Tillman, 1993).

Lignin adalah suatu gabungan beberapa senyawa yang saling berhubungan erat satu sama lain. Lignin mengandung karbon, hidrogen, dan oksigen dengan proporsi karbon lebih tinggi. Sebagai tambahan unsur nitrogen terdapat pula didalamnya dengan kadar 1-5%. Lignin sangat tahan terhadap setiap degradasi kimia, termasuk degradasi enzimatik. Dengan bertambahnya umur tanaman maka proses lignifikasi bertambah sehingga menyebabkan kadar lignin semakin tinggi dan daya cerna serta nilai energi produktifitasnya semakin rendah (Anggorodi, 1994).

bakteri (Lamid dkk., 2005). Tersedianya sumber nutrisi yang sesuai dengan jumlah mikroorganisme menyebabkan tidak terjadinya kompetisi antar mikroorganisme (Nurhajati dkk., 1996).

Tujuan fermentasi adalah meningkatkan kadar protein, menurunkan serat kasar, dan meningkatkan pencernaan bahan pakan yang mengandung lignoselulosa. Prinsip dari proses fermentasi adalah untuk memisahkan lignin dan selulosa (Sundstol dan Coxworth, 1984 dalam Sovia, 2002)

Fermentasi dapat terjadi secara *in vivo* maupun *in vitro*. Fermentasi *in vivo* terjadi secara alami di dalam tubuh ruminansia, sedangkan fermentasi *in vitro* dilakukan di luar tubuh dengan melalui suatu teknik rekayasa. Dasar dari proses fermentasi *in vivo* dan *in vitro* adalah sama, yakni memanfaatkan peran mikroorganisme untuk merombak karbohidrat dan meningkatkan protein (Rahman, 1992).

2.6.1 Bakteri selulolitik

Rumen merupakan tempat yang potensial untuk pertumbuhan mikroba, terdapat jutaan bakteri, protozoa dan jamur. Diantara bakteri rumen, bakteri selulolitik adalah yang paling penting karena kemampuan bakteri tersebut untuk mencerna selulosa (Rahmachandran, 2003).

Sundstol dan Coxworth (1984) menyatakan fermentasi bekatul menggunakan bakteri selulolitik diharapkan dapat mencerna selulosa yang merupakan salah satu komponen penyusun dinding sel dari bekatul, sehingga akan menyebabkan terjadinya peningkatan derajat pencernaan bekatul. Adanya

penurunan kandungan serat kasar, kandungan dari total pencernaan bahan kering akan meningkat. Bakteri selulolitik cairan rumen sapi yang terkandung dalam inokulum dan dapat diidentifikasi adalah dari spesies *Acidothermus cellulolyticus* (Widya dkk., 2009).

Kemampuan bakteri selulolitik dalam menguraikan selulosa disebabkan oleh adanya enzim endoselulase dan eksoselulase yang mampu memecah dan menguraikan komponen serat kasar menjadi karbohidrat terlarut, yang selanjutnya dapat digunakan sebagai sumber energi bagi ternak (Howard *et al.*, yang dikutip oleh Suci, 2005).

Bakteri selulolitik akan menghasilkan enzim selulase yang merupakan enzim kompleks yang terdiri dari enzim endoselulase dan eksoselulase. Enzim selulase akan memecah selulosa menjadi selubiosa, selanjutnya menjadi glukosa (Schiegel dan Schmidt, 1994).

2.6.2. Jamur selulolitik

Jamur dapat menggunakan berbagai komponen makanan dari yang sederhana sampai yang kompleks serta mampu memproduksi enzim hidrolitik seperti amilase, selulase, pektinase, lipase dan proteinase (Waluyo, 2004). Menurut Bhat and Hazzlewood (2001), sebagian besar enzim selulase dihasilkan oleh bakteri dan jamur. Forsberg *et al.*, (2004) melaporkan bahwa penambahan enzim selulase pada pakan dapat meningkatkan kandungan karbohidrat yang difermentasi dan memperbaiki pencernaan bahan organik.

Jamur tidak mempunyai klorofil dan karena itu bersifat heterotik. Jamur memperoleh makanannya dengan menyerap molekul makanan dari alam sekitarnya, sering dicerna lebih dulu dengan mensekresi enzim-enzim hidrolitik ekstraseluler (Kimball, 1999).

Menurut Prescott *et al.*, (2003), jamur tumbuh baik pada lingkungan yang lembab, tetapi jamur juga mampu tumbuh pada bahan organik. Jamur melepas eksoenzim hidrolitik yang mencerna substrat eksternal dan memanfaatkan bahan organik sebagai sumber karbon, elektron, dan energi.

Sebagian besar tubuh jamur terdiri atas benang-benang panjang yang disebut hifa yang saling berhubungan dan bergabung bersama-sama. Hifa dapat dibedakan atas hifa vegetatif yang berfungsi menyerap nutrisi dari lingkungan, dan hifa fertil yang berfungsi dalam reproduksi. Hifa-hifa tersebut tumbuh membentuk kumpulan hifa yang disebut miselium apabila kondisi lingkungan menguntungkan (Fardiaz, 1992; Tortora *et al.*, 2002).

Jamur adalah suatu organisme eukariotik yang mempunyai ciri-ciri spesifik antara lain: (1) mempunyai inti sel, (2) memproduksi spora, (3) tidak mempunyai klorofil sehingga tidak dapat melakukan fotosintesis, (4) dapat berkembang biak secara seksual maupun aseksual, dan beberapa mempunyai bagian-bagian tubuh berbentuk filamen dengan dinding sel yang mengandung selulosa atau kitin, atau keduanya (Bold *et al.*, 1980; Fardiaz, 1992).

Jamur juga dikenal sebagai penghasil beberapa enzim yang berguna untuk mendegradasi polisakarida dan protein menjadi gula sederhana dan asam amino untuk diasimilasi. Enzim merupakan protein yang diproduksi oleh sel-sel hidup

dan digunakan sebagai katalisator, reaksi kimia yang bersifat spesifik. Enzim pada jamur dibedakan menjadi dua, yaitu enzim ekstraseluler yang merupakan enzim yang disekresi ke lingkungan medianya sebagai katalisator dalam proses hidrolisis dan enzim intraseluler merupakan enzim yang bekerja di dalam sel terutama dalam proses sintesis (Bechara, 2006). Jamur selulolitik aerob cairan rumen sapi yang terkandung dalam inokulum dan dapat diidentifikasi adalah dari spesies *Aspergillus terreus* (Widya dkk., 2009). Pada kondisi aerob jamur mempunyai peran yang nyata pada penguraian selulosa terutama dalam kondisi asam (Schegel dan Schmidt, 1994)

2.6.3. Tetes tebu (Molases)

Tetes tebu adalah merupakan hasil sampingan pembuatan gula pasir dari tebu (Parakkasi, 1995). Bentuk fisiknya berupa cairan kental dan berwarna hitam. Kandungan karbohidrat, protein dan mineralnya cukup tinggi sehingga bisa dijadikan pakan walaupun sifatnya hanya sebagai pakan pendukung. Disamping harganya yang murah, kelebihan lain dari tetes terletak pada aroma dan rasanya, oleh karena itu apabila dicampur dalam ransum pakan bisa memperbaiki aroma dan rasa ransum (Parakkasi, 1995).

Beberapa segi positif dari tetes menurut Parakkasi (1995) antara lain adalah mempunyai energi yang tinggi, pembawa (*carrier liquid formulation*) dan merupakan perekat dalam pembuatan pelet.

Penggunaan tetes sebagai pakan adalah sebagai sumber energi dan untuk meningkatkan nafsu makan. Selain itu juga untuk meningkatkan kualitas bahan pakan dengan peningkatan daya cerna (Setyono dkk., 2004).

Melalui proses fermentasi, tetes yang kaya karbohidrat akan dimanfaatkan oleh mikroba sebagai sumber karbon untuk perkembangan, pertumbuhan dan aktivitasnya dalam menguraikan selulosa. Diharapkan dengan penambahan tetes akan dapat menurunkan kandungan serat kasar dan meningkatkan kandungan protein (De Jong *et al.*, yang dikutip oleh Indrawan, 2005).

2.7. *Spirulina*

Spirulina merupakan alga biru-hijau, diketahui ada beberapa jenis spesies *Spirulina* antara lain *Spirulina platensis*, *Spirulina fusiformis*, *Spirulina maxima*. Taksonomi *Spirulina* menurut Venkataraman (1983) adalah sebagai berikut :

Divisi : *Cyanophyta*
Kelas : *Cyanophyceae*
Ordo : *Nostocales*
Family : *Oscillatoriceae*
Genus : *Spirulina*

Spirulina pertama kali ditemukan di Afrika, di daerah sungai Chad. *Spirulina* berwarna hijau kebiruan, selnya berkoloni membentuk filamen terpilin menyerupai spiral, sehingga disebut alga biru-hijau berfilamen (Borowitzka and Borowitzka, 1988). Filamen *Spirulina* berawal dari sel-sel yang mudah membelah pada sisi luar sumbu utama filamen, sehingga terbentuk suatu filamen yang berisi

beberapa sel *Spirulina* berbentuk silindris dengan sel tipis. Garis tengah sel berkisar antara 1-12 mikron. *Spirulina* dapat bergerak sepanjang garis tengahnya dengan cara menggelinging (Isnansetyo dan Kusniastuty, 1995).

Spirulina merupakan phytoplankton yang kosmopolit, dikenal dengan berbagai macam spesies dan berbagai macam habitat mulai dari lingkungan testrial, air tawar, air payau, air asin, hingga danau garam. Perkembangbiakannya dengan cara membelah diri. Pembelahan diawali dengan memutus filament menjadi satu-satuan sel yang akan membentuk filamen baru. Pemutusan filamen yang telah masak merupakan awal daur hidup phytoplankton ini. Pemutusan filamen ini membentuk bagian-bagian yang disebut necrida. Necrida selanjutnya akan membelah membentuk semacam piringan yang terpisah-pisah. Hasil pembelahan tersebut akan berkoloni membentuk hormogonia yang dapat memisahkan diri dari filamen induk menjadi filamen baru (Isnansetyo dan Kusniastuty, 1995).

Protein dari *Spirulina* kering dapat mencapai 60%-70%, kandungan vitaminnya tinggi, terutama vitamin B12 (Borowitzka and Borowitzka, 1988). Komposisi spirulina terdiri dari : Protein 60%-70%; Karbohidrat 15%-25%; Lemak 0,6%-0,8%; Mineral 0,7%-1,3%; dan Air 0,3%-0,7% (Borowitzka and Borowiitzka, 1988). Kandungan protein yang tinggi tersebut berhubungan dengan kualitas asam amino, koefisien pencernaan serta nilai biologis. *Spirulina* mempunyai potensi untuk pakan ternak karena komposisinya cukup baik sehingga memiliki nilai ekonomis (Isnansetyo dan Kusniastuty, 1995).

Sifat-sifat fungsional protein *Spirulina* juga dapat mengimbangi sifat fungsional protein lain sehingga kemungkinan pemakaiannya di dalam berbagai industri pengguna protein patut diperhitungkan. *Spirulina* memiliki kandungan asam amino yang cukup seimbang (Ayala dan Bravo, 1983). Lipid *Spirulina* telah dianalisis dan ditemukan kaya akan asam amino tak jenuh. Salah satu jenis yang utama adalah asam linoleat yang mencapai 20% total lipida. Jenis gula yang menyusun karbohidrat spirulina termasuk glikogen 0,5% dan asam sialat 0,5% (Borowitzka and Borowiitzka, 1988).

Komposisi asam amino essensial pada spirulina terdiri dari : Triptofan 3,7-4,1%; Leusin 5,6-5,8%; Lisin 2,9-4,0%; Metionin 1,6-2,2%; Fenilalanin 2,8-4,0%; Treonin 3,2-4,2%; Isoleusin 0,8-1,1%; Valin 4,2-6,0%; Histidin 4,5-4,9%; Arginin 2,7-3,0%. Komposisi asam amino non essensial pada spirulina : Prolin 5,0-5,8%; Glisin 3,2-3,5%; Asam Aspartat 5,0-6,4%; Alanin 3,2-4,0%; Sistin 8,3-8,9; Asam glutamat 0,6-0,7 (Borowitzka and Borowiitzka, 1988).

Spirulina merupakan tumbuhan ganggang yang memiliki kandungan nutrien tinggi, serta sangat mudah dikembangkan untuk diambil manfaatnya. Pada umumnya, sumber protein nabati memiliki kekurangan yaitu terikat pada senyawa lain seperti lignoselulosa yang sulit dicerna, namun dinding sel *Spirulina* ternyata berupa senyawa mukoprotein dan bukan lignoselulosa sehingga mudah dicerna. *Spirulina* juga tidak mengandung senyawa lain yang menyulitkan pencernaan. *Spirulina* memiliki *Protein Efficiency Ratio* (PER) yang sangat tinggi, sehingga lebih cepat diserap tubuh. Dinding sel *Spirulina* terbuat dari protein, polysacarida

dan enzim serta tidak memiliki selulosa sehingga lebih mudah dicerna dan diserap oleh tubuh (Borowitzka and Borowitzka, 1988).

2.8. Kecernaan

Kecernaan atau daya cerna (*digestibility*) didefinisikan sebagai bagian zat makanan dari bahan pakan yang tidak diekskresikan dalam feses atau dengan asumsi bahwa zat makanan yang terdapat dalam feses adalah habis dicerna dan diserap. Kecernaan pakan adalah peubah fisik dan kimiawi yang dialami bahan pakan didalam alat pencernaan. Kecernaan pakan merupakan jumlah pakan yang diabsorpsi oleh saluran pencernaan dan tidak diekskresikan didalam feses (Mc Donald *et al.*, 1994).

Kecernaan ada dua macam, yaitu kecernaan sesungguhnya (*true digestibility*) dan kecernaan semu (*apparent digestibility*). Kecernaan sesungguhnya memperhitungkan material bukan bahan pakan yang ada di dalam feses seperti mukosa usus, enzim dan bakteri, sedangkan kecernaan semu menganggap semua nutrien yang ada di dalam feses berasal dari bahan pakan yang tidak tercerna (Cullison, 1979).

Mc Donald *et al.*, (1994) menyatakan bahwa tinggi rendahnya kecernaan bahan pakan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain jenis ternak, macam bahan pakan dalam ransum, kandungan protein kasar, level pemberian ransum dan cara penyediaan ransum. Kecernaan bahan pakan tidak selalu sama dengan kecernaan masing-masing komponen penyusunnya. Kandungan serat kasar, protein pakan, perlakuan bahan pakan, faktor jenis ternak dan jumlah pakan dapat

ternak percobaan diberi pakan dalam jumlah yang cukup selama waktu tertentu dan feses yang dikumpulkan digunakan untuk analisis. Hasil penentuan pencernaan secara *in vivo* dianggap lebih tepat karena diperoleh dengan pengukuran konsumsi pakan dan feses pada ternak hidup (Chuzaemi, 1994). Pencernaan dapat diukur dengan menganalisis sampel pakan dan feses. Kelebihan dari pengukuran pencernaan secara *in vivo* adalah proses yang berlangsung secara alami dan memperhatikan palatabilitas pakan yang dapat mempengaruhi konsumsi ternak (Mc Donald *et al.*, 1994).

2.8.1. Pencernaan protein kasar

Protein adalah komponen kompleks makromolekul atau polymer asam-asam amino yang diikat dengan rangkaian peptida. Protein mengandung 16% nitrogen dan terdapat sulfur, besi, atau fosfor (Parakkasi, 1995). Semua zat makanan yang mengandung nitrogen termasuk didalamnya protein murni disebut protein kasar (Tillman dkk., 1993).

Protein adalah senyawa organik kompleks tersusun atas asam amino yang mengandung unsur carbon (C), hidrogen (H), oksigen (O) dan nitrogen (N) yang tidak dimiliki oleh lemak atau karbohidrat. Fungsi protein adalah sebagai zat pembangun (membentuk jaringan baru, mengganti jaringan yang rusak, dan proses reproduksi), sebagai zat pengatur (pembentukan enzim, hormon, dan mengatur proses-proses metabolisme dalam tubuh), dan sebagai zat pembakar (sumber energi disamping karbohidrat/lemak) (Parakkasi, 1990).

Pencernaan protein sering menunjukkan ketahanannya terhadap perombakan enzim oleh karena itu perlu didenaturasi lebih dahulu. Pada ayam proses denaturasi terjadi didalam proventrikulus dan empedal. Proventrikulus menghasilkan asam hidroklorik yang memberikan medium asam yang penting untuk proses denaturasi. Suasana asam akan mengaktifkan pepsin dan renin yang membantu pencernaan protein menjadi gugus yang lebih sederhana seperti protease dan pepton. Enzim tripsin, khimotripsin dan karboksipeptidase yang dihasilkan oleh pankreas dialirkan ke duodenum untuk mencerna protein lebih lanjut menjadi beberapa peptida dan akhirnya menjadi asam amino yang siap diserap oleh mukosa usus halus. Hasil dari proses metabolisme protein pada ayam berupa asam urat yang dikeluarkan lewat urin (Martoharsono, 1990).

2.8.2. Kecernaan serat kasar

Kecernaan suatu pakan menentukan banyaknya material yang tidak dicerna yang harus dikeluarkan dari lambung. Pakan yang lebih tinggi kecernaannya akan dikonsumsi lebih banyak oleh ternak. Kecernaan pakan berhubungan erat dengan komposisi kimianya. Pakan dengan kandungan *Neutral Detergent Fiber* (NDF) dan *Acid Detergent Fiber* (ADF) yang tinggi akan menampilkan kecernaan yang rendah, karena kandungan NDF dan ADF dalam pakan mempunyai korelasi negatif dengan kecernaan pakan. Korelasi negatif ini berkaitan erat dengan derajat lignifikasinya, karena lignin akan melindungi selulosa dan hemiselulosa yang menyebabkan semakin rendahnya derajat

kecernaan serat kasar. Meningkatnya komponen dinding sel akan menurunkan derajat kecernaan bahan kering (Van Soest, 1994).

Persentase serat kasar yang dapat dicerna oleh ayam sangat bervariasi. Efeknya terhadap kandungan energi sangat kompleks. Serat kasar yang tidak dapat dicerna dari bahan-bahan pakan, dikeluarkan bersamaan dengan feses (Wahyu, 1992).

Tempat penyerapan serat kasar terbesar berada di sekum. Serat kasar yang dapat dicerna 20% - 30%. Serat kasar akan mengurangi sel goblet pada epitel usus sehingga jumlah lendir yang dihasilkan berkurang sehingga proses penyerapan zat-zat makanan meningkat. Serat kasar juga merangsang pertumbuhan mikroorganisme di dalam saluran pencernaan (Tillman dkk., 1998).

BAB 3

MATERI DAN METODE

BAB 3 MATERI DAN METODE

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama empat bulan, mulai bulan Agustus 2009 sampai bulan November 2009 di Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga Surabaya.

Analisis proksimat kandungan nutrisi pakan dan feses dilaksanakan di Laboratorium Makanan Ternak Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga Surabaya.

3.2. Materi Penelitian

3.2.1. Hewan coba

Hewan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ayam betina petelur *Gallus domesticus* strain *Isa Brown* sebanyak 24 ekor yang berumur 15 minggu yang berasal dari peternakan ayam petelur-Adi Farm, Blitar. Berat rata-rata per ekor 1,7 kg.

3.2.2. Bahan penelitian

3.2.2.1. Pembuatan inokulum

Inokulum bakteri selulolitik dan jamur selulolitik yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari cairan rumen sapi yang diperoleh dari Rumah Potong Hewan Pegirian, Surabaya. Bakteri dan jamur selulolitik tersebut menunjukkan hasil positif pada uji selulolitik yang ditandai dengan kemampuan tumbuh pada

media Carboxil Methil Cellulose (CMC) (Nugroho, 2005). Bakteri dan jamur selulolitik yang mampu tumbuh pada media CMC kemudian di inokulasikan pada Nutrient Agar untuk isolasi bakteri selulolitik dan Sabouraud Dextrose Agar + Antibiotika untuk isolasi jamur selulolitik, kemudian diidentifikasi dengan *microbact kit* untuk menentukan spesies bakteri dan jamur selulolitik. Bakteri dan jamur selulolitik yang terkandung dalam media adalah spesies *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* yang diambil dari hasil penelitian tahap sebelumnya (Widya dkk., 2009). *Acidothermus cellulolyticus* yang teridentifikasi, di inokulasikan ke dalam 2,5 liter media Nutrient Broth, kemudian di inkubasi pada suhu ruang selama satu hari, sedangkan *Aspergillus terreus* di inokulasikan ke dalam tiga liter media Sabouraud Dextrose Broth + Antibiotika, kemudian di inkubasi pada suhu ruang selama tiga hari. Masing-masing inokulum di encerkan dengan aquadest dengan perbandingan 1 : 3 sesuai standar Mac. Farland tingkat 1 untuk mendapatkan konsentrasi inokulum 3×10^8 /ml (jumlah masing-masing bakteri dan jamur selulolitik 3×10^8 dalam 1 ml inokulum). Dosis inokulum yang digunakan untuk memfermentasi bekatul terdiri dari : *Acidothermus cellulolyticus* 10% dan *Aspergillus terreus* 20% berdasarkan hasil fermentasi terbaik pada penelitian tahap sebelumnya (Widya dkk., 2009). Bahan lain yang digunakan untuk memfermentasi bekatul adalah tetes tebu 3% (Ardianti, 2005).

3.2.2.2. Pembuatan bekatul fermentasi

Bekatul yang akan diberi perlakuan fermentasi dipersiapkan terlebih dahulu sebagai berikut : bekatul yang diperoleh dari daerah Blitar, Jawa Timur

Erlenmeyer 300 cc, Erlenmeyer penghisap, corong *Buchner*, cawan porselen, spatula, gelas ukur, timbangan analitik, oven, penangas air dan kompresor.

3.3. Metode Penelitian

3.3.1. Pelaksanaan penelitian

Pada periode adaptasi ternak diberi ransum yang dicobakan berupa pakan perlakuan ayam petelur sedikit demi sedikit selama satu minggu untuk menggantikan pakan awal sampai konsumsinya konstan.

Ayam sebanyak 24 ekor dibagi secara acak dalam delapan perlakuan ransum pakan dengan masing-masing tiga ulangan. Perlakuan yang direncanakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Komposisi formula pakan perlakuan

Bahan	Pakan Perlakuan (komposisi dalam %)							
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇
Jagung	50	50	50	50	50	50	50	50
Bungkil Kedelai	16	16	16	16	16	16	16	16
Tepung Ikan	6	6	6	6	6	6	6	6
Methionin	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Vitamin	1	1	1	1	1	1	1	1
Mineral	2	2	2	2	2	2	2	2
Dicalsium-Phosphat	2	2	2	2	2	2	2	2
L-Lysin	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Minyak	2	2	2	2	2	2	2	2
Bekatul tanpa fermentasi	20	20	20	20	-	-	-	-
Bekatul terfermentasi	-	-	-	-	20	20	20	20
Spirulina	-	0,5	1	1,5	-	0,5	1	1,5

Keterangan :

P₀ adalah suplementasi bekatul tanpa fermentasi, tanpa suplementasi *Spirulina*

P₁ adalah suplementasi bekatul tanpa fermentasi dan *Spirulina* 0,5%

P₂ adalah suplementasi bekatul tanpa fermentasi dan *Spirulina* 1%

P₃ adalah suplementasi bekatul tanpa fermentasi dan *Spirulina* 1,5%

P₄ adalah suplementasi bekatul terfermentasi, tanpa suplementasi *Spirulina*

P₅ adalah suplementasi bekatul terfermentasi dan *Spirulina* 0,5%

P₆ adalah suplementasi bekatul terfermentasi dan *Spirulina* 1%

P₇ adalah suplementasi bekatul terfermentasi dan *Spirulina* 1,5%

3.3.2. Persiapan kandang penelitian

Kandang penelitian yang telah dipersiapkan dengan ukuran 4 x 3 meter, dibersihkan dan difumigasi terlebih dahulu menggunakan campuran 30 gram KMnO₄ dengan formalin 40% 15 cc. Ayam petelur dimasukkan kedalam kandang setelah tiga hari proses fumigasi selesai.

3.3.3. Pengambilan sampel

Selama tahap koleksi dilakukan penimbangan dan pencatatan terhadap pakan pemberian dan pakan sisa. Pencatatan pakan sisa dilakukan pada keesokan harinya sebelum pemberian pakan dilakukan. Selama satu minggu sebelum akhir penelitian, feses tiap hewan coba dikumpulkan setiap hari dengan terlebih dahulu menimbang jumlah feses tiap ekor, kemudian diambil 10% untuk sampel. Sampel feses kemudian di simpan kedalam freezer supaya komposisinya tidak berubah. Sebelum dianalisis proksimat, seluruh sampel feses dikomposit secara proposional dan diambil 10% untuk dilakukan analisis proksimat protein kasar dan serat kasar (Lampiran 1 dan 2).

3.4 Identifikasi Variabel

3.4.1 Variabel bebas

Pakan dengan kandungan bekatul terfermentasi bakteri *Acidothermus cellulolyticus* dan jamur *Aspergillus terreus*, dan suplementasi *Spirulina* sebesar 0%, 0,5%, 1%, dan 1,5% dari total ransum.

3.4.2 Variabel tergantung

Kecernaan protein kasar dan serat kasar ransum pakan yang disuplementasi *Spirulina* dan bekatul yang telah difermentasi dengan kombinasi bakteri *Acidothermus cellulolyticus* dan jamur *Aspergillus terreus*.

3.5. Penghitungan Kecernaan Protein Kasar dan Serat Kasar

Konsumsi PK (KPK) = (%PK Pemberian x BK Pemberian) - (%PK sisa x BK sisa)

Konsumsi SK (KSK) = (%SK Pemberian x BK Pemberian) - (%SK sisa x BK sisa)

PK feses (g) = %PK feses x gram feses (produksi feses)

SK feses (g) = %SK feses x gram feses (produksi feses)

Kecernaan PK (KcPK) = $\frac{\text{KPK (g)} - \text{PK feses (g)}}{\text{KPK (g)}} \times 100\%$

Kecernaan SK (KcSK) = $\frac{\text{KSK (g)} - \text{SK feses (g)}}{\text{KSK (g)}} \times 100\%$

Keterangan : KPK = Konsumsi Protein Kasar PK = Protein Kasar

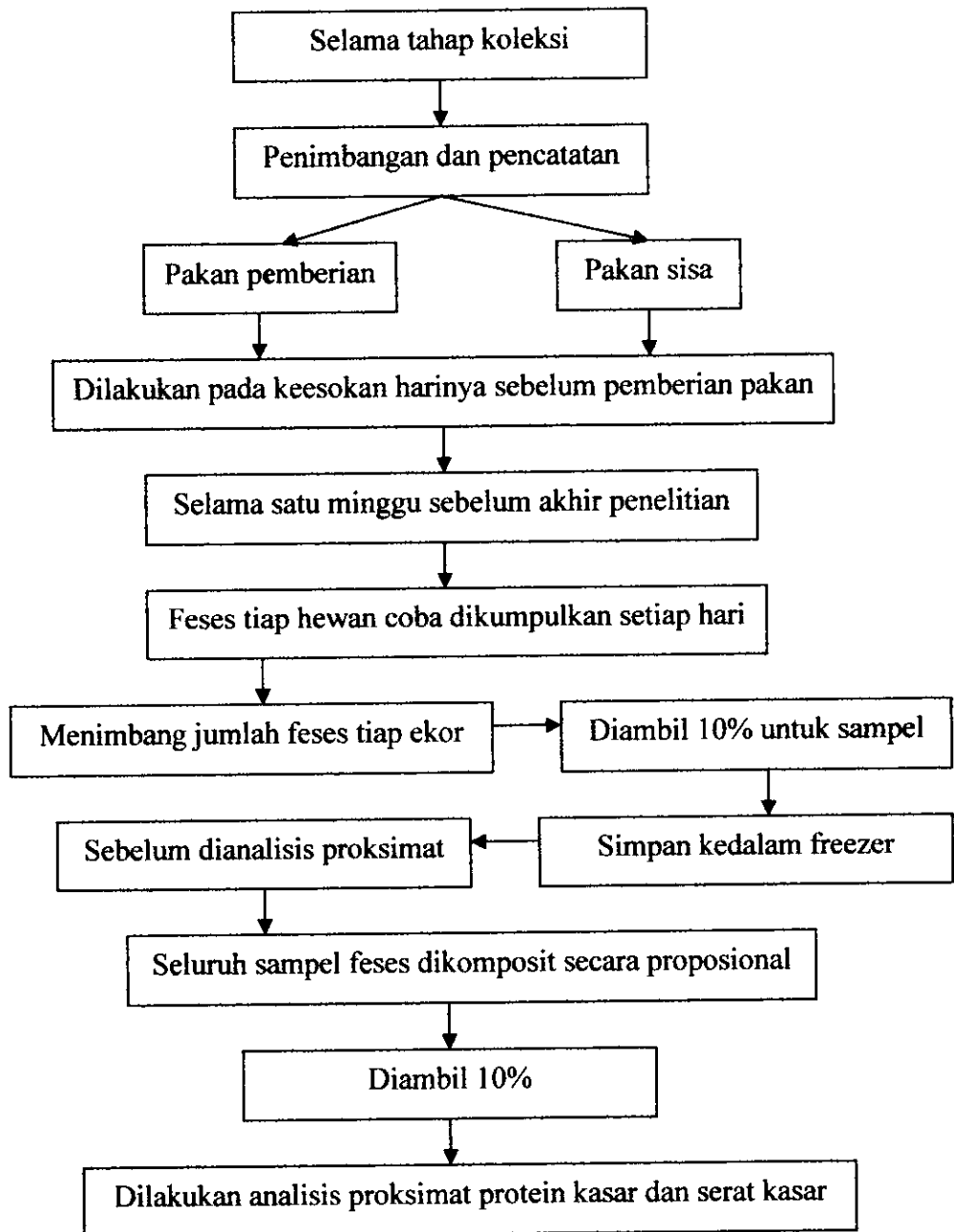
KSK = Konsumsi Serat Kasar SK = Serat Kasar

KcPK = Kecernaan Protein Kasar BK = Bahan Kering

KcSK = Kecernaan Serat Kasar

Sumber : (Tillman dkk., 1993)

3.8. Metode Koleksi Feses



BAB 4

HASIL PENELITIAN

BAB 4 HASIL PENELITIAN

Hasil penelitian pencernaan protein kasar dan serat kasar pada ayam petelur yang disuplementasi *Spirulina* dan bekatul terfermentasi *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* dengan delapan macam perlakuan yaitu perlakuan P₀ adalah suplementasi bekatul tanpa fermentasi dan tanpa suplementasi *Spirulina*, P₁ adalah suplementasi bekatul tanpa fermentasi dan *Spirulina* 0,5%, P₂ adalah suplementasi bekatul tanpa fermentasi dan *Spirulina* 1%, P₃ adalah suplementasi bekatul tanpa fermentasi dan *Spirulina* 1,5%, P₄ adalah suplementasi bekatul terfermentasi dan tanpa suplementasi *Spirulina*, P₅ adalah suplementasi bekatul terfermentasi dan *Spirulina* 0,5%, P₆ adalah suplementasi bekatul terfermentasi dan *Spirulina* 1%, dan P₇ adalah suplementasi bekatul terfermentasi dan *Spirulina* 1,5%.

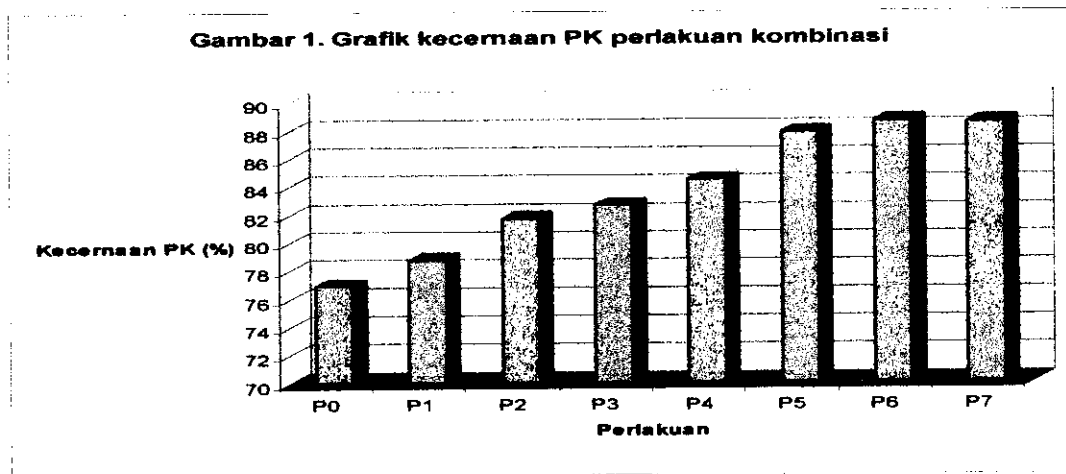
4.1. Kecernaan Protein Kasar

Setelah dilakukan penghitungan terhadap pencernaan protein kasar pada ayam petelur serta berdasarkan analisis pada Lampiran 3, maka diperoleh hasil seperti yang tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Rata-rata Analisis Terhadap Kecernaan Protein Kasar Oleh Pengaruh Suplementasi *Spirulina* dan Bekatul Terfermentasi *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus*.

Dosis <i>Spirulina</i>	Bekatul	
	Tanpa fermentasi	Dengan fermentasi
0%	P ₀ 76,91±7,34 ^d	P ₄ 84,50±0,85 ^b
0,5%	P ₁ 78,78±2,71 ^c	P ₅ 87,84±2,01 ^a
1%	P ₂ 81,73±2,66 ^c	P ₆ 88,63±0,93 ^a
1,5%	P ₃ 82,67±0,64 ^b	P ₇ 88,55±0,67 ^a

^{a,b,c,d} Superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda sangat nyata ($p < 0,01$).



Dari hasil uji jarak Duncan, terlihat bahwa perlakuan P₀ memberikan hasil kecernaan protein kasar terendah, yang berbeda nyata dengan P₁, P₂, P₃, P₄, P₅, P₆ dan P₇, sedangkan hasil kecernaan protein kasar tertinggi terdapat pada perlakuan P₅, P₆ dan P₇.

Berdasarkan hasil ANOVA menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata ($p < 0,01$) antara perlakuan P₆ terhadap P₀. Berdasarkan uji jarak Duncan, perlakuan P₆ menunjukkan daya cerna protein kasar yaitu $88,63 \pm 0,93$ yang setara dengan P₇ yaitu sebesar $88,55 \pm 0,67$ dan P₅ yaitu sebesar $87,84 \pm 2,01$. Perlakuan P₀ mempunyai nilai daya cerna terendah yaitu $76,91 \pm 7,34$.

Pada perlakuan P₃ dan P₄ menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata, dimana P₃ adalah bakatut tanpa fermentasi dengan pemberian *Spirulina* 1,5% dan P₄ adalah bakatut fermentasi dan tanpa pemberian *Spirulina*.

P₀ memberikan hasil terkecil pada kecernaan protein kasar sedangkan P₆, P₇, dan P₅ memberikan hasil tertinggi pada kecernaan protein kasar, jadi pengaruh pemberian bekatul terfermentasi *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus*

terreus sudah cukup untuk meningkatkan pencernaan protein kasar pada ayam petelur.

4.2. Kecernaan Serat Kasar

Setelah dilakukan pengamatan terhadap pencernaan serat kasar pada ayam petelur serta berdasarkan analisis pada Lampiran 4, maka diperoleh hasil seperti yang tercantum pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Rata-rata Analisis Terhadap Kecernaan Serat Kasar Oleh Pengaruh Suplementasi *Spirulina* dan Bekatul Terfermentasi *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus*.

Dosis <i>Spirulina</i>	Bekatul	
	Tanpa fermentasi	Dengan fermentasi
0%	P ₀ 59,26±26,74 ^c	P ₄ 79,52±3,79 ^a
0,5%	P ₁ 70,04±5,94 ^b	P ₅ 79,92±4,54 ^a
1%	P ₂ 72,27±7,07 ^b	P ₆ 81,24±1,61 ^a
1,5%	P ₃ 77,10±2,10 ^b	P ₇ 81,14±1,88 ^a

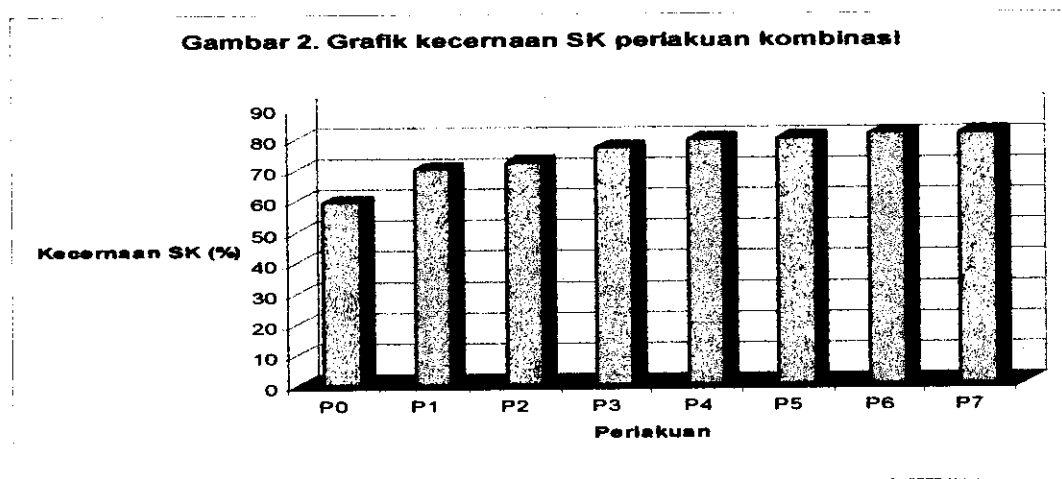
^{a,b,c} Superscrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$).

Pada Lampiran 4 menunjukkan bahwa hasil analisis varian pengaruh interaksi suplementasi bekatul terfermentasi dengan *Spirulina* terhadap serat kasar pada ayam petelur adalah F hitung < F tabel 0,05 yaitu menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi yang berarti ($p > 0,05$) diantara perlakuan, jadi pengaruh interaksi suplementasi bekatul terfermentasi dengan *Spirulina* tidak mempengaruhi pencernaan serat kasar pada ayam petelur.

Faktor suplementasi *Spirulina* secara statistik juga tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Hasil analisis varian pengaruh *Spirulina* terhadap pencernaan serat kasar pada ayam petelur adalah F hitung < F tabel 0,05 yaitu menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata ($p > 0,05$) diantara

perlakuan (Lampiran 4), jadi pemberian *Spirulina* tidak mempengaruhi kecernaan serat kasar pada ayam petelur.

Namun demikian hasil statistik menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata dari faktor-faktor yang diberikan, yaitu faktor suplementasi bekatul terfermentasi *Acidothormus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus*. Hasil analisis varian pengaruh bekatul terfermentasi *Acidothormus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* terhadap serat kasar pada ayam petelur adalah F hitung > F tabel 0,05 yaitu menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata ($p < 0,05$) diantara perlakuan (Lampiran 4), jadi suplementasi bekatul terfermentasi *Acidothormus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* mempengaruhi kecernaan serat kasar pada ayam petelur.



Dari hasil uji jarak Duncan, terlihat bahwa perlakuan P₀ memberikan hasil kecernaan serat kasar terendah, yang berbeda nyata dengan P₁, P₂, P₃, P₄, P₅, P₆ dan P₇, sedangkan hasil kecernaan protein kasar tertinggi terdapat pada perlakuan P₄, P₅, P₆ dan P₇.

Berdasarkan hasil ANOVA menunjukkan adanya perbedaan yang nyata ($p < 0,05$) antara P_0 dengan semua perlakuan. Berdasarkan uji jarak Duncan, perlakuan P_6 menunjukkan daya cerna serat kasar yaitu $81,24 \pm 1,61$ yang setara dengan P_7 yaitu sebesar $81,14 \pm 1,88$; P_5 yaitu sebesar $79,92 \pm 4,54$; dan P_4 yaitu sebesar $79,52 \pm 3,79$. Perlakuan P_0 mempunyai nilai daya cerna terendah yaitu $59,26 \pm 26,74$.

P_0 memberikan hasil terkecil pada pencernaan serat kasar sedangkan P_6 , P_7 , P_5 , dan P_4 memberikan hasil tertinggi pada pencernaan serat kasar, jadi suplementasi bekatul terfermentasi *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* sudah cukup untuk meningkatkan pencernaan serat kasar pada ayam petelur.

BAB 5

PEMBAHASAN

BAB 5 PEMBAHASAN

5.1. Kecernaan Protein Kasar

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pakan rendah protein kasar jika di fermentasi dengan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* berpengaruh sangat nyata meningkatkan kecernaan protein kasar. Berdasarkan *Analysis of Variant* (ANOVA) ransum yang mengandung bekatul tanpa fermentasi dengan protein kasar 18,14% (P₀) mempunyai daya cerna hanya 76,91%, sedangkan jika ditambah *Spirulina* (P₁, P₂, dan P₃) dengan dosis masing-masing (0,5%, 1%, dan 1,5%), kecernaan protein kasar meningkat menjadi 78,78%, 81,73%, dan 82,67%. Jika dibandingkan dengan ransum yang mengandung bekatul terfermentasi *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* dengan protein kasar 18,98% (P₄) mempunyai daya cerna hanya 84,50%, sedangkan jika ditambah *Spirulina* (P₅, P₆, dan P₇) dengan dosis masing-masing (0,5%, 1%, dan 1,5%) kecernaan protein kasar meningkat menjadi 87,84%, 88,63%, dan 88,55%.

Berdasarkan hasil tersebut tampak bahwa pemberian ransum mengandung bekatul yang berprotein kasar rendah jika bekatul tersebut di fermentasi dengan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* maka, dapat meningkatkan kecernaan protein kasar pada ayam petelur. Hal tersebut memberikan gambaran bahwa pemberian suplementasi diharapkan dapat meningkatkan kecernaan bahan pakan. Menurut Soebarinoto, Chuzaemi dan Hardjono (1989) pemberian pakan yang mengandung protein kasar tinggi dapat meningkatkan kecernaan nutrien

yang lain. Namun peningkatan kandungan protein kasar dalam pakan tidak selalu memberikan pengaruh yang nyata terhadap pencernaan, hal tersebut dapat dilihat pada perlakuan P₆ dan P₇. Apabila konsumsi protein kasar terlalu tinggi dan melebihi kebutuhan ternak maka dibuang melalui urin dalam bentuk N, dengan demikian pasokan protein kasar pada ternak harus diperhatikan agar pemanfaatannya efisien.

Rata-rata pencernaan protein kasar tertinggi pada P₆ yaitu dengan penambahan bekatul terfermentasi dan 1% *Spirulina*, meskipun dilihat dari analisis statistik, *Spirulina* menunjukkan hasil tidak berbeda nyata. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan bekatul terfermentasi *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* akan meningkatkan kandungan protein kasar ransum sehingga nilai pencernaan nutrisi ransum juga meningkat.

Kecernaan atau daya cerna (*digestibility*) didefinisikan sebagai bagian zat makanan dari bahan pakan yang tidak diekskresikan dalam feses atau dengan asumsi bahwa zat makanan yang terdapat dalam feses adalah habis dicerna dan diserap. Kecernaan pakan adalah peubah fisik dan kimiawi yang dialami bahan pakan didalam alat pencernaan. Kecernaan pakan merupakan jumlah pakan yang diabsorpsi oleh saluran pencernaan dan tidak diekskresikan didalam feses (Mc Donald *et al.*, 1994).

Kecernaan ada dua macam, yaitu kecernaan sesungguhnya (*true digestibility*) dan kecernaan semu (*apparent digestibility*). Kecernaan sesungguhnya memperhitungkan material bukan bahan pakan yang ada di dalam feses seperti mukosa usus, enzim dan bakteri. Sedangkan kecernaan semu

menganggap semua nutrien yang ada di dalam feses berasal dari bahan pakan yang tidak tercerna (Cullison, 1979).

Mc Donald *et al.*, (1994) menyatakan bahwa tinggi rendahnya pencernaan bahan pakan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain jenis ternak, macam bahan pakan dalam ransum, kandungan protein kasar, level pemberian ransum dan cara penyediaan ransum. Pencernaan bahan pakan tidak selalu sama dengan pencernaan masing-masing komponen penyusunnya. Kandungan serat kasar, protein pakan, perlakuan bahan pakan, faktor jenis ternak dan jumlah pakan dapat mempengaruhi pencernaan (Tillman dkk., 1998). Meningkatnya kandungan protein kasar dalam ransum dapat meningkatkan pencernaan nutrien. Pencernaan protein dapat ditingkatkan apabila konsentrasi protein kasar dalam ransum tidak berlebihan (Yan dan Agnew, 2004).

Pakan masuk melalui rongga mulut kemudian ditelan dan disimpan dalam tembolok (*crop*) untuk dilunakkan dan diproses oleh getah pencernaan saat masuk proventrikulus. Gumpalan pakan diproses secara mekanis di empedal (*gizzard*) untuk memperkecil ukuran partikel pakan. Dari empedal partikel-partikel bergerak melalui lekukan *duodenum* (Anggorodi, 1985). Bock *et al.*, (1989) menyatakan bahwa absorpsi protein paling intensif terjadi pada segmen usus halus yaitu antara *duodenum* dan *diverticulum Meckel's*. Leeson dan Zubair (2007) menyatakan pH optimum yang dibutuhkan untuk pencernaan protein di usus halus adalah 5,8-6,8. Caspary (1992) berpendapat bahwa tugas utama usus halus adalah menghidrolisa protein dalam pakan menjadi molekul-molekul yang dapat ditrasportasikan ke sistem vena porta dan sistem sistemik. Proses hidrolisa protein

tersebut terjadi melalui tiga fase, yaitu fase *luminal*, fase *brush border* dan fase *cytoplasmic*. Pada fase *luminal*, langkah pertama yang terjadi adalah proses denaturasi protein oleh lingkungan asam dari lambung dan bantuan pepsin. Proses tersebut menghasilkan sedikit asam amino dan sebagian besar masih berbentuk polipeptida. Hal utama yang terjadi pada fase *luminal* adalah pemecahan polipeptida yang terjadi di *duodenum* oleh enzim *pancreatic protease like trypsin, chymotrypsin, elastase, dan carboxypeptidase*. Enzim-enzim tersebut disekresi dalam bentuk inaktif oleh pankreas. Proses aktivasi enzim-enzim tersebut memerlukan enterokinase. Hasil akhir hidrolisa protein pada fase *luminal* adalah oligopeptida yang terdiri dari 2 – 8 asam amino. Proses selanjutnya dalam hidrolisa protein adalah fase *brush border*. Pada fase ini oligopeptida dan asam amino bebas yang merupakan hasil akhir dari fase *luminal* menempel pada *brush border*. Untuk membersihkan produk hasil dari fase *luminal* dilakukan melalui dua mekanisme yaitu *brush border* menghidrolisa oligopeptida menjadi asam amino bebas dengan sistem transport asam amino spesifik dan translokasi membran peptida oleh *cytosolic peptidase*. Sebagian besar peptida dibelah di membran *brush border*. Proses akhir dari hidrolisa protein adalah fase *cytoplasmic* dimana dipeptida dan tripeptida dihidrolisa menjadi asam amino sehingga akan mencapai sistem vena porta dan sistem sistemik.

Protein kasar bukan merupakan protein yang sesungguhnya tetapi merupakan fraksi yang terbentuk dari nitrogen yang dipisahkan dari sumber protein (McDonald *et al.*, 1994). Kualitas protein pakan dinyatakan tinggi atau rendah, tergantung dari keseimbangan asam amino esensial yang terkandung

dalam pakan tersebut (Anggorodi, 1994). Meningkatnya jumlah koloni mikroba selama proses fermentasi secara tidak langsung dapat meningkatkan kandungan protein kasar karena mikroba merupakan sumber protein tunggal, mikroba rumen yang telah mati tersebut akan memberikan pasokan protein yang cukup besar pada ternak jika dicerna dalam usus halus (Wuryantoro, 2000).

Semakin tinggi nilai nutrisi yang terkandung dalam suatu pakan, akan meningkatkan konsumsi pakan sampai mencapai koefisien cerna sekitar 70%, sehingga dapat membantu meningkatkan produksi hewan (Parakkasi, 1990).

Spirulina mengandung protein dengan komposisi asam amino esensial yang lengkap yaitu asam amino leusin, treonin, valin, metionin, isoleusin, lisin, fenilalanin, arginin, histidin, dan triptofan dengan kadar yang tinggi serta asam amino non esensial yang cukup lengkap diantaranya asam glutamat, asam aspartat, prolin, glisin, alanin, dan sistin, disamping itu *Spirulina* juga mengandung vitamin B12, beta carotene, zat besi, dan kalsium (Borowitzka and Borowiitzka, 1988).

Spirulina sebagai tumbuhan ganggang yang memiliki kandungan gizi tinggi. Pada umumnya, sumber protein nabati memiliki kekurangan yaitu terikat pada senyawa lain seperti lignoselulosa yang sulit dicerna, namun dinding sel *Spirulina* berupa senyawa mukoprotein dan bukan lignoselulosa sehingga mudah dicerna. *Spirulina* juga tidak mengandung senyawa lain yang menyulitkan pencernaan. *Spirulina* memiliki *Protein Efficiency Ratio* (PER) yang sangat tinggi, sehingga lebih cepat diserap tubuh. Dinding sel *Spirulina* terbuat dari

protein, polysacarida dan enzim serta tidak memiliki selulosa sehingga lebih mudah dicerna dan diserap oleh tubuh (Borowitzka and Borowitzka, 1988).

Jadi pada penelitian ini, pencernaan protein kasar pada ayam petelur, tampaknya berkaitan dengan keseimbangan asam amino esensial maupun non esensial yang terkandung didalamnya serta adanya zat-zat lain misalnya vitamin B12, zat besi maupun kalsium yang dapat membantu menunjang pencernaan protein kasar pada ayam petelur.

5.2. Kecernaan Serat Kasar

Serat kasar dalam analisis proksimat merupakan bagian dari karbohidrat. Serat kasar terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selulosa dan hemiselulosa seringkali berikatan dengan lignin membentuk lignoselulosa dan lignohemiselulosa yang memiliki koefisien cerna kecil (Tillman dkk., 1998).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pakan rendah protein jika di fermentasi dengan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* berpengaruh nyata meningkatkan daya cerna serat kasar pada ayam petelur. Berdasarkan *Analysis of Variant* (ANOVA) ransum yang mengandung bekatul tanpa fermentasi dengan serat kasar 5,26% (P₀) mempunyai daya cerna serat kasar terendah yaitu 59,26%, sedangkan jika ditambah spirulina (P₁, P₂, dan P₃) dengan dosis masing-masing (0,5%, 1%, dan 1,5%) pencernaan serat kasar meningkat menjadi 70,04%, 72,27%, dan 77,10%. Jika dibandingkan dengan ransum yang mengandung bekatul terfermentasi *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* dengan serat kasar 5,17% (P₄) mempunyai daya cerna serat kasar hanya

79,52%, sedangkan jika ditambah spirulina (P_5 , P_6 , dan P_7) dengan dosis masing-masing (0,5%, 1%, dan 1,5%) pencernaan serat kasar meningkat menjadi 79,92%, 81,24%, dan 81,14%. Saputri (2003) menyatakan bahwa hasil daya cerna serat kasar dalam penelitiannya dengan perlakuan P_0 yaitu pemberian ransum komersial, P_1 yaitu dengan pemberian formula ransum yang mengandung tepung udang, P_2 yaitu pemberian formula ransum yang mengandung tepung darah, dan P_3 yaitu pemberian formula ransum yang mengandung *Poultry Meat Meal* adalah 87,31; 83,31; 72,37, dan 78,13. Sehingga dapat dilihat bahwa daya cerna serat kasar pada penelitian ini dalam taraf normal artinya tidak terlalu tinggi maupun tidak terlalu rendah.

Berdasarkan hasil tersebut tampak bahwa pemberian ransum mengandung bekatul yang berserat kasar tinggi, jika bekatul tersebut di fermentasi dengan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus*, maka dapat menurunkan serat kasar ransum tersebut dan dapat meningkatkan pencernaan serat kasar pada ayam petelur.

Rata-rata pencernaan serat kasar tertinggi pada P_6 yaitu dengan penambahan bekatul terfermentasi dan 1% *Spirulina*, meskipun dilihat dari analisis statistik, *Spirulina* menunjukkan hasil tidak berbeda nyata. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan bekatul terfermentasi *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* akan menurunkan kandungan serat kasar ransum sehingga nilai pencernaan serat kasar ransum juga meningkat.

Ransum yang mengandung bekatul tanpa fermentasi (P_0) dengan kandungan serat kasar yang cukup tinggi yaitu 5,26%. Rakhmat (2003)

menyatakan nilai itu terlalu tinggi bila bekatul dimanfaatkan secara langsung sebagai bahan pakan pada ternak unggas karena unggas hanya dapat mencerna dengan sempurna bila kandungan serat kasar dalam pakan sekitar \pm 4-5%. Kondisi ini perlu pengolahan lebih lanjut, salah satunya dengan cara fermentasi yang dapat menurunkan kandungan serat kasar bekatul. Sehingga akan meningkatkan daya cerna serat kasar serta untuk menunjang pertumbuhan dan produktivitas ternak unggas tersebut.

Kandungan serat kasar yang semakin tinggi menyebabkan daya cerna serat kasarnya semakin rendah karena pakan yang mengandung serat kasar tinggi akan dicerna lebih cepat dan lebih banyak dibandingkan dengan pakan yang mengandung sedikit serat kasar (Tillman dkk., 1998; Saputri, 2003).

Serat kasar dalam analisis proksimat merupakan bagian dari karbohidrat. Serat kasar terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Selulosa dan hemiselulosa seringkali berikatan dengan lignin membentuk lignoselulosa (Tillman dkk., 1998). Karbohidrat dapat dipisahkan menjadi dua bagian yaitu BETN dan serat kasar melalui analisis proksimat. BETN berisi zat-zat monosakarida, disakarida, trisakarida dan polisakarida, sedangkan serat kasar disusun oleh selulose (polisakarida), hemiselulose (polisakarida) dan lignin. Serat kasar adalah residu organik dari karbohidrat yang dipisahkan melalui ekstraksi eter dengan menggunakan larutan asam dan basa (McDonald *et al.*, 1994). Adanya selulosa dalam saluran pencernaan cenderung menambah pergerakan makanan melalui saluran tersebut. Hal tersebut mempertinggi proses penyerapan dan membantu dalam pencernaan (Raceka, 2007). Tempat penyerapan serat kasar

terbesar berada di sekum. Serat kasar yang dapat dicerna 20% - 30%. Serat kasar akan mengurangi sel goblet pada epitel usus sehingga jumlah lendir yang dihasilkan berkurang sehingga proses penyerapan zat-zat makanan meningkat. Serat kasar juga merangsang pertumbuhan mikroorganisme di dalam saluran pencernaan (Tillman dkk., 1998).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ayam dapat menggunakan hemiselulosa sebagai sumber energi tapi dalam keadaan terbatas, beberapa hidrolisis dapat terjadi di dalam proventrikulus dan gizzard dalam lingkungan asam, atau melalui pencernaan dari mikroba didalam usus dapat melepas sejumlah energi (Wahyu, 1992).

Perbedaan daya cerna serat kasar juga disebabkan karena perbedaan jumlah dan komposisi serat kasar yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Serat kasar yang mengandung hemiselulosa dan selulosa dapat dicerna meskipun dalam jumlah yang relatif sedikit sehingga daya cerna seratnya lebih baik (Tillman dkk., 1998; Saputri, 2003). Serat kasar yang kaya selulosa merangsang pemindahan bahan makanan melalui saluran cerna. Penyerapan serat kasar akan berjalan cepat dan mempengaruhi gerak laju feses (Liner, 1992). Untuk mengatasi masalah pencernaan serat kasar dan untuk meningkatkan pemanfaatannya, pakan perlu diberi pakan pelengkap atau *feed supplement*.

Perlakuan P₄, P₅, P₆, dan P₇ mempunyai daya cerna yang lebih tinggi dari P₀, P₁, P₂, dan P₃. diasumsikan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* dapat membantu memecah ikatan antara lignin dan selulosa sehingga pencernaan pakan meningkat. Menurut Bhat and Hazzlewood (2001), sebagian

besar enzim selulase dihasilkan oleh bakteri dan jamur selulolitik. Forsberg *et al.*, (2004) melaporkan bahwa penambahan enzim selulase pada pakan dapat meningkatkan kandungan karbohidrat yang difermentasi dan memperbaiki pencernaan bahan organik. Kemampuan bakteri dan jamur selulolitik dalam menguraikan selulosa disebabkan oleh adanya enzim endoselulase dan eksoselulase yang mampu memecah dan menguraikan komponen serat kasar menjadi karbohidrat terlarut, yang selanjutnya dapat digunakan sebagai sumber energi bagi ternak. Besarnya nilai pencernaan menentukan banyaknya nutrisi yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan hidup pokok dan pertumbuhan (Howard *et al.*, yang dikutip oleh Suci, 2005).

Potensi *Spirulina* sebagai *feed supplement* dapat dilihat dari komposisi yang baik yaitu memiliki kandungan Protein 60%-70%; Karbohidrat 15%-25%; Lemak 0,6%-0,8%; Mineral 0,7%-1,3%; dan Air 0,3%-0,7% (Borowitzka and Borowitzka, 1988). Dinding sel *Spirulina* terbuat dari mukoprotein, polisakarida dan enzim serta tidak memiliki selulosa sehingga lebih mudah dicerna dan diserap oleh tubuh (Borowitzka and Borowitzka, 1988).

Serat kasar dalam pencernaan dapat membantu peristaltik dinding usus berupa gerakan peristaltik dinding usus. Gerakan peristaltik berkaitan erat dengan pembuangan kotoran. Serat kasar memungkinkan kotoran menjadi lunak tidak mengeras, sehingga mudah dikeluarkan dari dalam usus (Saputri, 2003).

Serat kasar mutlak diperlukan dalam pakan meskipun memiliki kandungan nutrisi yang rendah. Fungsi serat kasar pada ayam adalah sebagai pemelihara fungsi normal dari saluran pencernaan dan memperbaiki penyerapan nutrisi. Serat

kasar yang tinggi juga akan mengurangi efisiensi penggunaan zat-zat makanan lainnya sebaliknya bila terlalu sedikit mengakibatkan ransum tidak dapat dicerna dengan sempurna (Saputri, 2003).

Jadi pada penelitian ini, pencernaan serat kasar pada ayam petelur, tampaknya berkaitan dengan enzim selulase yang dihasilkan oleh *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* yang terkandung didalamnya serta adanya zat-zat lain misalnya vitamin B12, zat besi maupun kalsium yang dapat membantu menunjang pencernaan serat kasar pada ayam petelur.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Suplementasi bekatul terfermentasi *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* dalam formula pakan berpengaruh sangat nyata meningkatkan kecernaan protein kasar pada ayam petelur. Pemberian ransum mengandung bekatul yang berprotein kasar rendah jika bekatul tersebut di fermentasi dengan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* maka, dapat meningkatkan kecernaan protein kasar pada ayam petelur. *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* merupakan salah satu sumber protein sel tunggal yang dapat meningkatkan kandungan protein kasar dalam pakan sehingga dapat meningkatkan kecernaan nutrien yang lain termasuk kecernaan protein kasar itu sendiri.
2. Suplementasi bekatul terfermentasi *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* dalam formula pakan berpengaruh nyata meningkatkan kecernaan serat kasar pada ayam petelur. Pemberian ransum mengandung bekatul yang berserat kasar tinggi, jika bekatul tersebut di fermentasi dengan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus*, maka dapat menurunkan serat kasar ransum tersebut dan dapat meningkatkan kecernaan serat kasar pada ayam petelur. *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* menghasilkan enzim selulase yang dapat memecah ikatan ligno-selulosa dan ligno-hemiselulosa sehingga serat kasar lebih mudah untuk dicerna.

6.2. Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian ini, maka dapat diberikan saran untuk melengkapi informasi yang telah ada, yaitu :

1. Penulis menyarankan untuk menggunakan *Spirulina* dan bekatul terfermentasi *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* dalam formula pakan sebagai *feed supplement*, sehingga dapat lebih meningkatkan efisiensi pakan pada pemeliharaan ayam petelur.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai suplementasi *Spirulina* dengan dosis diatas 1,5% dari total ransum.
3. Perlu pula diteliti pengaruh pemberian suplementasi *Spirulina* terhadap kinerja ayam petelur yang meliputi *feed consumption rate* (FCR), *hen day production* (HDP) serta kualitas telur yang dihasilkan seperti warna kuning telur dan ketebalan cangkang telur.

RINGKASAN

RINGKASAN

Bekatul merupakan salah satu bahan pakan ternak yang mudah didapat dan harganya relatif murah. Kualitas bekatul dapat ditingkatkan melalui proses fermentasi, yang akan memecah serat kasar menjadi produk yang dapat dicerna oleh ternak serta dapat meningkatkan kandungan protein kasar.

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh penggunaan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* dari isolat cairan isi rumen sapi lokal pada fermentasi bekatul dan suplementasi spirulina dalam beberapa formula pakan terhadap pencernaan protein kasar dan serat kasar pada ayam petelur. Hewan coba yang digunakan adalah ayam petelur *Gallus domestikus* strain *Isa Brown* sebanyak 24 ekor yang berumur 15 minggu dengan berat rata-rata per ekor 1,7 kg dan dibagi secara acak dalam delapan perlakuan ransum pakan dengan masing-masing tiga ulangan. Perlakuan tersebut adalah P₀ yaitu ransum dengan bekatul tanpa fermentasi dan tanpa pemberian *Spirulina*, P₁ yaitu ransum yang mengandung bekatul tanpa fermentasi dengan pemberian 0,5% *Spirulina*, P₂ yaitu ransum yang mengandung bekatul tanpa fermentasi dengan pemberian 1% *Spirulina*, P₃ yaitu ransum yang mengandung bekatul tanpa fermentasi dengan pemberian 1,5 % *Spirulina*, P₄ yaitu ransum yang mengandung bekatul terfermentasi dan tanpa pemberian *Spirulina*, P₅ ransum yang mengandung bekatul terfermentasi dengan pemberian 0,5% *Spirulina*, P₆ ransum yang mengandung bekatul terfermentasi dengan pemberian 1% *Spirulina*, dan P₇

ransum yang mengandung bekatul terfermentasi dengan pemberian 1,5% *Spirulina*.

Pada minggu pertama untuk adaptasi dan pada minggu terakhir penelitian dilakukan analisis proksimat terhadap pencernaan protein kasar dan serat kasar. Rancangan penelitian yang digunakan adalah percobaan faktorial dengan RAL dimana faktor A adalah bekatul dengan dua tingkat dan faktor B adalah *Spirulina* dengan empat tingkat.. Data yang diperoleh dari penelitian ini dianalisis dengan menggunakan metode ANOVA dan dilanjutkan dengan uji jarak Duncan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa : 1) Suplementasi bekatul terfermentasi *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* dalam beberapa formula pakan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) meningkatkan pencernaan protein kasar pada ayam petelur. 2) Suplementasi bekatul terfermentasi *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* dalam beberapa formula pakan berpengaruh nyata ($p < 0,05$) meningkatkan pencernaan serat kasar pada ayam petelur. Berdasarkan hasil penelitian ini maka disarankan untuk menggunakan suplementasi bekatul terfermentasi *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* dalam beberapa formula pakan, sehingga dapat lebih meningkatkan efisiensi nilai ekonomis pemeliharaan ayam petelur.

Pada peneliti selanjutnya, perlu pula untuk meneliti lebih lanjut suplementasi *Spirulina* dengan dosis diatas 1,5% dari 100 gram total ransum dan pengaruh pemberian suplementasi *Spirulina* terhadap kinerja ayam petelur yang meliputi *feed consumption rate* (FCR), *hen day production* (HDP) serta kualitas telur yang dihasilkan seperti warna kuning telur dan ketebalan cangkang telur.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Arif dan Sidik, R. 2001. Bahan Pakan Alternatif untuk Ayam (Lokakarya Kaji Teknologi Pakan Ternak Alternatif). Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga. Surabaya.
- Ali, A. 2005. Degradasi Zat Makanan Dalam Rumen Dari Bahan Makanan Berkadar Serat Kasar Tinggi Yang Diamoniasi Urea. Jurnal Peternakan Vol. 2 nomor 1. Fakultas Peternakan UIN Sultan Syarif Kasim Riau Kampus II Raja Ali Haji. Pekanbaru.
- Aminudin. 1999. Ilmu Nutrisi Dan Makanan Ternak Ruminansia. Penerbit Angkasa. Bandung.
- Anggorodi, R. 1994. Ilmu Makanan Ternak Dasar. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 273 hal.
- Anggorodi, R. 1995. Nutrisi Aneka Ternak Unggas. P.T Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Ardianti, N. 2005. Kandungan Bahan Kering dan Protein Kasar Jerami Padi Terfermentasi oleh Bakteri Selulolitik Cairan Rumen Sapi [skripsi]. Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga, Surabaya.
- Ayala, F. and R.B. Bravo. 1983. Animal Wastes Media for Spirulina Production : 450-481.
- Bechara, M.A. 2006. Enzyme Production. www.fungal_enzyme_production_and_use.htm. [Diakses tanggal 17 juli 2009].
- Bhat, M.K and G.P. Hazzlewood. 2001. Enzymology and Other Characteristic of Cellulase and Xylanases. In : M.R. Bedford and G.G. Partridge (Eds) Enzymes in Farm Animal Nutrition CaBI Publishing.
- Bock, H. D., B. O. Egum, A. G. Low, O. Simon, and T. Zebrowska. 1989. Protein Metabolism in Farm Animals Evaluation, Digestion, Absorbtion and Metabolism. Oxford Science Publications. Berlin.
- Bold, H.C., C.J. Alexopoulos. and D. Theodore. 1980. Morphology of Plants and Fungi. 4th ed. Harper & Row. Inc. New York. 630-632.
- Borowitzka, M.A and L.J. Borowitzka. 1988. Mikro-Alga Biotechnology Cambridge University Press. New York.

- Caspary, W. F. 1992. Physiology and Pathophysiology of Intestinal Absorption. *Am J Clin Nutr* 1992 ; 55. 299S-308S. <http://www.ajcn.org/cgi/reprint/55/1/299S.pdf>.
- Church, D.C. 1993. *The Ruminant Animal Digestive Physiology and Nutrition*. Waveland Press. Inc. USA. 126-276.
- Chusniati, S., Kusningrum, Mustikoweni, dan M. Lamid. 2005. Pengaruh pemeraman Jerami Padi yang Difermentasi oleh Isolat Bakteri Selulolitik Rumen Terhadap Kandungan Protein Kasar dan Serat Kasar. Lembaga Penelitian. Universitas Airlangga. Surabaya. 33 hal.
- Chuzaemi, S. 1994. Potensi Jerami Padi Sebagai Pakan Ternak Ditinjau Dari Kinetika Degradasi dan Retensi Jerami Di Dalam Rumen. Disertasi Program Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta.
- Cullison, A.E., 1979. *Feed and Feeding*. Second Edition Reston Publishing Company Inc. Virginia.
- Damardjati, D., S.M. Ismunadji, S. Partorahardjono, M. Syam, dan A. Widjono. 1998. Struktur Kandungan Gizi Beras. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Fardiaz, S. 1988. Fisiologi Fermentasi. Pusat Antar Universitas IPB bekerja sama dengan Lembaga Sumber Daya Informasi IPB.
- Fardiaz, S. 1992. Mikrobiologi Pangan I. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. Indonesia.
- Forsberg, C.W., E. Forano, and A. Chesson. 2004. Microbial Adherence to The Plant Cell Wall and Enzymatic Hydrolysis. In : P.B. Cronje (ed). *Ruminant Physiology*. CABI Publishing.
- Gibson, G.R. and C.M. Williams. 2002. *Functional Food*. CRC. Press New York.
- Hanafi, N.D. 2001. Bekatul Sebagai Alternatif Baru Dalam Peningkatan Kualitas Pakan Untuk Ternak. Makalah Falsafah Sains (PPs 702). Program Pascasarjana/S3. <http://www.rudycr.tripod.com/indiv.2001/nev.htm>.
- Indrawan, D. 2005. Kandungan Serat Kasar dan Protein Kasar Pada Jerami Padi Yang Difermentasi Dengan Prebiotik Alami dan Tetes Tebu [skripsi]. Fakultas Kedokteran Hewan. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Isnansetyo, A dan Kusniastuty. 1995. *Tehnik Kultur Phytoplankton Zooplankton*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.

- Judoamidjojo, M.A.A., A.A. Darwis dan E.G. Said. 1990. Teknologi Fermentasi. PAU-Bioteknologi. Institut Pertanian Bogor.
- Kimball, J.W. 1999. Biologi. Penerbit Erlangga. Indonesia.
- Kusriningrum, R.S. 2008. Perancangan Percobaan. Airlangga University Press. Surabaya
- Lamid, M., R.S. Kusriningrum, M. Mustikoweni, dan S. Chusniati. 2005. Inokulasi bakteri Selulolitik Pada Jerami Sebagai Upaya Penyediaan Pakan Ternak Ruminansia. Laporan Penelitian Dik Rutin. Lembaga Penelitian Universitas Airlangga. Surabaya.
- Leeson, S and A. K. Zubair. 2007. Digestion in Poultry I : Protein and Fats. Departement of Animal and Poultry Science University of Guelph. Canada.
<http://www.alimet.org/Public/Library/TechPaper.asp?ID=99&selLocale=z h-CN>.
- Liner, C. Maria. 1992. Biokimia Nutrisi dan Metabolisme. UI Press. Jakarta
- Lubis, S., R. Rachmat, Sudaryono, dan S. Nugraha. 2002. Pengawetan Dedak Dengan Metode Inkubasi. Balitpa Sukamandi, Kerawang.
- Martoharsono, S. 1990. Biokimia I. Gajah Mada University Press. 15-24.
- Mc Donald, P., R.A. Edward, and J.F. D. Greenhalgh. 1994. Animal Nutrition. Fourth Edition. Longman Scientific and Technical. London. 543 p.
- Nugroho, T.P. 2005. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Selulolitik yang Berasal dari Cairan Rumen Sapi [skripsi]. Fakultas Kedokteran Hewan. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Nurhajati, T., R.S. Wahyuni dan G.C. De Vries. 1996. Analisis Ekonomis Penggunaan Ampas Tahu Terfermentasi Sebagai Substitusi Pakan Komersial Terhadap Performance, Daya Cerna Pakan, Kualitas Daging Serta Gambaran Darah Ayam Pedaging Jantan. Lembaga Penelitian. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Panji, T. 1996. Produksi Asam Linolenat dari Ganggang Mikro Spirulina Platensis Menggunakan Limbah Lateks Pekat. Jurnal Menara Perkebunan, 1996, 64 (1), 34-44.
- Parakkasi, A. 1990. Ilmu Gizi dan Makanan Ternak Monogastrik. Angkasa Bandung. 37-40.

- Parakkasi, A. 1995. Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak Ruminan. UI-Press. Jakarta. 509 hal.
- Presscott, L.M., J.P. Harley. And D.A. Klein. 2003. Microbiology. 5th ed. McGraw Hill Higher education. Singapore.
- Priskila, F. 2007. Pengaruh Penggunaan Kombucha Terhadap Kandungan Protein Kasar dan Serat Kasar pada Fermentasi daun Talas (*Colocasia esculenta*) [skripsi]. Fakultas Kedokteran Hewan. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Puspita, D. 2007. Kandungan Serat Kasar Dan Protein Kasar Pada Klobot Jagung Yang Difermentasi Dengan Probiotik Alami [skripsi]. Fakultas Kedokteran Hewan. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Quereshi, M.A. 1996. Spirulina Platensis Exposure Enhances Macrophage Phagocytic Function in Cat. *Immunopharmacol Immunotoxicol.* 18:457-463.
- Raceka, M. 2007. Pengaruh Pemberian *Crude Chlorella* terhadap Kadar Total Kolesterol Darah Ayam Broiler. Skripsi. Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga. Surabaya.
- Rachman, A. 1992. Pengantar Teknologi Fermentasi. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi IPB. Bogor.
- Rahayu, K. dan Sudarmadji. 1989. Mikrobiologi Pangan. PAU-Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 331-336 hal.
- Rahmachandran, S. 2003. Anerobes In Health and disease of animal. www.indiaveterinarycommunity.com
- Rakhmat, 2003. Pengaruh Pembuatan Bekatul Fermentasi Dalam Ransum Terhadap Kecernaan Bahan Kering Dan Protein Termetabolisme Pada Ayam Lurik Jantan. Thesis Fakultas Peternakan Universitas Muhammadiyah Malang.
- Reksohadiprojo, S. 1984. Pengantar Ilmu Peternakan Tropik. BPFE. Yogyakarta. 202-218.
- Rotid, L.A. 1994. Fermentasi Bungkil Kedelai Dalam Rangka Meningkatkan Kualitas Pakan. Seminar Nasional dan Sains Teknologi Peternakan. Balai Penelitian Ternak. Bogor. 739-743.
- Russel, C., J. Mawson and PL.Yu. 1991. Production Recombinants Product in Yeast. *J. Biotechnol* 5 : 48-55.

- Saputri, P. N. 2003. Daya Cerna Bahan Organik Dan Serat Kasar Pada Beberapa Formula Ransum Ayam Pedaging Berdasarkan Asam Amino Kritis [skripsi]. Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga. Surabaya.
- Schiegel, H.G. dan K. Schmidt. 1994. Mikrobiologi Umum. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Setyono, H., R.S. Kusrieningrum, M. Mustikoweni, T. Nurhayati, Agustono, M. Arief, M. Anam, M. Lamid, A. Monica, dan W. Paramita. 2004. Pengolahan Bahan Pakan Ternak. Laboratorium Ilmu Makanan Ternak. Fakultas Kedokteran Hewan. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Setyono, H., W. Paramita, M. Lamid, R.S. Kusrieningrum, M. Mustikoweni, T. Nurhajati, R. Sidik, dan M. Anam. 2009. Teknologi Pakan Hewan. Departemen Peternakan. Fakultas Kedokteran Hewan. Universitas Airlangga. Edisi Kedua.
- Siregar, S.B. 1994. Pengolahan Pakan Ayam Kiat Meningkatkan Keuntungan dalam Agribisnis Unggas. Penerbit Kasinius. Yogyakarta.
- Soebarinoto. S. Chuzaemi dan E. Hardjono. 1989. Pengaruh Suplemen Hijauan Ketela Pohon (*Manihot esculenta*) Dalam Ransum Domba Ekor Gemuk yang Mengandung Jerami Padi yang Diproses Dengan Urea dan Dedak Padi. Proseding Pertemuan Ilmiah Ruminansia. Jilid 2: Ruminansia Kecil. Bogor. Pp: 98-102.
- Soemardi dan T. Ridwan. 1991. Penanganan Pasca Panen Padi. Balai Penelitian Tanaman Pangan. Bogor.
- Stewart, C.S. 1991. The rumen bacteria. In : J.P Jouany (ed). Rumen Microbial Metabolism And Ruminant Digestion. Institut National De La Recherche Agronomique. Paris. France.
- Suci, L.D. 2005. Pengaruh Pemberian Jerami Padi Terfermentasi Terhadap Daya Cerna Bahan Organik dan Serat Kasar Pakan pada Domba [skripsi]. Fakultas Kedokteran Hewan. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Suhardini, P. 2007. Identifikasi Jamur Selulolitik Aerob Dari Limbah Cairan Rumen Sapi Di Rumah Potong Hewan (RPH) Pergirian Surabaya [skripsi]. Fakultas Kedokteran Hewan. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Sundstol, F. and E. Coxworth. 1984. Amonia Treatment in Straw and Other Fibrous. By product ad. Feed Edited by Sundstol. F. And E. Owen. Elsevier. Nederlands.

- Supriyatna, E., U. Atmomarsono, dan R. Kartasudjana. 2005. Ilmu Dasar Ternak Unggas. PT Panebar Swadaya. Jakarta.
- Tangendjaja, B. 1991. Pemanfaatan Limbah Padi Untuk Industri. Balai Penelitian Ternak. Bogor.
- Tillman, A.D., H. Hartadi, S. Reksohadiprodjo, S. Prawirokusumo, dan S. Lebdoesoekojo. 1989. Ilmu Makanan Ternak Dasar. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 422 hal.
- Tillman, A.D., H. Hartadi, S. Reksohadiprodjo, S. Prawirokusumo dan S. Lebdoesoekojo. 1993. Ilmu Makanan Ternak Dasar. Cetakan Kelima. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Tillman, A.D., H. Hartadi, S. Reksohadiprodjo, S. Prawirokusumo dan S. Lebdoesoekojo. 1998. Ilmu Makanan Ternak Dasar. Cetakan Keenam. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Tortora, G.J., B.R. Funke. and C.L. Case. 2002. Microbiology An Introduction. 7th ed. Benjamin Cummings. New York.
- Venkataraman, L.V. 1983. A Monograph On Spirulina Platensis. Central Food Technological Research Institute Mysore 570013. India.
- Van Soest, P.J. 1994. Nutritional Ecology of Ruminant. 2nd Ed Cornell University Press. Ithaca, New York.
- Wahyu, J. 1992. Ilmu Nutrisi Unggas. Cetakan Ketiga. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Waluyo, L. 2004. Mikrobiologi Umum. UMM Press. Malang.
- Wang, N.S. 2001. Experiment No.4 Celulose Degradation. www.engr.umd.edu.
- Widya P. L., Pipit, dan K. Diah. 2008. Identifikasi Jamur Selulolitik Aerob dari Limbah Cairan Rumen Sapi di Rumah Potong Hewan Pegirian Surabaya. Jurnal Penelitian Medika Eksakta. Vol 1 (1).
- Widya P. L., M. Lamid, dan H. Setyono. 2009. Rekayasa Nutrien High Quality Feed (HQF) Untuk Meningkatkan Efisiensi Pakan, Kualitas Produksi Dan Sistem Imunitas Pada Ayam Petelur Yang Divaksin Avian Influenza (AI). Laporan Kemajuan Penelitian Strategis Nasional Bidang gizi dan kesehatan Tahun Anggaran 2009.

- Wuryantoro, S. 2000. Kandungan Protein Kasar dan Serat Kasar Hay Padi Teramoniasi yang Difermentasi Dengan Cairan Rumen. Fakultas Kedokteran Hewan. Universitas Airlangga. Surabaya. 47 hal.
- Yan, T dan Agnew. 2004. *Prediction of Nutritive Value in Grass Silages: I Degradability of Nitrogen and Dry Matter Using Digestibility, Chemical Composition and Fermentation Data*. Journal Animal Science 82:1380-1391.
http://jas.fass.org/cgi/reprint/75/8/2256?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=animal+nutrition%2C+digestibility%2C+sheep%2C+grass+silage&andorexactfulltext=and&searchid=1140953940298_1157&FIRSTINDEX=0&sortspec=relevance&resourcetype=1&journalcode=animalsci diakses 26 Februari 2006

LAMPIRAN

Lampiran 1. Prosedur analisis protein kasar (cara Marcam Stell)

Prinsip :

Kadar protein kasar adalah nilai hasil kali total nitrogen amonia dengan faktor 6,25 ($=100/16$) atau nilai hasil bagi total nitrogen amonia dengan faktor 16 % ($=16/100$). Faktor 16 % berasal dari asumsi bahwa protein mengandung nitrogen sebanyak 16%.

Bahan kimia yang digunakan :

Tablet Kjeldhal, H_2SO_4 pekat, NaOH 40%, Asam Borat, indikator Metil red, Brom cresol green, H_2SO_4 0,01 N dan aquadest.

Alat yang digunakan :

Labu Kajeldhal 100 cc, pemanas labu Kjeldhal, spatula, timbangan elektrik sartorius, gelas ukur, labu ukur 250 cc, labu Erlenmeyer 100 cc dan 1000 cc, serta seperangkat alat Marcam Stell.

Cara kerja :

1. Timbang sampel seberat $\pm 0,5$ gram di atas kertas yang telah diketahui beratnya, kemudian masukkan sampel ke dalam labu Kjeldhal (katalisator) sebanyak $\frac{1}{4}$ bagian kemudian 10 cc H_2SO_4 pekat.
2. Panaskan labu tersebut di atas pemanas Kjeldhal dalam almuri asam. Pemanasan baru dihentikan jika sudah tidak berasap dan warna larutan menjadi hijau/kuning jernih (butuh waktu $\pm 1,5$ jam). Biarkan beberapa saat sampai labu menjadi dingin.
3. Masukkan larutan yang ada dalam labu tersebut ke dalam labu ukur dan encerkan dengan aquadest sehingga volumenya menjadi 250 cc. Tuangkan larutan tersebut kedalam erlenmeyer 300 cc dan kocoklah sampai homogen.
4. Siapkan labu Erlenmeyer 100 cc yang diisi dengan 10 cc larutan Asam Borat dan 2 tetes indikator Metil-merah serta 3 tetes Brom cresol green untuk menampung hasil penguapan.
5. Siapkan alat Marcam Steel. Labu destilasi 2000 cc diisi dengan air 1000 cc dan diisi dengan beberapa butir batu didih. Taruh labu Erlenmeyer 100 cc yang sudah disiapkan tadi pada rangkaian alat Marcam Steel.
6. Ambil sebanyak 10 cc larutan (no.3) dan masukkan kedalam corong alat Marcam Steel. Tambahkan NaOH 40 % sebanyak 5 cc.
7. Panaskan labu destilasi dan tampunglah uap yang keluar dari alat Marcam Steel kedalam labu Erlenmeyer. Pemanasan dilakukan selama ± 5 menit terhitung setelah air mendidih atau sampai volume labu Erlenmeyer telah mencapai 50 cc.
8. Titrasilah larutan yang telah bercampur uap tersebut dengan H_2SO_4 0,01 N sampai warna biru muda berubah menjadi hijau jernih.
9. Kadar protein kasar dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Protein kasar} = \frac{\text{hasil titrasi} \times N \times 0,014 \times 6,25 \times p}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\text{Protein kasar berdasar BK} = \frac{\% \text{protein kasar}}{\% \text{BK bebas air}} \times 100\%$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} N &= \text{Normalitas H}_2\text{SO}_4 && = 0,01 \text{ N} \\ p &= \text{Pengenceran} && = 250/10 = 25 \end{aligned}$$

Lampiran 2. Prosedur analisis serat kasar

Prinsip :

Serat kasar adalah semua senyawa organik yang tidak larut dalam perebusan menggunakan larutan asam lemah dan basa lemah.

Bahan kimia yang digunakan :

H₂SO₄ 0,3 N, NaOH 1,5 N, HCl 0,3 N Aceton dan air panas.

Alat yang digunakan :

Labu Erlenmeyer 300 cc, labu Erlenmeyer penghisap, corong Buchner, spatula, cawan porselen, gelas ukur, timbangan analitik, oven, penangas air, dan kompressor.

Cara kerja :

1. Timbang ± 1 gram sampel (= A gram) dan masukkan kedalam labu Erlenmeyer 300 cc. tambahkan 50 cc H₂SO₄ 0,3 N dan didihkan di atas penangas air selama 30 menit.
2. Tambahkan 25 cc NaOH 1,5 N dan didihkan kembali selama 30 menit.
3. Alasi corong Buchner dengan kertas saring yang telah diketahui beratnya (= B gram). Saring larutan dalam labu Erlenmeyer dengan menggunakan corong Buchner, bilas labu Erlenmeyer dengan 50 cc air panas dan saring kembali.
4. Masukkan 50 cc HCl 0,3 N kedalam corong Buchner dan biarkan selama 1 menit kemudian hisap dengan kompressor melalui lubang yang ada pada labu Erlenmeyer hisap.
5. Bilas residu dalam corong Buchner dengan air panas beberapa kali (5 kali), kemudian tuangkan 5 cc aceton ke dalamnya. Biarkan selama 1 menit lalu hisap dengan kompressor.
6. Panaskan cawan porselen selama 1 jam dalam oven 105 °C, dinginkan dalam exicator 10-15 menit kemudian timbang (= C gram). Angkat kertas saring yang berisi residu dan letakkan dalam cawan porselen tersebut kemudian dikeringkan dalam oven 105 °C selama 1,5 jam dan dinginkan dalam exicator selama ± 30 menit lalu timbang (= D gram).
7. Masukkan cawan tersebut dalam tanur listrik 550 °C selama 2 jam. Matikan tanur listrik dan tunggu sampai suhu menunjukkan angka 0 °F, barulah cawan dikeluarkan dari tanur kemudian masukkan dalam exicator selama ± 15 menit dan ditimbang (= E gram).
8. Hitung kadar serat kasar dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar serat kasar} = \frac{D-E-B}{A} \times 100\%$$

$$\text{Kadar serat kasar berdasarkan BK} = \frac{\% \text{Serat kasar}}{\% \text{BK Bebas Air}} \times 100\%$$

Lampiran 3. Data pencernaan protein kasar (%)

Ulangan	PERLAKUAN KOMBINASI							
	P0 a0b0	P1 a0b1	P2 a0b2	P3 a0b3	P4 a1b0	P5 a1b1	P6 a1b2	P7 a1b3
1	79,85	80,61	84,03	81,93	83,62	90,15	89,32	88,71
2	68,56	75,67	78,81	83,09	84,57	86,86	87,57	87,81
3	82,33	80,06	82,34	82,99	85,31	86,51	88,99	89,12
Total	230,74	236,34	245,18	248,01	253,50	263,52	265,88	265,64
Rata-rata	76,91	78,78	81,73	82,67	84,50	87,84	88,63	88,55
SD	7,34	2,71	2,66	0,64	0,85	2,01	0,93	0,67

Keterangan : a0 = Bekatul tanpa fermentasi
a1 = Bekatul fermentasi
b0 = Spirulina 0%
b1 = Spirulina 0,5%
b2 = Spirulina 1%
b3 = Spirulina 1,5%

Bekatul	Spirulina				Total
	b0	b1	b2	b3	
a0	230,74	236,34	245,18	248,01	960,27
a1	253,50	263,52	265,88	265,64	1048,54
Total	484,24	499,86	511,06	513,65	2008,81

$$\begin{aligned} \text{Faktor Koreksi (F.K.)} &= \frac{Y_{...}^2}{t \times n} \\ &= \frac{(2008,81)^2}{8 \times 3} \\ &= 168138,23 \end{aligned}$$

Perhitungan Derajat Bebas :

$$\begin{aligned} \text{db perlakuan} &= (a \times b) - 1 &= 8 - 1 &= 7 \\ \text{db bekatul} &= (a - 1) &= 2 - 1 &= 1 \\ \text{db spirulina} &= (b - 1) &= 4 - 1 &= 3 \\ \text{db AB} &= (a-1) \times (b - 1) - 1 &= 1 \times 3 &= 3 \\ \text{db total} &= (n \times a \times b) - 1 &= (3 \times 2 \times 4) - 1 &= 23 \\ \text{db galat} &= \text{db total} - \text{db perlakuan} &= 23 - 7 &= 16 \end{aligned}$$

Perhitungan Jumlah Kuadrat :

$$\begin{aligned} \text{J.K. Perlakuan} &= \frac{(230,74)^2 + (236,34)^2 + \dots + (265,64)^2}{3} - \text{FK} \\ &= 168560,52 - 168138,23 \\ &= 422,29 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{J.K. Faktor A} &= \frac{(960,27)^2 + (1048,54)^2}{12} - \text{FK} \\ &= 168462,88 - 168138,23 = 324,65 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{J.K. Faktor B} &= \frac{(484,24)^2 + (499,86)^2 + (511,06)^2 + (513,65)^2}{6} - \text{FK} \\ &= 168227,84 - 168138,23 \\ &= 89,61 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{J.K. A x B} &= \text{JK Perlakuan} - \text{JK Faktor A} - \text{JK Faktor B} \\ &= 422,29 - 324,65 - 89,61 \\ &= 8,03 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{J.K. Total} &= (79,85)^2 + (68,56)^2 + \dots + (89,12)^2 - \text{FK} \\ &= 168710,03 - 168138,23 \\ &= 571,80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{J.K. Galat} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\ &= 571,8 - 422,29 \\ &= 149,51 \end{aligned}$$

Perhitungan Kuadrat Tengah :

$$\begin{aligned} \text{KTP} &= \frac{\text{JKP}}{\text{db P}} \\ &= \frac{422,29}{7} \\ &= 60,33 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KTA} &= \frac{\text{JKA}}{\text{db A}} \\ &= \frac{324,65}{1} \\ &= 324,65 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KTB} &= \frac{\text{JKB}}{\text{db B}} \\ &= \frac{89,61}{3} \\ &= 29,87 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KTAB} &= \frac{\text{JKAB}}{\text{db AB}} \\ &= \frac{8,03}{3} \\ &= 2,68 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KTG} &= \frac{\text{JKG}}{\text{db galat}} \\ &= \frac{149,51}{16} \\ &= 9,34 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{F Hitung A} &= \frac{\text{KTA}}{\text{KTG}} \\ &= \frac{324,65}{9,34} \\ &= 34,76 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{F Hitung B} &= \frac{\text{KTB}}{\text{KTG}} \\ &= \frac{29,87}{9,34} \\ &= 3,20 \end{aligned}$$

$$\text{F Hitung AB} = \frac{\text{KTAB}}{\text{KTG}} = \frac{2,68}{9,34} = 0,29$$

S.K.	d.b.	J.K.	K.T.	F hitung	F Tabel	
					0,05	0,01
Perlakuan	7	422,29	60,33			
Bekatul	1	324,65	324,65	34,76**	4,49	8,53
Spirulina	3	89,61	29,87	3,20	3,24	5,29
Bekatul x Spirulina	3	8,03	2,68	0,29	3,24	5,29
Galat	16	149,51	9,34			
Total	23	571,80				

** = Menunjukkan perbedaan yang sangat nyata

F hitung > F Tabel 0.01 ini menunjukkan perbedaan yang sangat nyata

Uji Jarak Duncan :

$$s.e = \frac{\sqrt{KTG}}{\sqrt{\frac{n}{3}}} = \frac{\sqrt{9,34}}{\sqrt{3}} = 1,76$$

$$LSR = SSR \times 1,76$$

Perbedaan Rata-rata Perlakuan Untuk Uji Jarak Duncan

Perlakuan	Rata-rata	Beda Rata-rata							P	SSR	LSR
		(X-P0)	(X-P1)	(X-P2)	(X-P3)	(X-P4)	(X-P5)	(X-P7)			
P6 a	88,63	11,72*	9,85*	6,90*	5,96	4,13	0,79	0,08	8	3,40	5,98
P7 a	88,55	11,64*	9,77*	6,82*	5,88	4,05	0,71		7	3,38	5,95
P5 a	87,84	10,93*	9,06*	6,11*	5,17	3,34			6	3,34	5,88
P4 b	84,50	7,59*	5,72	2,77	1,83				5	3,30	5,81
P3 b	82,67	5,76*	3,89	0,94					4	3,24	5,70
P2 c	81,73	4,82	2,95						3	3,14	5,53
P1 c	78,78	1,87							2	3,00	5,28
P0 d	76,91										

	P6	P7	P5	P4	P3	P2	P1	P0
	81,24	81,14	79,92	79,52	77,10	72,27	70,04	59,26
	a							
		a						
			a					
				b				
					b			
						c		
							c	
								d

Lampiran 4. Data kecernaan serat kasar (%)

Ulangan	PERLAKUAN KOMBINASI							
	P0 a0b0	P1 a0b1	P2 a0b2	P3 a0b3	P4 a1b0	P5 a1b1	P6 a1b2	P7 a1b3
1	78,58	73,54	71,13	75,07	77,16	74,77	80,75	83,30
2	28,74	73,39	79,85	79,26	83,90	81,67	83,04	79,90
3	70,47	63,18	65,84	76,96	77,51	83,33	79,92	80,22
Total	177,79	210,11	216,82	231,29	238,57	239,77	243,71	243,42
Rata-rata	59,26	70,04	72,27	77,10	79,52	79,92	81,24	81,14
SD	26,74	5,94	7,07	2,10	3,79	4,54	1,61	1,88

Keterangan : a0 = Bekatul tanpa fermentasi
a1 = Bekatul fermentasi
b0 = Spirulina 0%
b1 = Spirulina 0,5%
b2 = Spirulina 1%
b3 = Spirulina 1,5%

Bekatul	Spirulina				Total
	b0	b1	b2	b3	
a0	177,79	210,11	216,82	231,29	836,01
a1	238,57	239,77	243,71	243,42	965,47
Total	416,36	449,88	460,53	474,71	1801,48

$$\begin{aligned} \text{Faktor Koreksi (F.K.)} &= \frac{Y_{...}^2}{t \times n} \\ &= \frac{(1801,48)^2}{8 \times 3} \\ &= 135222,09 \end{aligned}$$

Perhitungan Derajat Bebas :

$$\begin{aligned} \text{db perlakuan} &= (a \times b) - 1 &= 8 - 1 &= 7 \\ \text{db bekatul} &= (a - 1) &= 2 - 1 &= 1 \\ \text{db spirulina} &= (b - 1) &= 4 - 1 &= 3 \\ \text{db AB} &= (a-1) \times (b - 1) - 1 &= 1 \times 3 &= 3 \\ \text{db total} &= (n \times a \times b) - 1 &= (3 \times 2 \times 4) - 1 &= 23 \\ \text{db galat} &= \text{db total} - \text{db perlakuan} &= 23 - 7 &= 16 \end{aligned}$$

Perhitungan Jumlah Kuadrat :

$$\begin{aligned} \text{J.K. Perlakuan} &= \frac{(177,79)^2 + (210,11)^2 + \dots + (243,42)^2}{3} - \text{FK} \\ &= 136438,2 - 135222,09 \\ &= 1216,11 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{J.K. Faktor A} &= \frac{(836,01)^2 + (965,47)^2}{12} - \text{FK} \\ &= 135920,42 - 135222,09 = 698,33 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{J.K. Faktor B} &= \frac{(416,36)^2 + (449,88)^2 + (460,53)^2 + (474,71)^2}{6} - \text{FK} \\ &= 135530,85 - 135222,09 \\ &= 308,76 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{J.K. A x B} &= \text{JK Perlakuan} - \text{JK Faktor A} - \text{JK Faktor B} \\ &= 1216,11 - 698,33 - 308,76 \\ &= 209,02 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{J.K. Total} &= (78,58)^2 + (28,74)^2 + \dots + (80,22)^2 - \text{FK} \\ &= 138130,31 - 135222,09 \\ &= 2908,22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{J.K. Galat} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\ &= 2908,22 - 1216,11 \\ &= 1692,11 \end{aligned}$$

Perhitungan Kuadrat Tengah :

$$\begin{array}{ll} \text{KT.P} = \frac{\text{JKP}}{\text{db P}} & \text{KT.A} = \frac{\text{JKA}}{\text{db A}} \\ = \frac{1216,11}{7} & = \frac{698,33}{1} \\ = 173,73 & = 698,33 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \text{KT.B} = \frac{\text{JKB}}{\text{db B}} & \text{KT.AB} = \frac{\text{JKAB}}{\text{db AB}} \\ = \frac{308,76}{3} & = \frac{209,02}{3} \\ = 102,92 & = 69,67 \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{KT.G} &= \frac{\text{JKG}}{\text{db galat}} \\ &= \frac{1692,11}{16} \\ &= 105,76 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{ll} \text{F Hitung A} = \frac{\text{KT.A}}{\text{KT.G}} & \text{F Hitung B} = \frac{\text{KT.B}}{\text{KT.G}} \\ = \frac{698,33}{105,76} & = \frac{102,92}{105,76} \\ = 6,60 & = 0,97 \end{array}$$

$$\text{F Hitung AB} = \frac{\text{KT.AB}}{\text{KT.G}} = \frac{69,67}{105,76} = 0,66$$

Sumber Keragaman	d.b.	J.K.	K.T.	F hitung	F Tabel	
					0,05	0,01
Perlakuan	7	1216,11	173,73			
Bekatul	1	698,33	698,33	6,60*	4,49	8,53
Spirulina	3	308,76	102,92	0,97	3,24	5,29
Bekatul x Spirulina	3	209,02	69,67	0,66	3,24	5,29
Galat	16	1692,11	105,76			
Total	23	2908,22				

* = Menunjukkan perbedaan yang nyata

F hitung > F Tabel 0,05 ini menunjukkan perbedaan yang nyata

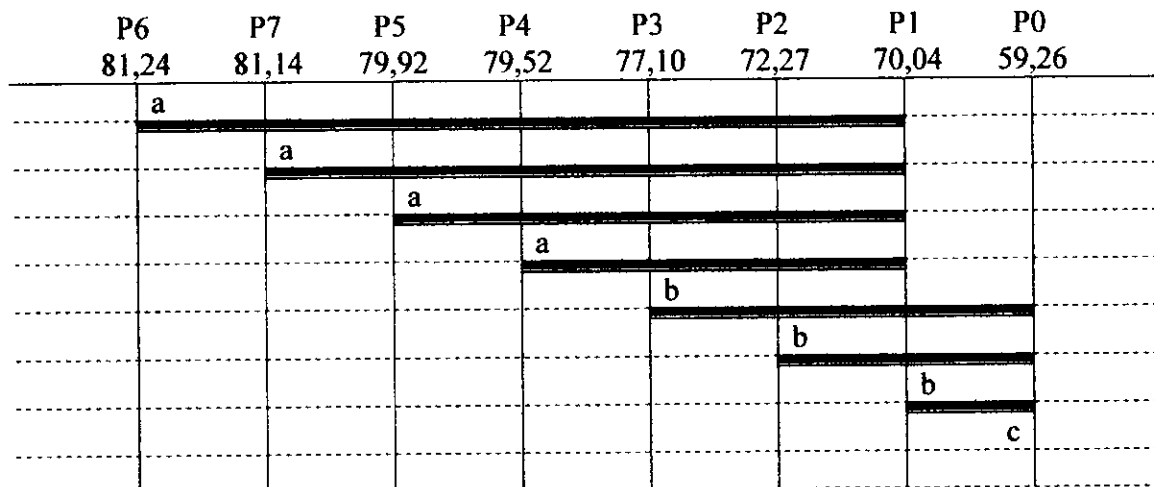
Uji Jarak Duncan :

$$s.e = \frac{\sqrt{KTG}}{n} = \frac{\sqrt{105,76}}{3} = 5,94$$

$$LSR = SSR \times 5,94$$

Perbedaan Rata-rata pencernaan serat kasar hasil pengaruh fermentasi bekatul berdasar uji Beda Nyata Jarak

Perlakuan	Rata-rata	Beda Rata-rata							P	SSR	LSR
		(X-P0)	(X-P1)	(X-P2)	(X-P3)	(X-P4)	(X-P5)	(X-P7)			
P6 a	81,24	21,98*	11,20	8,97	4,14	1,72	1,32	0,1	8	3,40	20,20
P7 a	81,14	21,88*	11,10	8,87	4,04	1,62	1,22		7	3,38	20,08
P5 a	79,92	20,66*	9,88	7,65	2,82	0,4			6	3,34	19,84
P4 a	79,52	20,26*	9,48	7,25	2,42				5	3,30	19,60
P3 b	77,10	17,84	7,06	4,83					4	3,24	19,24
P2 b	72,27	13,01	2,23						3	3,14	18,65
P1 b	70,04	10,78							2	3,00	17,82
P0 c	59,26										



Lampiran 5. Data bekatul tanpa fermentasi dan bekatul terfermentasi

Bekatul	PK	SK
Bekatul tanpa fermentasi	10,90%	34,11%
Bekatul terfermentasi	13,97%	28,96%

Lampiran 6. Data konsumsi protein kasar dan serat kasar

Perlakuan	Ulangan	Konsumsi PK (g)	Konsumsi SK (g)
P ₀	1	12.86	3.39
	2	6.11	0.98
	3	10.98	2.71
P ₁	1	14.03	3.88
	2	12.12	3.40
	3	10.94	2.93
P ₂	1	10.32	1.94
	2	13.95	3.67
	3	11.24	2.48
P ₃	1	9.65	2.36
	2	14.07	3.66
	3	10.69	2.52
P ₄	1	10.15	2.77
	2	13.73	3.75
	3	12.97	3.54
P ₅	1	14.34	3.18
	2	15.76	3.89
	3	15.20	3.61
P ₆	1	15.11	3.55
	2	15.75	3.97
	3	15.18	3.66
P ₇	1	13.66	3.43
	2	12.95	3.00
	3	14.94	3.77

Lampiran 7. Data protein kasar dan serat kasar feses

Perlakuan	Ulangan	PK feses (%)	SK feses (%)
P ₀	1	6.94	1.94
	2	9.33	3.40
	3	5.94	2.45
P ₁	1	8.79	3.31
	2	10.90	3.35
	3	8.79	4.36
P ₂	1	7.10	2.41
	2	9.65	2.41
	3	7.81	3.33
P ₃	1	11.02	3.72
	2	11.03	3.52
	3	10.62	3.39
P ₄	1	11.36	4.33
	2	12.68	3.61
	3	11.95	4.99
P ₅	1	8.30	4.72
	2	11.13	3.83
	3	11.41	3.35
P ₆	1	9.37	3.97
	2	10.83	3.72
	3	9.64	4.24
P ₇	1	10.08	3.74
	2	10.83	4.13
	3	9.63	4.41

Lampiran 8. Data analisis proksimat formula pakan

Analisis Proksimat	P₀	P₁	P₂	P₃	P₄	P₅	P₆	P₇
Protein Kasar (%)	18,14	18,34	18,54	18,74	18,98	19,18	19,38	19,57
Serat Kasar (%)	5,26	5,25	5,23	5,21	5,17	5,15	5,13	5,11
ME (Kcal/kg)	2975,75	2975,80	2975,84	2975,88	2980,25	2980,27	2980,29	2980,31