

**SKRIPSI**

**KANDUNGAN SERAT KASAR DAN PROTEIN KASAR  
BEKATUL YANG DIFERMENTASI ACIDOTHERMUS  
CELLULOLYTICUS DAN ASPERGILLUS  
TERREUS DARI CAIRAN  
RUMEN SAPI**



Oleh :

**AGUS SETIAWAN**  
**NIM 060610110**

**FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN  
UNIVERSITAS AIRLANGGA  
SURABAYA  
2010**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi berjudul :

KANDUNGAN SERAT KASAR DAN PROTEIN KASAR BEKATUL YANG  
DIFERMENTASI ACIDOTHERMUS CELLULOLYTICUS DAN  
ASPERGILLUS TERREUS DARI CAIRAN RUMEN SAPI

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, 04 Juni 2010

Agus Setiawan  
NIM. 060610110

Telah diuji pada

Tanggal : 14 Juni 2010

**KOMISI PENGUJI SKRIPSI**

Ketua : Prof. Dr. Koesnoto Soepranianondo, M.S., drh

Anggota : Tri Nurhajati, M.S., drh

: Sri Chusniati, M.Si., drh

: Soetji Prawesthirini, S.U., drh

: Widya Paramita Lokapirnasari, M.P., drh

Surabaya, 14 Juni 2010

Fakultas Kedokteran Hewan  
Universitas Airlangga  
Dekan,

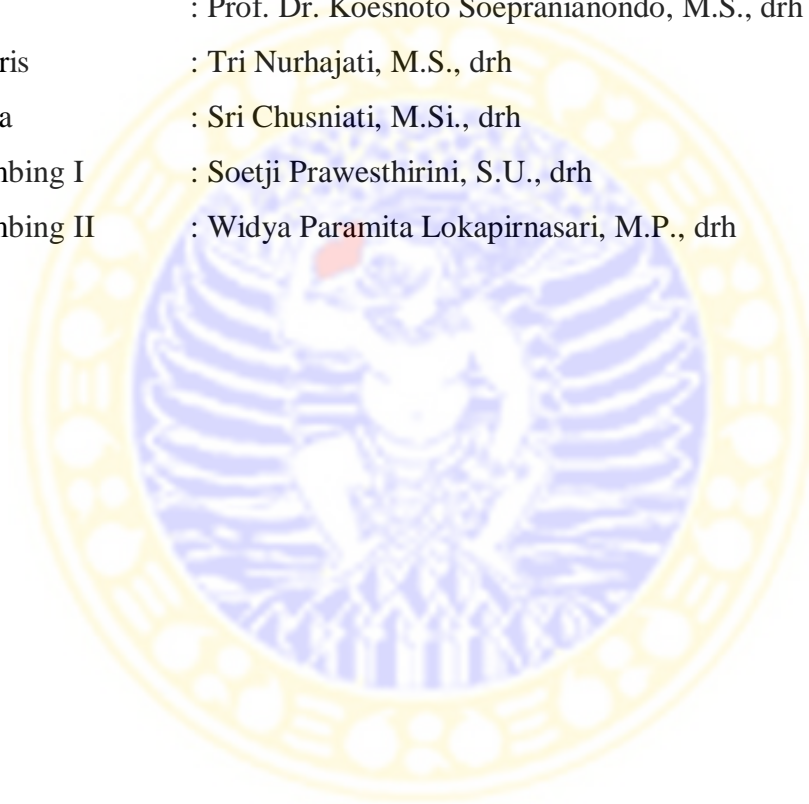
Prof. Hj. Romziah Sidik, Ph.D., drh  
NIP. 130 678 305

Telah dinilai pada Seminar Hasil Penelitian

Tanggal : 04 Juni 2010

#### KOMISI PENILAI SEMINAR HASIL PENELITIAN

Ketua : Prof. Dr. Koesnoto Soepranianondo, M.S., drh  
Sekretaris : Tri Nurhajati, M.S., drh  
Anggota : Sri Chusniati, M.Si., drh  
Pembimbing I : Soetji Prawesthirini, S.U., drh  
Pembimbing II : Widya Paramita Lokapirnasari, M.P., drh



**CRUDE FIBRE AND CRUDE PROTEIN OF RICE BRAND WAS  
FERMENTED *ACIDOTHERMUS CELLULOLYTICUS*  
AND *ASPERGILLUS TERREUS* OF LIQUID  
CATTLE RUMEN**

**Agus Setiawan**

**ABSTRACT**

The aim of research was to study the crude fibre and crude protein of rice brand which were fermented *Acidothermus cellulolyticus* and *Aspergillus terreus* of liquid cattle rumen. Design study was completely randomized design with ten treatments and three replications. Ten treatment groups were P<sub>0</sub> was 250 g rice brand added 3 % molasses and B.0 % + J.0 % ; P<sub>1</sub> was 250 g rice brand added 3 % molasses and B.10 % + J.10 % ; P<sub>2</sub> was 250 g rice brand added 3 % molasses and B.20 % + J.10 % ; P<sub>3</sub> was 250 g rice brand added 3 % molasses and B.30 % + J.10 % ; P<sub>4</sub> was 250 g rice brand added 3 % molasses and B.10 % + J.20 % ; P<sub>5</sub> was 250 g rice brand added 3 % molasses and B.20 % + J.20 % ; P<sub>6</sub> was 250 g rice brand added 3 % molasses and B.30 % + J.20 % ; P<sub>7</sub> was 250 g rice brand added 3 % molasses and B.10 % + J.30 % ; P<sub>8</sub> was 250 g rice brand added 3 % molasses and B.20 % + J.30 % ; P<sub>9</sub> was 250 g rice brand added 3 % molasses and B.30 % + J.30 %. Proximate analysis were done after rice brand fermented for seven days. The data were analyzed with Analysis of Variance followed by Duncan's Multiple Range Test. The result showed that the effect of *Acidothermus cellulolyticus* and *Aspergillus terreus* could decrease crude fibre of rice brand, P<sub>2</sub> (28,9637 %), P<sub>3</sub> (29,2334 %), P<sub>8</sub> (29,4953 %), P<sub>4</sub> (29,6460 %), P<sub>7</sub> (30,2299 %), P<sub>6</sub> (30,3719 %), P<sub>9</sub> (30,5814 %) but were significantly higher (p<0,05) than P<sub>5</sub> (31,1002 %), P<sub>1</sub> (31,9793 %), P<sub>0</sub> (34,1067 %), could increase crude protein of rice brand, P<sub>2</sub> (13,97 %), P<sub>5</sub> (12,87 %), P<sub>3</sub> (12,84 %), P<sub>8</sub> (12,74 %) but were significantly higher (p<0,05) than P<sub>7</sub> (12,71 %), P<sub>6</sub> (12,44 %), P<sub>4</sub> (12,36 %), P<sub>9</sub> (12,27 %), P<sub>1</sub> (12,25 %), P<sub>0</sub> (10,9 %).

**Key Words** : crude fibre, crude protein, rice brand, fermented, *Acidothermus cellulolyticus*, *Aspergillus terreus*

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas nikmat, karunia dan hidayah yang telah dicurahkan sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan skripsi dengan judul **Kandungan Serat Kasar Dan Protein Kasar Bekatul Yang Difermentasi *Acidothermus Cellulolyticus* Dan *Aspergillus Terreus* Dari Cairan Rumen Sapi.**

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

Dekan Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga Prof Hj. Romziah Sidik, PhD., drh., atas kesempatan mengikuti pendidikan di Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga.

Soetji Prawesthirini, S.U., drh., selaku pembimbing pertama dan Widya Paramita L., M.P., drh., pembimbing kedua dan dosen pembimbing penelitian atas kesediannya dalam memberikan bimbingan, saran, dan nasehat sampai dengan selesainya skripsi ini.

Prof. Dr. Koesnoto Soepranianondo, M.S., drh., selaku ketua penguji, Tri Nurhajati, M.S., drh., selaku sekretaris penguji dan Sri Chusniati, M.Si., drh., selaku anggota penguji.

Dr. Lucia Tri Suwanti, M.P., drh., selaku dosen wali yang selalu memberi nasehat dan masukkan akademis selama penulis menempuh pendidikan di Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga.

Seluruh staf pengajar Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga atas wawasan keilmuan selama mengikuti pendidikan di Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga.

Ayahanda, ibu, kakak, kakek, nenek serta adik-adikku yang tercinta yang telah memberikan bantuan doa, dorongan dan semangat, serta pengorbanan yang telah diberikan. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat dan hidayah-NYA.

Teman-teman satu penelitian yang pantang menyerah, Andhika, Antok, Wisnu, Mas Fadli, Endro, Surya dan Istighfarin. Sahabat-sahabatku, Sigit, Andrika, Dheha, Risma, Novel dan Erlina serta teman – teman kos yang selalu ceria dan lucu, Sahri, Wahyu kembar, Pendi, Wida dan Iyus. Teman – teman angkatan 2006 yang selalu memberikan semangat serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan.

Penulis menyadari bahwa dalam tulisan ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk dijadikan koreksi demi penulisan skripsi ini. Dengan segala kerendahan hati, penulis berharap semoga penelitian ini berguna untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan dapat memberikan sumbangan pemikiran di bidang Kedokteran Hewan serta semua pihak yang membutuhkan.

Surabaya, 04 Juni 2010

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
ABSTRACT .....	vi
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
SINGKATAN DAN ARTI LAMBANG .....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Landasan Teori.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.6 Hipotesis Penelitian .....	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Bekatul Padi .....	7
2.2 Mikroba Rumen.....	8
2.2.1 <i>Acidothermus cellulolyticus</i> .....	9
2.2.2 <i>Aspergillus terreus</i> .....	11
2.3 Fermentasi Bekatul.....	13
2.4 Protein Kasar .....	15
2.5 Serat Kasar .....	17
2.6 Molasis (Tetes Tebu).....	18
BAB 3 MATERI DAN METODE PENELITIAN .....	20
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	20
3.2 Materi Penelitian .....	20
3.2.1 Alat Penelitian .....	20
3.2.2 Bahan Penelitian .....	20
3.3 Metode Penelitian.....	21
3.3.1 Rancangan Penelitian.....	21
3.4 Prosedur Kerja.....	21
3.4.1 Fermentasi Bekatul .....	21
3.4.2 Analisis Proksimat .....	23



3.5 Identifikasi Variabel .....	23
3.5.1 Variabel Bebas .....	23
3.5.2 Variabel Tergantung .....	23
3.5.3 Variabel Kendali .....	23
3.6 Analisis Data .....	24
3.7 Diagram Alur Penelitian .....	25
<b>BAB 4 HASIL PENELITIAN.....</b>	<b>26</b>
4.1 Serat Kasar .....	26
4.2 Protein Kasar .....	29
<b>BAB 5 PEMBAHASAN.....</b>	<b>32</b>
5.1 Kandungan Serat Kasar .....	32
5.2 Kandungan Protein Kasar .....	34
<b>BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>37</b>
6.1 Kesimpulan .....	37
6.2 Saran .....	37
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>38</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>40</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>45</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
4.1 Rata – rata kandungan serat kasar bekatul setelah difermentasi .....	26
4.2 Rata – rata kandungan protein kasar bekatul setelah difermentasi.....	29




## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 <i>Acidothermus cellulolyticus</i> (mikroskop 400X) .....	10
2.2 <i>Aspergillus terreus</i> (mikroskop stereo 400X) .....	12
2.3 <i>Aspergillus terreus</i> (mikroskop cahaya 1500X) .....	12
3.1 Diagram alur penelitian .....	25
4.1 Diagram batang kandungan serat kasar bekatul .....	28
4.2 Diagram batang kandungan protein kasar bekatul .....	31

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Hasil Analisis Proksimat Kandungan Protein Kasar Dan Serat Kasar Bekatul Setelah Difermentasi.....	45
2. Prosedur Analisis Bahan Kering Bebas Air .....	47
3. Prosedur Analisis Serat Kasar .....	48
4. Prosedur Analisis Proksimat Protein Kasar (cara Marcam Steel) .....	50
5. Hasil Konversi (BK 100%) Kandungan Serat Kasar Bekatul Terfermentasi Dan Transformasi Kandungan Serat Kasar Bekatul Setelah Difermentasi .....	53
6. Analisis Varian (Anava) Kandungan Serat Kasar Bekatul Setelah Difermentasi	55
7. Hasil Konversi (BK 100%) Kandungan Protein Kasar Bekatul Terfermentasi Dan Transformasi Kandungan Protein Kasar Bekatul Setelah Difermentasi.....	60
8. Analisis Varian (Anava) Kandungan Protein Kasar Bekatul Setelah Difermentasi.....	62
9. Perhitungan Dosis Perlakuan.....	67
10. Foto Dokumentasi Analisis Proksimat.....	68

## SINGKATAN DAN ARTI LAMBANG



g	= gram
°C	= derajat celcius
ml	= mililiter
β	= beta
%	= persen
±	= kurang lebih
Anava	= Analisis Varian
BETN	= Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen
BK	= Bahan Kering
CFU	= <i>Coloni Forming Unit</i>
CMC	= <i>Carboxyl Methyl Cellulose</i>
N	= Nitrogen
NPN	= Non Protein Nitrogen
PK	= Protein kasar
RAL	= Rancangan Acak Lengkap
SK	= Serat Kasar

## **BAB 1 PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Usaha meningkatkan kualitas pakan tidak terlepas dari pengolahan pakan. Penggunaan bahan pakan impor mengakibatkan tingginya harga pakan. Jika hal ini berlangsung terus menerus, maka banyak peternak yang akan mengalami kerugian. Hal tersebut dapat diminimalkan dengan adanya alternatif bahan pakan lokal yang bersifat nonkonvensional dan tidak bersaing dengan kebutuhan manusia, harganya murah, tetapi mempunyai kandungan nutrisi yang cukup untuk ternak (Hanafi, 2001).

Berkembangnya usaha peternakan mengakibatkan pengadaan bahan pakan menjadi bertambah. Tingginya permintaan terhadap bahan pakan di pasar menyebabkan harga ransum semakin mahal (Retnowidyani, 1991). Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan mengolah bahan pakan sendiri dengan memanfaatkan limbah pertanian atau limbah industri (Widyarti, 1991).

Limbah pertanian yang tersedia sepanjang tahun dan pada umumnya berkualitas rendah dari segi kandungan protein dan juga kandungan serat yang tinggi, seperti bekatul, ampas tahu dan onggok (Rakhmani, 2005). Bekatul merupakan bahan pakan limbah pertanian yang banyak dipakai untuk pakan ternak, mudah didapat dan harganya relatif murah karena bekatul merupakan produk sampingan dari penggilingan padi. Keterbatasan pemanfaatan bekatul sebagai campuran pakan unggas adalah kandungan proteinnya yang rendah, serat

kasar yang tinggi dan adanya asam fitat yang mampu mengikat mineral Ca serta protein menjadi garam fitat dan fitat protein sehingga menurunkan kemanfaatannya oleh unggas, dengan demikian bekatul memiliki pencernaan yang rendah (Sujono, 2001).

Usaha memperbaiki nilai gizi suatu bahan pakan dapat diberikan perlakuan secara fisik, kimia maupun secara biologis dengan tujuan untuk melonggarkan ikatan selulose dan hemiselulose sehingga kecernaannya dapat meningkat (Ali, 2005). Salah satu cara untuk meningkatkan nilai nutrisi dan pencernaan bekatul serta aman penggunaannya adalah dengan cara biologis yaitu dengan fermentasi yang menggunakan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* yang berasal dari cairan rumen sapi.

Rumen merupakan lingkungan yang sangat baik untuk pertumbuhan mikroba yang terdiri dari bakteri, jamur dan protozoa. Mikroba tersebut di dalam retikulo-rumen mempunyai peranan penting dalam proses fermentasi pakan (Akoso, 1996). Diantara bakteri-bakteri tersebut termasuk di dalamnya bakteri yang dapat mencerna serat kasar (Arora, 1989).

*Acidothermus cellulolyticus* menghasilkan enzim selulase yang dapat digunakan untuk mendegradasi selulosa pada tanaman. *Acidothermus cellulolyticus* akan dominan apabila pakan utama ternak berupa serat kasar. *Acidothermus cellulolyticus* ini menghasilkan enzim selulase yang dapat mengkatalisis reaksi pemutusan ikatan 1,4  $\beta$ -glukosida dalam selulosa (Enrari, 1983).

Selain bakteri ada juga jamur di dalam rumen yang sangat bermanfaat dalam mencerna pakan berserat. Salah satunya adalah *Aspergillus terreus* yang dapat menghasilkan enzim selulase yang dapat memecah polisakarida menjadi glukosa untuk digunakan untuk pertumbuhan dan reproduksi (Bechara, 2006).

Pada umumnya *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* memiliki peranan diantaranya memecah bahan pakan berserat dan mensintesis asam-asam amino yang terdapat dalam komponen bahan pakan (Stewart, 1991), sehingga diharapkan penggunaan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* tersebut dapat meningkatkan nutrisi bekatul.

Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, dilakukan penelitian tentang penggunaan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* pada proses fermentasi sebagai upaya peningkatan nutrisi bekatul khususnya untuk menurunkan kandungan serat kasar dan meningkatkan kandungan protein kasar sebagai pakan ternak.



## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Apakah *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* dapat menurunkan kandungan serat kasar bekatul ?
2. Apakah *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* dapat meningkatkan kandungan protein kasar bekatul ?

## 1.3 Landasan Teori

Bekatul sebagai pakan mempunyai kualitas rendah dengan kandungan nutrisi sebagai berikut : protein 10,6 %, lemak 13,66 %, serat kasar 34,1 %, karbohidrat 46,73 % dan abu 7,94 % (Widya dkk., 2009). Salah satu cara peningkatan kualitas pakan, dengan cara biologis yaitu fermentasi dengan menggunakan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* sebagai fermentornya.

*Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* ini dapat menghasilkan enzim selulase yang dapat menghidrolisis selulosa menjadi glukosa dan dapat digunakan sebagai sumber karbon bagi pertumbuhannya. Enzim selulase ini dapat juga menguraikan molekul besar menjadi molekul yang lebih kecil seperti selobiosa (oligosakarida) sehingga dapat meningkatkan pencernaan bekatul (Russel *et al.*, 1991). Hubungan jamur dan bakteri rumen ini bekerja secara sinergis karena jamur merupakan organisme yang pertama kali menembus

dinding sel tumbuhan, kemudian baru diikuti oleh aktivitas bakteri (Preston and Leng, 1991).

Berdasarkan uraian diatas, penggunaan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* di dalam pakan tersebut diharapkan dapat meningkatkan derajat fermentasi serat kasar, sehingga meningkatkan sumber energi yang tersedia. Energi tersebut dapat digunakan oleh *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* memecah bahan pakan berserat dan mensintesis asam-asam amino dalam bahan pakan (Stewart, 1991), sehingga diharapkan penggunaan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* tersebut dapat meningkatkan nutrisi dan pencernaan bekatul.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* terhadap penurunan kandungan serat kasar bekatul.
2. Mengetahui pengaruh *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* terhadap peningkatan kandungan protein kasar bekatul.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada peternak agar dapat memanfaatkan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* sebagai upaya meningkatkan kualitas bekatul untuk pakan ternak.

### 1.6 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah dan tujuan penelitian yang ada diatas maka dapat diajukan hipotesis sebagai berikut :

- 1 Terdapat pengaruh *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* terhadap penurunan kandungan serat kasar bekatul.
- 2 Terdapat pengaruh *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* terhadap peningkatan kandungan protein kasar bekatul.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Bekatul Padi

Dalam proses penggilingan padi, ada empat jenis limbah yang dapat dibedakan satu dengan yang lain, yaitu sekam, dedak, bekatul dan menir (Soemardi dan Ridwan, 1991). Dedak dan bekatul ( $\pm 10\%$  berat gabah kering giling) merupakan hasil sampingan yang diperoleh dari lapisan luar beras pecah kulit dalam penggilingan yang hasil utamanya adalah beras putih (Tangendjaja, 1991). Hasil penggilingan pertama akan diperoleh dedak, sedangkan penggilingan kedua, diperoleh bekatul. Akan tetapi, di Indonesia, proses penggilingan beras umumnya dilakukan hanya dalam satu tahap saja. Dengan demikian, hasil samping dari gilingan tersebut, yaitu dedak dan bekatul, bercampur menjadi satu, sehingga limbah penggilingan padi yang berupa dedak berarti pula bekatul (Iskandar, 2002).

Walaupun merupakan hasil sampingan dari proses penggilingan padi, kandungan gizi dan komposisi bekatul sebagai berikut : protein 10,6 %, lemak 13,66 %, serat kasar 34,1 %, karbohidrat 46,73 % dan abu 7,94 % (Widya dkk., 2009). Berdasarkan kandungan gizi dan komposisi bekatul tersebut kandungan karbohidrat yang paling banyak terdapat pada bekatul (Anonim, 2002).

Bekatul kaya dengan vitamin dan mineral. Kandungan vitamin terbanyak adalah vitamin B1 selanjutnya vitamin B5, sedangkan vitamin A, vitamin C dan vitamin D terdapat dalam jumlah sedikit. Fosfor merupakan komponen mineral terbesar dalam bekatul di samping magnesium (Handini, 1985).

Kualitas bekatul tergantung serat kasar yang terdapat di dalamnya, dengan demikian bekatul yang persentase serat kasarnya tinggi berarti kualitasnya rendah (Handini, 1985). Penentuan kualitas bekatul di lapangan dapat dilakukan dengan cara genggam, apabila menggumpal setelah digenggam berarti kualitas bekatul baik. Kualitas bekatul yang kurang baik ditandai adanya sekam yang tercampur dalam bekatul yang menyebabkan bekatul tidak menggumpal pada saat digenggam (Susanto, 1994).

## 2.2 Mikroba Rumen

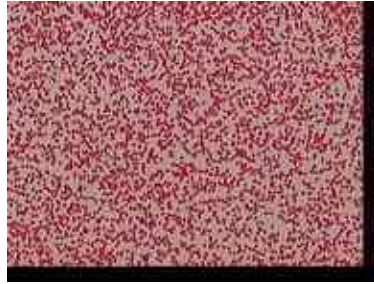
Rumen merupakan lingkungan yang sangat baik untuk pertumbuhan mikroba yang terdiri dari bakteri, jamur dan protozoa. Mikroba tersebut di dalam retikulo-rumen mempunyai peranan penting dalam proses fermentasi pakan (Akoso, 1996).

Menurut Hendrawan (1987) golongan utama mikroba rumen adalah bakteri dan jamur yang telah banyak diketahui dalam proses fermentasi pakan ternak ruminansia. Konsentrasi bakteri dalam cairan isi rumen sapi Zebu mencapai  $21 \times 10^9$  sedangkan pada kerbau kira-kira  $25 \times 10^9$  per ml. Diantara bakteri-bakteri tersebut termasuk di dalamnya bakteri yang dapat mencerna serat kasar (Arora, 1989). Isi rumen merupakan bahan pakan yang terdapat dalam rumen sebelum menjadi feses dan dikeluarkan dari dalam rumen setelah hewan dipotong. Cairan isi rumen adalah cairan yang didapatkan bersamaan dengan materi padat isi rumen. Cairan isi rumen memiliki kandungan mikroorganisme yang tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai fermentor (Van Soest, 1982).

Cairan isi rumen mengandung berbagai mikroorganisme baik jamur maupun bakteri yang berperan pada proses pencernaan pakan. Jumlah bakteri berkisar antara  $10^9$ - $10^{10}$  tiap ml cairan isi rumen dan telah diidentifikasi lebih dari 60 spesies bakteri. Kebanyakan bakteri tidak berspora dan bersifat anaerob (McDonald *et al.*, 1987).

### **2.2.1 *Acidothermus cellulolyticus***

Bakteri di dalam rumen diantaranya adalah bakteri selulolitik yang dapat menghasilkan enzim selulase yang digunakan untuk mendegradasi selulosa pada tanaman. Bakteri selulolitik akan dominan apabila pakan utama ternak berupa serat kasar. Salah satu bakteri selulolitik ini adalah *Acidothermus cellulolyticus* (Holt *et al.*, 1994). Koloni bakteri ini dapat tumbuh pada media selektif *Carboxyl Methyl Cellulose* (CMC) mencapai diameter 1-3 cm dalam 3 hari, dengan bentuk koloni sirkuler, bentuk sel bulat serta bersifat gram negatif. *Acidothermus cellulolyticus* tumbuh pada media yang mengandung beberapa karbohidrat, termasuk glukosa, xylan, cellulosa, galaktosa, maltosa, sukrosa, mannitol, sorbitol dan cellobiosa. Bakteri ini diisolasi dari cairan rumen yang asam dengan pH 6 – 6,5 dan suhu 39 – 40°C (Holt *et al.*, 1994).



Gambar 2.1 *Acidothermus cellulolyticus* (mikroskop 400X)  
(Widya dkk., 2009)

*Acidothermus cellulolyticus* ini menghasilkan enzim selulase yang dapat mengkatalisis reaksi pemutusan ikatan 1,4  $\beta$ -glukosida dalam selulosa (Enrari, 1983). Selulase merupakan suatu kompleks enzim yang terdiri dari tiga enzim yang bekerja sinergis untuk mendegradasi selulose yaitu endoglukanase / karboksil metil selulose ( *endo-1,4- $\beta$ -glucanase*), eksoglukanase / selobiohidrolase (*ekso-1,4- $\beta$ -glucanase*) dan selobiase ( *$\beta$ -glukosidase*) (Hardjo dkk., 1989 ; Schlegel dan Schmidt, 1994).

Enzim endoglukanase menghidrolisis ikatan 1,4- $\beta$  pada rangkaian selulose secara acak menghasilkan selulo-oligosakarida / selulodekstrin, eksoglukanase memecah unit glukosil dari kutub non reduksi dari selulo-oligosakarida dengan melepas selobiosa, kemudian selobiase menghidrolisis selobiosa menjadi glukosa. Kemampuan *Acidothermus cellulolyticus* 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).

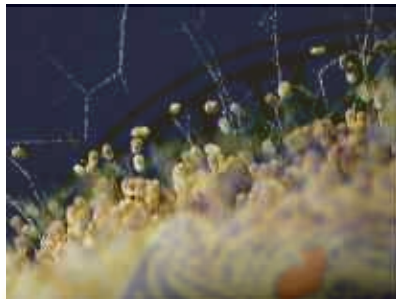
Akoso (1996) menyatakan bahwa sepanjang yang diketahui tidak ada satupun hewan yang dapat memproduksi enzim selulase sehingga pencernaan selulosa sangat tergantung pada bakteri yang terdapat di sepanjang saluran pencernaan ternak. Menurut Lehninger (1983) letak enzim yang dihasilkan oleh mikroba dapat dibedakan menjadi dua macam enzim yaitu enzim intraseluler dan enzim ekstraseluler. Enzim intraseluler merupakan enzim yang terletak di dalam sel, setelah biakan sel diperoleh maka dilakukan pemecahan sel untuk mengeluarkan enzim, sedangkan enzim ekstraseluler merupakan enzim yang terletak di luar sel, karena enzim ini selama proses biosintesisnya menembus membran dan keluar dari sel mikroba.

### **2.2.2 *Aspergillus terreus***

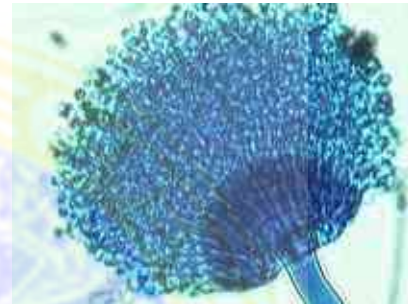
Jamur di dalam rumen diantaranya adalah jamur selulolitik yang dapat memproduksi enzim hidrolitik seperti amilase, selulase, pektinase, lipase dan proteinase (Waluyo, 2004). Salah satu jamur selulolitik adalah *Aspergillus terreus* yang dapat menghasilkan enzim selulase. Koloni pada media *Carboxyl Methyl Cellulose* (CMC) mencapai diameter 1-2,5 cm dalam 7 hari. Terdiri dari lapisan yang padat yang terbentuk oleh konidiofor (tunggal) berwarna coklat kekuningan yang makin gelap dengan bertambahnya umur koloni. Kepala konidia berwarna coklat kekuningan yang susunannya berantai berbentuk seperti kipas. Konidiofor berdinding halus, vesikula berbentuk semibulat, fialid terbentuk pada metula. Konidia berbentuk bulat berwarna kuning muda dan berdinding halus (Holt *et al.*, 1994).



Spesies ini merupakan penghuni tanah yang umum, banyak ditemukan di daerah tropis, dan telah diisolasi dari rempah-rempah, rhizosfer gandum, jagung, padi, kentang, kapas, pepaya, nanas, pisang, kacang tanah, biji-bijian yang disimpan di gudang untuk waktu yang lama, coklat, kulit, sarang burung, serta lumbung (Holt *et al.*, 1994).



Gambar 2.2 *Aspergillus terreus*  
(mikroskop stereo 400X)  
(Widya dkk., 2009)



Gambar 2.3 *Aspergillus terreus*  
(mikroskop cahaya 1500X)  
(Widya dkk., 2009)

*Aspergillus terreus* ini dapat menghasilkan enzim selulase (Bhat and Hazzlewood, 2001). Forsberg *et al.* (2004) melaporkan bahwa penambahan enzim selulase pada pakan dapat memperbaiki pencernaan bahan organik. *Aspergillus terreus* memproduksi dua unit enzim selulase yaitu endo 1,4  $\beta$ -glukanase yang berperan menghidrolisis serat selulosa menjadi rantai pendek, kemudian oleh enzim ekso 1,4  $\beta$ -glukanase yang akan memecah rantai pendek itu untuk menghasilkan senyawa yang sederhana terlarut (Bisaria and Ghose, 1981).

Menurut Chesson and Forsberg (1988), enzim selulase terdiri dari tiga macam enzim yang bekerja secara sinergis untuk mendegradasi substrat kristal selulosa yaitu enzim endo 1,4  $\beta$ -glukanase, selobiohidrolase dan  $\beta$ -glukosidase. Mekanisme pendegradasian selulosa dimulai dengan kerja enzim endo glukanase,

kemudian diikuti dengan kerja enzim selobiohidrolase dan enzim  $\beta$ -glukosidase sampai terbentuk produk glukosa. Hubungan bakteri dan jamur rumen ini bekerja secara sinergis karena jamur merupakan organisme yang pertama kali menembus dinding sel tumbuhan, kemudian baru diikuti oleh aktivitas bakteri (Preston and Leng, 1991).

### 2.3 Fermentasi Bekatul

Fermentasi adalah proses perubahan bahan organik menjadi bentuk lain dengan menggunakan bantuan mikroorganisme. Mikroorganisme yang banyak digunakan dalam proses fermentasi adalah bakteri, ragi (*yeast*), dan jamur (*kapang/mould*). Mikroorganisme melakukan proses fermentasi dengan cara menghidrolisis nutrisi yang masih dalam bentuk kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana (Setyono dkk., 2004).

Teknologi fermentasi dengan memanfaatkan kemampuan mikroba berhasil merubah pakan ternak berkualitas rendah yang berasal dari limbah pertanian menjadi suatu produk pakan yang lebih berkualitas. Metode fermentasi telah lama banyak dipergunakan untuk pengawetan, peningkatan nilai gizi, perbaikan cita rasa dalam pengolahan pakan. Praktek fermentasi selain untuk tujuan di atas semakin penting perannya untuk memperkaya ragam pakan dan bahan baru (Tri Nurhajati dkk., 1997).

Fermentasi dilihat dari segi mikrobiologi merupakan pendayagunaan sifat-sifat biokimia mikroba untuk menghasilkan berbagai produk katabolisme maupun

anabolisme atau biosintesis (Rachman, 1989). Chusniati dkk. (2005) menyatakan fermentasi sebagai proses penguraian substrat oleh aktivitas enzim mikroba. Proses ini dapat berlangsung secara aerob maupun anaerob, tergantung pada mikroba yang melakukannya.

Faktor-faktor yang diperhatikan dalam proses fermentasi antara lain air, suhu, pH, fermentor, susunan bahan dasar dan bahan yang bersifat mendukung (Rahayu dan Sudarmadji, 1989). Menurut Judoamidjojo dkk. (1989) yang terpenting dalam proses fermentasi adalah bahan baku dan bahan pembantu yang disebut sebagai medium atau substrat. Fungsi substrat antara lain adalah sebagai sumber energi, bahan pembentuk sel dan sebagai produk metabolisme. Medium fermentasi harus bisa menyediakan semua nutrisi pembentuk sel dan biosintesa produk-produk metabolisme.

Sebagian besar mikroorganisme yang penting dalam fermentasi membutuhkan bahan organik sebagai sumber energi. Sumber energi yang biasa digunakan adalah bahan organik dan sumber karbon seperti karbohidrat, lemak dan protein. Karbohidrat merupakan sumber karbon yang paling banyak digunakan dalam proses fermentasi (Rachman, 1989). Jumlah mikroorganisme yang tidak sebanding dengan sumber nutrisi yang tersedia akan menyebabkan kematian pada mikroba (Nurhajati dkk., 1997).

Proses fermentasi bekatul berlangsung secara fakultatif anaerob, dimana mikroba dapat tumbuh dengan adanya oksigen. Hal ini lebih menguntungkan bila dibandingkan dengan pemakaian bekatul yang tidak difermentasi karena terdapat

proses pemecahan komponen serat kasar dan mensintesis asam-asam amino dalam bahan pakan (Stewart, 1991), sehingga bekatul lebih mudah dicerna dan meningkatkan kandungan protein bekatul. Tingginya kandungan nutrisi pada pakan dapat memacu pertumbuhan dan produktivitas pada ternak.

## 2.4 Protein Kasar

Protein adalah senyawa organik kompleks yang mempunyai berat molekul tinggi. Seperti halnya karbohidrat dan lemak, protein mengandung unsur-unsur karbon, hidrogen dan oksigen, tetapi sebagai tambahannya semua protein mengandung nitrogen. Protein merupakan protoplasma aktif dalam semua sel hidup. Senyawa ini didapatkan dalam sitoplasma pada semua sel hidup, baik hewan maupun tanaman (Tilman dkk.,1989). Komposisi dasar dari protein menurut Anggorodi (1994), yaitu karbon 51,0-53,0%, hidrogen 6,5-7,5%, nitrogen 15,5-18,0%, oksigen 21,5-23,5%, sulfur 0,5-2,0% dan fosfor 0,0-1,5%.

Protein kasar adalah jumlah nitrogen (N) yang diperoleh dengan analisis proksimat cara Marcum Steel dikalikan dengan faktor 6,25 ( $N \times 6,25$ ). Hal ini diasumsikan bahwa protein dari bahan pakan mengandung 16 persen kadar nitrogen (Parakkasi, 1995). Sumber protein bagi ternak adalah protein alami atau protein dalam pakan dan Non Protein Nitrogen (NPN). Non Protein Nitrogen (NPN) adalah nitrogen yang berasal dari senyawa bukan protein termasuk asam amino, nitrogen lipide, amine-amine, amide-amide, purine, pirimidin, nitrat, alkaloid dan vitamin. Salah satu NPN yang telah umum dikenal adalah urea

(Siregar, 1994), sedangkan protein murni adalah nitrogen yang terdapat dalam ikatan-ikatan peptida dalam pembentukan protein.

Molekul protein adalah sebuah polimer dari asam-asam amino yang digabungkan dengan ikatan-ikatan peptida. Asam amino merupakan kunci dari struktur dasar protein dan lebih dari 100 asam amino telah diisolasi tetapi dalam molekul protein hanya ada 25 asam amino yang berbeda. Semua asam-asam amino mempunyai sekurang-kurangnya satu gugusan asam amino ( $-NH_2$ ) pada posisi alfa dari rantai karbon dan satu gugusan karboksil ( $-COOH$ ) (Tillman dkk., 1989).

Asam amino terbagi menjadi dua, yaitu asam amino essensial dan asam amino non essensial. Asam amino essensial harus ada dalam makanan karena tidak dapat disintesis dalam tubuh sebagaimana mestinya untuk pertumbuhan normal, sedangkan asam amino non essensial yaitu asam amino yang dapat disintesis untuk mencukupi kebutuhan pertumbuhan normal (Hariati, 1989). Kualitas protein pakan dinyatakan tinggi atau rendah, tergantung dari keseimbangan asam amino essensial yang terkandung dalam pakan tersebut (Anggorodi, 1994)

Menurut Santoso (1987) fungsi protein antara lain : a) Sebagai zat pembangun yang membentuk berbagai jaringan baru untuk pertumbuhan mengganti jaringan yang rusak maupun bereproduksi, b) Sebagai zat pengatur yang berperan dalam pembentukan enzim dan hormon, menjaga dan mengatur

berbagai proses metabolisme dalam tubuh, c) Sebagai zat pembakar, unsur karbon yang terkandung di dalamnya dapat berfungsi sebagai sumber energi.

Pada proses fermentasi mikroba proteolitik akan memecah molekul protein menjadi asam-asam amino (Anggorodi, 1994) dengan menghasilkan enzim protease. Asam amino akan dimanfaatkan oleh mikroba untuk memperbanyak diri. Meningkatnya jumlah koloni mikroba selama proses fermentasi secara tidak langsung dapat meningkatkan kandungan protein kasar karena mikroba merupakan sumber protein tunggal (Wuryantoro, 2000).

## **2.5 Serat Kasar**

Karbohidrat dapat dipisahkan menjadi dua bagian yaitu BETN dan serat kasar melalui analisis proksimat. Bahan ekstrak tanpa nitrogen berisi zat-zat monosakarida, disakarida, trisakarida dan polisakarida, sedangkan serat kasar disusun oleh selulose (polisakarida). Serat kasar adalah residu organik dari karbohidrat yang dipisahkan melalui ekstraksi eter dengan menggunakan larutan asam dan basa (McDonald *et al.*, 1994). Serat kasar terdiri dari selulose dan hemiselulose yang berfungsi sebagai bahan pelindung tumbuh-tumbuhan (Anggorodi, 1994). Pada umumnya kemampuan hewan untuk mencerna serat kasar tergantung pada sistem pencernaan yang dimiliki hewan tersebut dan mikroorganisme yang terdapat di dalam alat pencernaan (Anggorodi, 1994).

Serat kasar selain berperan sebagai pengisi dalam suatu ramuan pakan juga berguna untuk memantapkan bentuk pakan. Dalam beberapa hal, serat kasar juga

berguna untuk membentuk gumpalan ampas makanan menjadi feses (kotoran). Kandungan serat kasar yang terlalu tinggi akan mengganggu proses pencernaan dan penyerapan sari makanan (Mudjiman, 2004).

Berdasarkan bahan kering bebas air bekatul memiliki kandungan serat kasar 34,1 % (Widya dkk., 2009). 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 rendah. Kondisi ini perlu pengolahan lebih lanjut, salah satu dengan cara fermentasi yang dapat menurunkan kandungan serat kasar bekatul, sehingga akan meningkatkan daya cerna ternak unggas untuk menunjang pertumbuhan dan produktivitas ternak unggas tersebut.

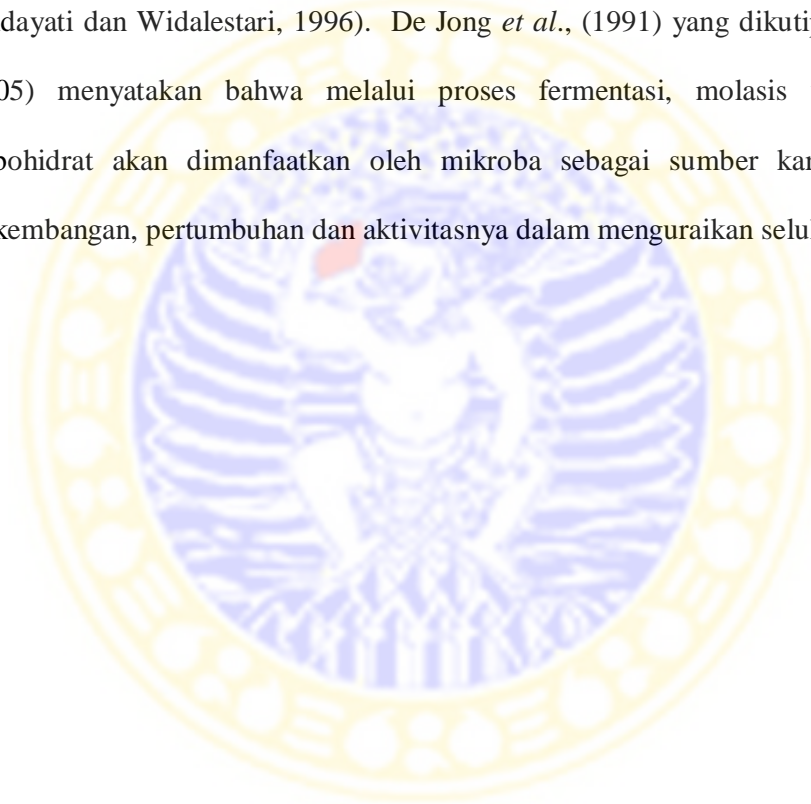
## **2.6 Molasis (Tetes Tebu)**

Molasis adalah merupakan hasil sampingan pembuatan gula pasir dari tebu (Parakkasi, 1995). Bentuk fisiknya berupa cairan kental dan berwarna hitam. Kandungan gizi molasis, yaitu karbohidrat 84 %, protein 5,9 %, Kalsium 1,05 % dan fosfor 0,1 % (Santoso, 1987).

Molasis juga mengandung vitamin B kompleks yaitu thiamin 0,8 %, riboflavin 3,0 % dan niacin 28,0 %. Selain itu, di dalam molasis juga terdapat unsur-unsur mikro yang penting bagi ternak seperti cobalt, jodium, tembaga, mangan dan seng (Paturau, 1982). Molasis dapat dipergunakan sebagai pakan ternak secara langsung. Disamping harganya relatif murah, kelebihan lain dari

molasis terletak dari aroma dan rasanya, sehingga apabila dicampur dalam ransum pakan ternak bisa memperbaiki aroma dan rasa ransum. Manfaat lain dari molasis bisa digunakan untuk meningkatkan energi mikroba, meningkatkan aktivitas mikroba, meningkatkan populasi mikroba serta meningkatkan palatabilitas ternak.

Secara umum penggunaan molasis pada ransum sebesar 3 % per hari (Widayati dan Widalestari, 1996). De Jong *et al.*, (1991) yang dikutip Indrawan (2005) menyatakan bahwa melalui proses fermentasi, molasis yang kaya karbohidrat akan dimanfaatkan oleh mikroba sebagai sumber karbon untuk perkembangan, pertumbuhan dan aktivitasnya dalam menguraikan selulosa.





## **BAB 3 MATERI DAN METODE PENELITIAN**

### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 17 Agustus sampai dengan tanggal 24 Agustus 2009 di Laboratorium Departemen Ilmu Peternakan Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Airlangga Surabaya.

### **3.2 Materi Penelitian**

#### **3.2.1 Alat Penelitian**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi : kantong plastik ukuran 2 kg, ember plastik, baki, timbangan, *Spuit*, sarung tangan, gelas ukur, alat untuk analisis protein kasar yang terdiri dari : labu *Kjeldhal* 100 cc, pemanas labu *Kjeldhal*, spatula, timbangan elektrik Sartorius, gelas ukur, labu ukur 250 cc, erlenmeyer 300 cc, labu destilasi 2000 cc, pipa bengkok, sumbat karet, pembakar bunsen dan kawat kasa. Alat untuk analisis serat kasar terdiri dari : erlenmeyer 300 cc, erlenmeyer penghisap, corong *Buchner*, cawan porselen, spatula, gelas ukur, timbangan analitik, oven, penangas air dan kompresor.

#### **3.2.2 Bahan Penelitian**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bekatul yang diperoleh dari daerah Blitar, Jawa Timur dan molasis (tetes), serta suspensi *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* yang berasal dari isolasi dan identifikasi cairan rumen sapi (Widya dkk., 2009). Bahan kimia untuk analisis protein kasar

yang terdiri dari : Tablet *Kjeldahl*, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat, NaOH 40%, Boric acid, indikator *Metil-Red*, *Brom Cresol Green*, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01 N dan aquadest. Bahan kimia untuk analisis serat kasar terdiri dari : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,3 N, NaOH 1,5 N, HCL 0,3 N, Aceton dan H<sub>2</sub>O panas.

### **3.3 Metode Penelitian**

#### **3.3.1 Rancangan Penelitian**

Penelitian ini bersifat eksperimental. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan sepuluh perlakuan dan tiga kali ulangan.

### **3.4 Prosedur Kerja**

#### **3.4.1 Fermentasi Bekatul**

Bahan bekatul dibagi secara acak menjadi 30 unit percobaan, masing-masing dengan berat sampel 250 gram. Tiap unit percobaan dicampur molasis 3% dari berat bahan serta suspensi *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* dari cairan rumen sapi sesuai dosis yang telah ditetapkan. Lama fermentasi pada penelitian ini ditetapkan berdasarkan penelitian pendahuluan yang telah dilaksanakan.

Bahan dicampur secara homogen dengan cara diaduk kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik berkode sesuai dengan perlakuan kemudian diikat dan difermentasi selama  $\pm 7$  hari dalam kondisi fakultatif anaerob (Setyono dkk., 2004).

Perlakuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. P<sub>0</sub> : Bekatul + Bakteri 0 % + Jamur 0 % + Molasis 3 %
2. P<sub>1</sub> : Bekatul + Bakteri 10 % + Jamur 10 % + Molasis 3 %
3. P<sub>2</sub> : Bekatul + Bakteri 20 % + Jamur 10 % + Molasis 3 %
4. P<sub>3</sub> : Bekatul + Bakteri 30 % + Jamur 10 % + Molasis 3 %
5. P<sub>4</sub> : Bekatul + Bakteri 10 % + Jamur 20 % + Molasis 3 %
6. P<sub>5</sub> : Bekatul + Bakteri 20 % + Jamur 20 % + Molasis 3 %
7. P<sub>6</sub> : Bekatul + Bakteri 30 % + Jamur 20 % + Molasis 3 %
8. P<sub>7</sub> : Bekatul + Bakteri 10 % + Jamur 30 % + Molasis 3 %
9. P<sub>8</sub> : Bekatul + Bakteri 20 % + Jamur 30 % + Molasis 3 %
10. P<sub>9</sub> : Bekatul + Bakteri 30 % + Jamur 30 % + Molasis 3 %

Keterangan :

Cara penentuan dosis bakteri dan jamur berdasarkan penelitian Norris (2005)

Penentuan dosis molasis dan berat bahan bekatul berdasarkan penelitian Virianti Tandra (2007).

Cara Penghitungan dosis dapat dilihat pada Lampiran 9.

Pembuatan suspensi bakteri berasal dari bakteri yang telah dimurnikan pada media Nutrient Agar. Ambil sedikit koloninya memakai ose, lalu campurkan pada 150 ml Nutrient Broth (bakteri akan tumbuh  $\pm$  24 jam). Setelah itu Nutrient broth diencerkan dengan aquadest sampai tingkat kekeruhannya sesuai dengan standar Mac. Farland I, sedangkan pembuatan suspensi jamur berasal dari jamur yang telah dimurnikan pada media Sabourand Dextrosa Agar. Ambil sedikit koloninya memakai ose, lalu campurkan pada 150 ml Sabourand Dextrosa Broth (jamur akan tumbuh  $\pm$  24 jam). Setelah itu Sabourand Dextrosa Broth diencerkan dengan aquadest sampai tingkat kekeruhannya sesuai dengan standar Mac. Farland I. Suspensi siap digunakan untuk fermentasi bekatul.

Konsentrasi jamur =  $3 \times 10^8$  CFU/ml

Konsentrasi bakteri =  $3 \times 10^8$  CFU/ml

(Sesuai dengan standart Mac. Farland I)

### 3.4.2 Analisis Proksimat

Setelah difermentasi selama  $\pm 7$  hari dilakukan analisis proksimat terhadap semua unit percobaan untuk mengetahui kandungan protein dan serat kasar (Setyono dkk., 2004). Metode analisis dapat dilihat pada Lampiran 3 dan 4.

## 3.5 Identifikasi Variabel

### 3.5.1 Variabel Bebas

Dosis suspensi *Acidothermus cellulolyticus* yang digunakan sebesar 0 %, 10 %, 20 %, 30 % dan dosis suspensi *Aspergillus terreus* yang digunakan sebesar 0 %, 10 %, 20 %, dan 30 %.

### 3.5.2 Variabel Tergantung

1. Kadar serat kasar bekatul berdasarkan analisis proksimat serat kasar. Metode analisis ini dapat dilihat pada Lampiran 3.
2. Kadar protein kasar bekatul berdasarkan analisis proksimat metode Marcum Steel. Metode analisis ini dapat dilihat pada Lampiran 4.

### 3.5.3 Variable Kendali

Suhu, pH dan lama fermentasi

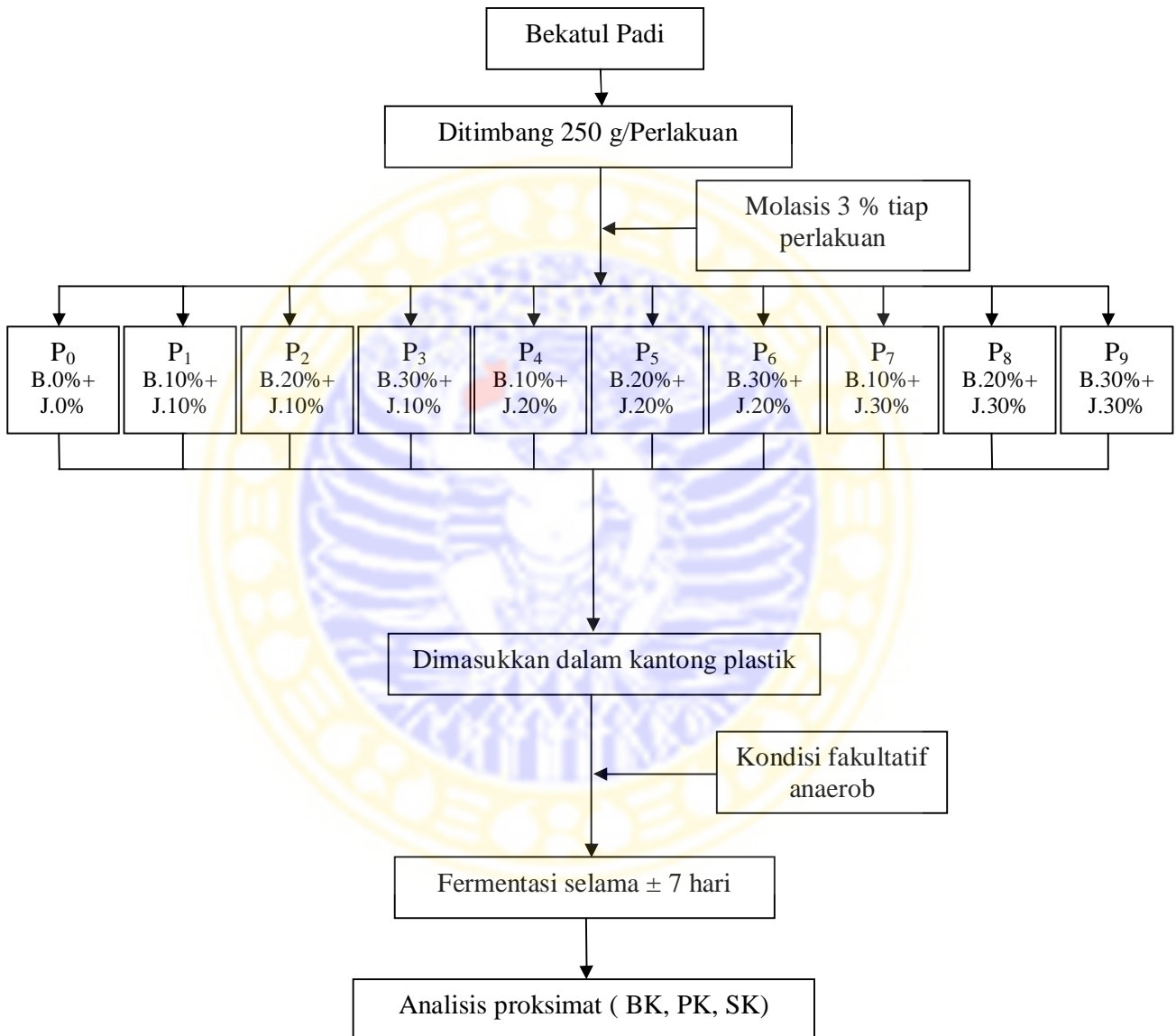
### 3.6 Analisis Data

Hasil penelitian akan dianalisis dengan menggunakan statistika Analisis Varian (Anava), dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan dengan tingkat 5% untuk menentukan perlakuan mana yang berbeda dengan perlakuan lain (Kusriningrum, 2008).



### 3.7 Diagram Alur Penelitian

Diagram alur dari penelitian ini adalah sebagai berikut :



**Gambar 3.1 Diagram alur penelitian**

## BAB 4 HASIL PENELITIAN

### 4.1 Serat kasar

Hasil analisis proksimat kandungan serat kasar bekatul dapat dilihat pada Lampiran 5. Adapun rata – rata kandungan protein kasar bekatul yang telah mengalami fermentasi dapat dilihat pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1 Rata – rata kandungan serat kasar bekatul setelah difermentasi**

Dosis <i>Acidothermus cellulolyticus</i> dan <i>Aspergillus terreus</i>	Serat Kasar (%) Rata – rata ± SD	Transformasi (arcsin √y) Rata – rata ± SD
P <sub>0</sub> (B.0 % + J.0 %)	34,1067 ± 0,1493	35,7329 <sup>a</sup> ± 0,1396
P <sub>1</sub> (B.10 % + J.10 %)	31,9793 ± 0,4924	34,4351 <sup>b</sup> ± 0,3018
P <sub>5</sub> (B.20 % + J.20 %)	31,1002 ± 0,6158	33,8918 <sup>bc</sup> ± 0,3798
P <sub>9</sub> (B.30 % + J.30 %)	30,5814 ± 0,1997	33,5730 <sup>bcd</sup> ± 0,1241
P <sub>6</sub> (B.30 % + J.20 %)	30,3719 ± 0,3367	33,4429 <sup>bcd</sup> ± 0,0542
P <sub>7</sub> (B.10 % + J.30 %)	30,2299 ± 0,5094	33,3519 <sup>bcd</sup> ± 0,3170
P <sub>4</sub> (B.10 % + J.20 %)	29,6460 ± 0,7760	32,9828 <sup>cd</sup> ± 0,4851
P <sub>8</sub> (B.20 % + J.30 %)	29,4953 ± 0,5067	32,8920 <sup>cd</sup> ± 0,3174
P <sub>3</sub> (B.30 % + J.10 %)	29,2334 ± 0,5759	32,7264 <sup>cd</sup> ± 0,3618
P <sub>2</sub> (B.20 % + J.10 %)	28,9637 ± 0,2895	32,5589 <sup>d</sup> ± 0,1832

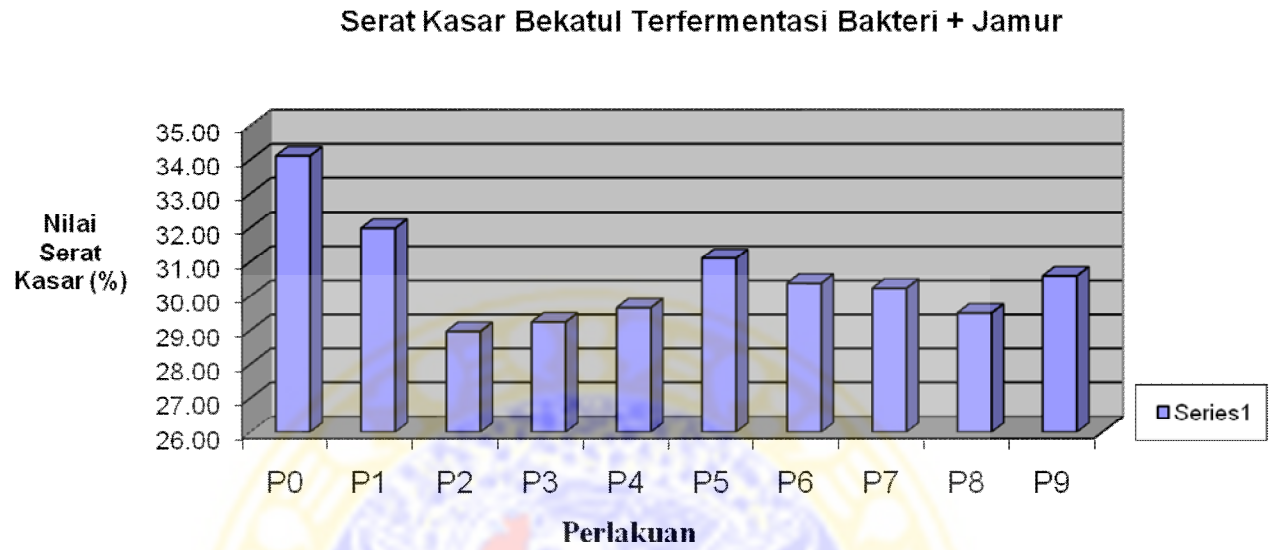
Keterangan : superskrip berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata (p<0,05)

Berdasarkan hasil analisis statistik dengan menggunakan Analisis Varian (Anava) dapat diketahui bahwa dosis *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* pada fermentasi bekatul berpengaruh nyata terhadap kandungan serat kasar bekatul ( $p < 0,05$ ). Hasil perhitungan Analisis Varian (Anava) dapat dilihat pada Lampiran 6.

Berdasarkan hasil uji Duncan dapat diketahui bahwa kandungan serat kasar terendah adalah P<sub>2</sub>, yang tidak berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) dengan P<sub>3</sub>, P<sub>8</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>7</sub>, P<sub>6</sub> dan P<sub>9</sub> tetapi berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) dengan P<sub>5</sub> dan P<sub>1</sub>, sedangkan kandungan serat kasar yang tertinggi adalah pada perlakuan P<sub>0</sub> yang berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) dengan perlakuan lainnya.

Rata – rata kandungan serat kasar bekatul yang difermentasi dengan menggunakan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* (P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>8</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>7</sub>, P<sub>6</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>5</sub> dan P<sub>1</sub>) mengalami penurunan bila dibandingkan dengan bekatul yang difermentasi tanpa menggunakan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* (P<sub>0</sub>). Rata – rata penurunan kandungan serat kasar pada bekatul berkisar antara 2,1274 % - 5,1430 %. Kandungan serat kasar pada perlakuan P<sub>0</sub>, P<sub>1</sub>, P<sub>5</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>6</sub>, P<sub>7</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>8</sub>, P<sub>3</sub> dan P<sub>2</sub> tersebut berturut – turut adalah 34,1067 % ; 31,9793 % ; 31,1002 % ; 30,5814 % ; 30,3719 % ; 30,2299 % ; 29,6460 % ; 29,4953 % ; 29,2334 % dan 28,9637 %. Rata – rata kandungan serat kasar tersebut dapat dilihat pada gambar 4.1.





**Gambar 4.1 Diagram batang kandungan serat kasar bekatul**

#### 4.2 Protein kasar

Hasil analisis proksimat kandungan protein kasar bekatul dapat dilihat pada Lampiran 7. Adapun rata – rata kandungan protein kasar bekatul yang telah mengalami fermentasi dapat dilihat pada tabel 4.2.

**Tabel 4.2 Rata – rata kandungan protein kasar bekatul setelah difermentasi**

Dosis <i>Acidothermus cellulolyticus</i> dan <i>Aspergillus terreus</i>	Protein Kasar (%) Rata – rata $\pm$ SD	Transformasi ( $\sqrt{y}$ ) Rata – rata $\pm$ SD
P <sub>2</sub> (B.20 % + J.10 %)	13,97 $\pm$ 0,4472	3,7361 <sup>a</sup> $\pm$ 0,0598
P <sub>5</sub> (B.20 % + J.20 %)	12,87 $\pm$ 0,1789	3,5872 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,0249
P <sub>3</sub> (B.30 % + J.10 %)	12,84 $\pm$ 0,0000	3,5833 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,0000
P <sub>8</sub> (B.20 % + J.30 %)	12,74 $\pm$ 0,0581	3,5693 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,0078
P <sub>7</sub> (B.10 % + J.30 %)	12,71 $\pm$ 0,3444	3,5640 <sup>b</sup> $\pm$ 0,0484
P <sub>6</sub> (B.30 % + J.20 %)	12,44 $\pm$ 0,1789	3,5267 <sup>b</sup> $\pm$ 0,0253
P <sub>4</sub> (B.10 % + J.20 %)	12,36 $\pm$ 0,5501	3,5128 <sup>b</sup> $\pm$ 0,0784
P <sub>9</sub> (B.30 % + J.30 %)	12,27 $\pm$ 0,0000	3,5029 <sup>b</sup> $\pm$ 0,0000
P <sub>1</sub> (B.10 % + J.10 %)	12,25 $\pm$ 0,0000	3,5000 <sup>b</sup> $\pm$ 0,0000
P <sub>0</sub> (B.0 % + J.0 %)	10,90 $\pm$ 0,2096	3,3010 <sup>c</sup> $\pm$ 0,0315

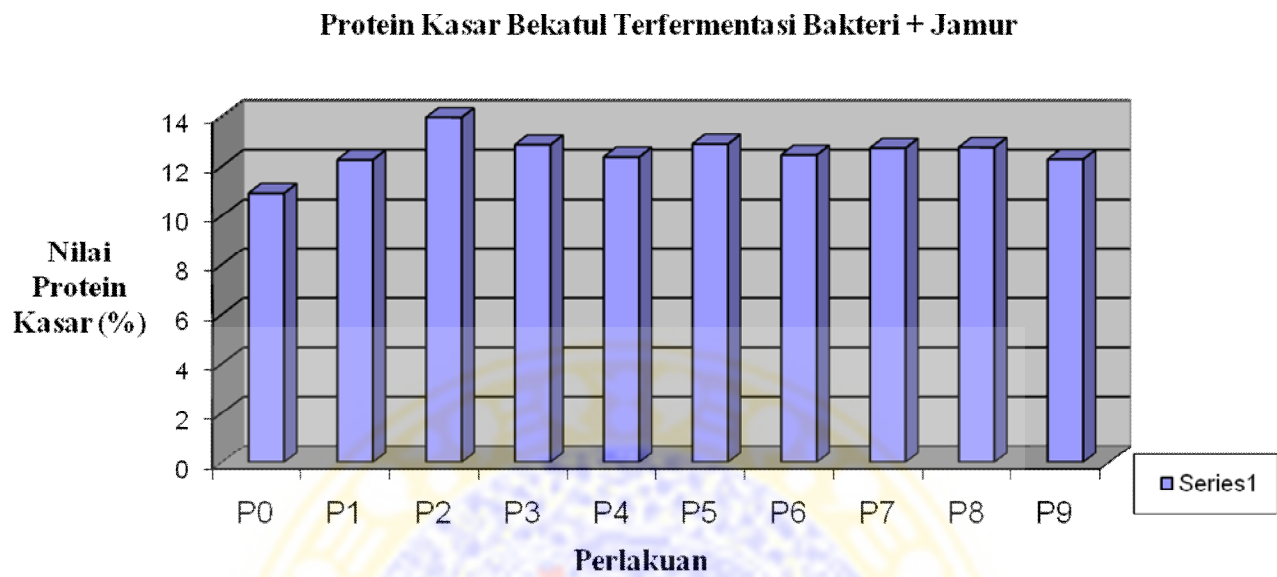
Keterangan : superskrip berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ( $p < 0,05$ )

Berdasarkan hasil analisis statistik dengan menggunakan Analisis Varian (Anava) dapat diketahui bahwa dosis *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* pada fermentasi bekatul berpengaruh nyata terhadap kandungan protein

kasar bekatul ( $p < 0,05$ ). Hasil perhitungan Analisis Varian (Anava) dapat dilihat pada Lampiran 8.

Berdasarkan hasil uji Duncan dapat diketahui bahwa kandungan protein kasar tertinggi adalah  $P_2$  tidak berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) dengan  $P_5$ ,  $P_3$  dan  $P_8$  tetapi berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) dengan  $P_7$ ,  $P_6$ ,  $P_4$ ,  $P_9$  dan  $P_1$ , sedangkan kandungan protein kasar terendah adalah pada  $P_0$  yang berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) dengan perlakuan lainnya.

Rata – rata kandungan protein kasar bekatul yang difermentasi dengan menggunakan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$ ,  $P_5$ ,  $P_6$ ,  $P_7$ ,  $P_8$  dan  $P_9$ ) mengalami peningkatan bila dibandingkan dengan bekatul yang difermentasi tanpa menggunakan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* ( $P_0$ ). Rata – rata peningkatan kandungan protein kasar pada bekatul berkisar antara 1,35 % - 3,07 %. Kandungan protein kasar pada perlakuan  $P_2$ ,  $P_5$ ,  $P_3$ ,  $P_8$ ,  $P_7$ ,  $P_6$ ,  $P_4$ ,  $P_9$ ,  $P_1$ , dan  $P_0$ . Kandungan protein kasar tersebut berturut – turut adalah 13,97 % ; 12,87 % ; 12,84 % ; 12,74 % ; 12,71 % ; 12,44 % ; 12,36 % ; 12,27 % ; 12,25 % dan 10,90 %. Rata – rata kandungan protein kasar ini dapat dilihat pada gambar 4.2.



**Gambar 4.2 Diagram batang kandungan protein kasar bekatul**

## BAB 5 PEMBAHASAN

### 5.1 Kandungan Serat Kasar

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat dilihat bahwa terjadi penurunan kandungan serat kasar bekatul yang difermentasi dengan menggunakan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* dari 34,1067 % (P<sub>0</sub>) menjadi 28,9637 % (P<sub>2</sub>) yang tidak berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) dengan 29,2334 % (P<sub>3</sub>), 29,4953 % (P<sub>8</sub>), 29,6460 % (P<sub>4</sub>), 30,2299 % (P<sub>7</sub>), 30,3719 % (P<sub>6</sub>), 30,5814 % (P<sub>9</sub>) (Tabel 4.1). Penurunan kandungan serat kasar ini disebabkan karena *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* mempunyai kemampuan mendegradasi bahan organik terutama selulosa karena adanya enzim selulase yang dihasilkan oleh *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* yang dapat memecah serat kasar (Stewart, 1991). Perlakuan yang menunjukkan hasil terbaik dengan kandungan serat kasar terendah adalah 28,9637 % (P<sub>2</sub>), hal ini disebabkan jumlah dosis *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* sesuai dengan sumber nutrisi yang tersedia sehingga tidak terjadi kompetisi antar mikroba dan mikroba dapat tumbuh secara optimal sehingga dalam melakukan aktivitas mendegradasi selulosa dalam bahan pakan lebih optimal dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

*Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* akan menghasilkan enzim selulase yang merupakan enzim kompleks yang terdiri dari endoselulose dan eksoselulose. Enzim ini akan memecah selulosa menjadi selobiosa. Enzim yang mendegradasi selulosa yaitu endoglukanase / karboksil metil selulase (*endo-*

*1,4-β-glukanase*), eksoglukanase / selobiohidrolase (*ekso-1,4-β-glukanase*) dan selobiase (*β-glukosidase*) (Hardjo dkk.,1989; Schlegel dan Schmidt, 1994). Endoglukanase memecah selulosa menjadi selulo-oligosakarida / selulodekstrin. Eksoglukanase memecah unit glukosil dari selulo-oligosakarida dengan melepaskan selobiosa, kemudian selobiase menghidrolisis selobiosa dan oligosakarida menjadi glukosa (Hardjo dkk., 1989).

Persentase dosis *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* yang tinggi dan tidak diimbangi dengan kandungan nutrisi yang sesuai dapat menyebabkan aktivitas *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* untuk tumbuh selama proses fermentasi akan menjadi terhambat. Tingginya kandungan serat kasar pada 34,1067 % (P<sub>0</sub>) disebabkan karena tidak ditambahkan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* sehingga tidak didapatkan mikroba selulolitik yang dapat memecah serat kasar pada bekatul. Pada perlakuan 31,9793 % (P<sub>1</sub>) jumlah dosis *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* yang lebih sedikit sehingga untuk melakukan aktivitas dalam mendegradasi selulosa belum optimal dan pada perlakuan 31,1002 % (P<sub>5</sub>) jumlah dosis *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* yang lebih banyak tidak sebanding dengan sumber nutrisi yang tersedia sehingga menyebabkan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* belum mampu untuk menghasilkan enzim selulase secara maksimal. Menurut Hardjo dkk. (1989) ketersediaan nutrisi yang lebih besar daripada populasi bakteri dan jamur dapat menyebabkan laju pertumbuhan bakteri dan jamur optimal.

Secara umum hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* sebagai fermentor pada proses fermentasi bekatul terbukti dapat menurunkan kandungan serat kasar bekatul.

## 5.2 Kandungan Protein Kasar

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan kandungan protein kasar bekatul yang difermentasi dengan menggunakan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* dari 10,9 % (P<sub>0</sub>) menjadi 13,97 % (P<sub>2</sub>) yang tidak berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) dengan 12,87 % (P<sub>5</sub>), 12,84 % (P<sub>3</sub>), 12,74 % (P<sub>8</sub>) (Tabel 4.2). Peningkatan kandungan protein kasar ini disebabkan peningkatan aktivitas *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* dalam mengikat N sebagai bahan dasar untuk sintesis protein, sehingga peningkatan kadar nitrogen ini sangat menguntungkan bakteri dan jamur untuk melakukan pertumbuhan dan melakukan aktivitas secara optimal sehingga kadar protein kasar bekatul meningkat lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Perlakuan yang menunjukkan hasil terbaik dengan kandungan protein yang tertinggi adalah 13,97 % (P<sub>2</sub>), hal ini disebabkan jumlah dosis *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* sesuai dengan sumber nutrisi yang tersedia sehingga pertumbuhan bakteri dan jamur lebih optimal, secara tidak langsung dapat meningkatkan kandungan protein kasar karena bakteri dan jamur merupakan protein sel tunggal.

Penambahan tetes pada fermentasi bekatul dapat menyediakan sumber energi bagi *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* untuk bekerja pada pakan yang banyak mengandung serat kasar seperti selulosa dan hemiselulosa. De Jong *et al.*, (1991) yang dikutip Indrawan (2005) menyatakan bahwa tingginya kadar karbohidrat (73,1 %) dan mineral (11,7 %) pada molasis (tetes tebu) mampu menstimulir pertumbuhan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* sehingga protein kasar bekatul meningkat, karena bakteri dan jamur ini merupakan protein sel tunggal. Perkembangan dari mikroba tergantung pada karbon yang tersedia, dengan meningkatnya jumlah mikroba tersebut maka terjadi kompetisi diantara mikroba untuk mendapatkan karbon, sehingga ketersediaan karbon menjadi faktor pembatas (Rifqiyah, 2005). Pada umumnya bakteri dan jamur selulolitik memerlukan sumber karbon berupa bahan organik, vitamin dan beberapa mineral sebagai energi untuk aktivitasnya (Maria, 2002).

*Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* mampu menghasilkan enzim protease yang akan merombak protein menjadi peptida sederhana, kemudian peptida ini akan dirombak menjadi asam – asam amino (Anggorodi, 1994). Asam – asam amino inilah yang akan dimanfaatkan oleh mikroba untuk memperbanyak diri. Meningkatnya jumlah koloni *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* selama proses fermentasi secara tidak langsung dapat meningkatkan kandungan protein kasar karena bakteri dan jamur merupakan protein sel tunggal (Wuryantoro, 2000).

Persentase dosis *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* yang tinggi dan tidak diimbangi dengan kandungan nutrisi yang sesuai dapat



menyebabkan aktivitas *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* untuk tumbuh selama proses fermentasi akan menjadi terhambat. Tanpa kandungan nutrisi yang lengkap perombakan protein tidak dapat berjalan optimal karena *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* tidak akan hidup dan berkembang dengan baik.

Rendahnya kandungan protein kasar pada 10,90 % (P<sub>0</sub>) disebabkan karena tidak ditambahkan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* selama proses fermentasi sehingga tidak terjadi peningkatan kandungan protein. Pada perlakuan 12,25 % (P<sub>1</sub>) dan jumlah dosis *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* yang lebih sedikit sehingga untuk melakukan aktivitas dalam perombakan protein belum optimal dan pada perlakuan 12,71 % (P<sub>7</sub>), 12,44 % (P<sub>6</sub>), 12,36 % (P<sub>4</sub>) dan 12,27 % (P<sub>9</sub>) jumlah dosis *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* yang lebih banyak tidak sebanding dengan sumber nutrisi yang tersedia sehingga menyebabkan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* belum mampu tumbuh dan berkembang secara baik. Dwijoseputro (1994) menyatakan bahwa selain membutuhkan waktu agar dapat tumbuh dan berkembang, mikroba juga membutuhkan nutrisi untuk melakukan aktivitasnya.

Secara umum hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* sebagai fermentor pada proses fermentasi bekatul terbukti dapat meningkatkan kandungan protein kasar bekatul.

## BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* dapat menurunkan kandungan serat kasar bekatul.
2. Penggunaan *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* dapat meningkatkan kandungan protein kasar bekatul.

### 6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diajukan saran sebagai berikut :

1. Pemberian *Acidothermus cellulolyticus* 20 % dan *Aspergillus terreus* 10 % dapat digunakan untuk menurunkan kandungan serat kasar dan meningkatkan kandungan protein kasar bekatul.

## RINGKASAN

**Agus Setiawan.** Kandungan Serat Kasar dan Protein Kasar Bekatul yang Difermentasi *Acidothermus cellulolyticus* dan *Aspergillus terreus* dari Cairan Rumen Sapi. Di bawah bimbingan Soetji Prawesthirini, S.U., drh. sebagai pembimbing pertama dan Widya Paramita L., M.P., drh. sebagai pembimbing kedua.

Pemanfaatan bahan baku lokal yang bersifat nonkonvensional berupa limbah pertanian sebagai pakan alternatif merupakan solusi untuk menekan biaya pakan karena sebagian besar bahan penyusun ransum masih diimpor. Bekatul merupakan limbah hasil pertanian berkualitas rendah dari segi kandungan protein dan juga kandungan seratnya tinggi. Oleh karena itu untuk meningkatkan kandungan nutrisinya perlu dilakukan pengolahan berupa fermentasi.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Departemen Ilmu Peternakan Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Airlangga Surabaya pada tanggal 17 Agustus sampai dengan tanggal 24 Agustus 2009. Digunakan sepuluh perlakuan yaitu P<sub>0</sub> (B.0 % + J.0 %), P<sub>1</sub> (B.10 % + J.10 %), P<sub>2</sub> (B.20 % + J.10 %), P<sub>3</sub> (B.30 % + J.10 %), P<sub>4</sub> (B.10 % + J.20 %), P<sub>5</sub> (B.20 % + J.20 %), P<sub>6</sub> (B.30 % + J.20 %), P<sub>7</sub> (B.10 % + J.30 %), P<sub>8</sub> (B.20 % + J.30 %), P<sub>9</sub> (B.30 % + J.30 %). Masing – masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali dan dilakukan pemeraman selama tujuh hari. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan Analisis Variansi (Anava), apabila terdapat perbedaan yang nyata dilakukan uji jarak *Duncan's* 5 %.

Berdasarkan Uji Jarak *Duncan's* diketahui bahwa perlakuan yang menunjukkan kandungan serat kasar yang terendah  $P_2$  yang tidak berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) dengan  $P_3, P_8, P_4, P_7, P_6, P_9$ , tetapi berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) dengan  $P_5, P_1$ , dan  $P_0$ , sedangkan perlakuan yang menunjukkan kandungan protein tertinggi adalah  $P_2$  yang tidak berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) dengan  $P_5, P_3, P_8$ , tetapi berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) dengan perlakuan lainnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Akoso, B., T. 1996. Kesehatan Sapi. Kasinius. Yogyakarta.
- 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.
- Anggorodi, R. 1994. Ilmu Makanan Ternak Dasar. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. Hal 273.
- Anonim. 2002. Bekatul Dapat Sembuhkan Ambeien. Sriwijaya Post. <http://www.indomedia.com/sripo/2002/01/24/2401dae2.htm> . [Diakses tanggal 13 Juli 2009].
- Anonimus. 2002. Teknologi tepat guna. <http://www.Ipteknet.id/ind/warintek/3dict.html>. [16 Maret 2010].
- Arora, S. P. 1989. Pencernaan Mikroba Pada Ruminansia. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Bechara, M.A. 2006. Enzyme Production. [www.fungalenzyme.com/productionanduse.htm](http://www.fungalenzyme.com/productionanduse.htm). [ Diakses tanggal 17 juli 2009].
- Bhat, M.K and G.P. Hazzlewood. 2001. Enzymology and Other Characteristic of Cellulase and Xylanase. In : M.R. Bedford and G.G. Partridge (Eds) Enzymes in Farm Animal Nutrition CaBI Publishing.
- Bisaria, V.S. and T.K. Ghose. 1981. Biodegradation of Cellulolytic Material Substrat, Microorganism Enzymes and Product. Enzim and Microbial Technology 3: 90-104.
- Bondi, A. A. 1987. Animal Nutrition, John Wiley and Sons. Ltd. Chicester.
- Chesson, A. and C.W Forsberg. 1988. Digestion of Plant Cell Walls by Rumen Microorganism. In : The Rumen Ecosystem. Elsevier Applied Science. London.
- 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. Hal 33.
- Dwidjoseputro, D. 2003. Dasar-dasar Mikrobiologi. Penerbit Djambatan. Jakarta. Hal 214.
- Enrari, T. M. 1983. Microbial Cellulase. In : W.M. Forgaty, 1985. Microbial Enzymes and Biotechnology. Appl. Sci. Publishing, New York.
- Fardiaz. 1988. Fisiologi Fermentasi. Pusat Antar Universitas IPB bekerja sama dengan Lembaga Sumber Daya Informasi IPB.
- 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.
- Hanafi, N.D. 2001. Alternatif Baru Dalam Peningkatan Kualitas Pakan Untuk Ternak. Makalah falsafah Sains (PPs 702). Program Pascasarjana /S3 IP3. <http://www.rudycr.tripod.com/indiv.2001/nev.htm>.
- Handini. 1985. Pengaruh Berbagai Kombinasi Bekatul dan Jagung Kuning dalam Ransum Anak Ayam. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Hardjo, S., N. S. Indrasti, dan T. Bantacut. 1989. Biokonversi : Pemanfaatan Limbah Industri Pertanian. PAU-Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Hal 163.
- Hariati, A.M. 1989. Diktat Mata Kuliah Makanan Ikan. Malang. Hal 146.
- Hendrawan, S. 1987. Ilmu Gizi Ruminansia. Fakultas Peternakan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Holt, John G., Noel R., Peter H.A. Sneath., James T. Staley., Stanley T. 1994. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology : William R. Hensyl (ed). United States of America. Hal 72-73.
- 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.
- Iskandar, Marzuki. 2002. Bekatul Sereal Padi Kaya Gizi. Kompas Cyber Media. <http://kcm/google.com/>. [ Diakses tanggal 21 Juli 2009].
- Judoamidjojo, M., A. Darwis dan E. G. Said. 1989. Teknologi Fermentasi. PAU-Bioteknologi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Hal 333.

- Kusriningrum. 2008. Dasar Perancangan Percobaan Dan Rancangan Acak Lengkap. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Lehninger, A.I. 1983. Dasar-dasar Biokimia. Terjemahan. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Maria, B. 2002. Identification, production, and assay for trichoderma. [http://biofuelvaportechologies.com/files/ethanol\\_trichoderma\\_fungus\\_story.pdf](http://biofuelvaportechologies.com/files/ethanol_trichoderma_fungus_story.pdf). [13 Januari 2010].
- McDonald, P ; R.A Edward and Y.E. D Greenhalgh. 1987. Animal Nutrition. ELBS, London, IK.
- McDonald, P., R. A. Edward, and J.F. D. Greenhalgh. 1994. Animal Nutrition. Fourth Edition. Longman Scientific and Technical. London. 543 p.
- Mudjiman, A. 2004. Makanan Ikan. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Norris. A. 2005. Kandungan Bahan Kering dan Protein Kasar Jerami Padi Terfermentasi oleh Bakteri Selulolitik dari Isolat Cairan Rumen Sapi [skripsi]. Fakultas Kedokteran Hewan Unveristas Airlangga. Surabaya.
- Nurhajati, T., R. S. Wahyuni dan G. C. De Vries. 1997. 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. Hal 88.
- Parakkasi, A. 1995. Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak Ruminan. UI-Press. Jakarta. Hal 509.
- Paturau, J. M. 1982. By Product of The Cane Sugar Industry. Elsevier Scientific Publishing Co. Amsterdam.
- Preston, T.R. and R.A. Leng. 1991. Matcing Ruminant Production Systems With Available Resources in The Tropics and Sub-Tropics. Tropical Animal Feeding. FAO. Rome.
- Rachman, A. 1989. Pengantar Teknologi Fermentasi. PAU-Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Hal 146.
- 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. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. Hal 331-336.

- Rakhmani, S.I. 2005. Peningkatan nilai gizi bahan pakan dari limbah pertanian melalui fermentasi.  
<http://peternakan.litbang.deptan.go.id/?q=node/778>. [23 Maret 2010].
- Retnowidyaningrum. 1991. Asam Amino Kristal dan Single Sel Protein Pakan Alternatif Pensubstitusi Bungkil Kedelai. *Poultry Indonesia* no 1136.
- Rifqiyah, N . 2005. Pengaruh Pemberian Probiotik pada Jerami Padi Terhadap Kandungan Protein Kasar dan Serat Kasar [skripsi]. Fakultas Kedokteran Hewan. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Russel, C., J. Mawson and PL.Yu. 1991. Production Recombinants Product in Yeast. *J. Biotechnol* 5 : 48-55.
- Santoso, U. 1987. Limbah Bahan Ransum Unggas yang Rasional. PT Bhratara Karya Aksara. Jakarta. Hal 136.
- Schlegel, H.G dan K. Schmidt.1994. Mikrobiologi Umum. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. Hal 470.
- Setyono, H., Kusningrum, 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.
- Siregar, S., B. 1994. Pengolahan Pakan Ayam Kiat Meningkatkan Keuntungan dalam Agribisnis Unggas. Penerbit Kasinius. Yogyakarta.
- 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.
- Sujono. 2001. Tampilan Produksi Telur, Produksi Karkas dan Kualitas Semen Ayam Arab yang Diberi Pakan Mengandung Berbagai Aras Bekatul Fermentasi dengan *Rhizopus oligosporus*. Disertasi. Program Pasca Sarjana. Universitas Airlangga. Surabaya.



- Susanto, M. H. 1994. Aplikasi Substitusi Ransum Menggunakan Bekatul Fermentasi Terhadap Berat Badan Ayam Pedaging [skripsi]. Fakultas Kedokteran Hewan. Universitas Airlangga. Surabaya.
- 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. Hal 422.
- Van Soest, P.J. 1982. Nutritional Ecology of the ruminant. O and B Books, Oregon.
- Virianti. T. 2007. Kandungan Bahan Kering, Serat Kasar dan Protein Kasar Jerami Padi Yang diamoniasi dan Difermentasi Oleh bakteri Selulolitik [skripsi]. Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga. Surabaya.
- Waluyo, L. 2004. Mikrobiologi Umum. UMM Press. Malang.
- Widayati, dan Y. Widalestari. 1996. Limbah untuk Pakan Ternak. Trubus Agrisarana. Jakarta. Hal 40.
- Widya, P., M. Lamid, H. Setyono. 2009. Rekayasa Nutrien High Quality Feed (HFQ) untuk Meningkatkan Efisiensi Pakan, Kualitas Produksi dan Sistem Imunitas pada Ayam Petelur yang di Vaksin AI. Fakultas Kedokteran Hewan. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Widyarti. 1991. Pengaruh Penambahan Ragi Tape dan Lama Inkubasi Terhadap Nilai Nutrisi Bekatul Sebagai Pakan Ternak [skripsi]. Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya. Malang.
- Wuryantoro, S. 2000. Kandungan Protein Kasar dan Serat Kasar Hay Padi Teramoniasi yang Difermentasi Dengan Cairan Rumen. Fakultas Kedokteran Hewan. Universitas Airlangga. Surabaya. Hal 47.

### Lampiran 1. Hasil Analisis Proksimat Kandungan Protein Kasar Dan Serat Kasar Bekatul Setelah Difermentasi

	FORMULIR HASIL PEMERIKSAAN SAMPEL
	DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN UNIVERSITAS AIRLANGGA <b>UNIT LAYANAN PEMERIKSAAN LABORATORIS,          KONSULTASI &amp; PELATIHAN</b> Kampus "C" Unair, Mulyorejo, Surabaya 60115 Telp. 031-5992785; Fax 031-5993015

Nomor : /ULPLKP/UA.FKH/VIII/2009  
 Nama Pemilik : Agus Setiawan  
 Nama Pengirim :  
 Alamat : Surabaya  
 Jumlah Sampel :  
 Jenis Analisis : BK, PK, SK  
 Tanggal Pengiriman : 25-8-2009  
 Tanggal Selesai : 01 - 09- 2009

Bersama ini Kami sampaikan Hasil Analisis Sampel sebagai berikut :

NO	KODE SAMPEL	HASIL ANALISIS (%)							
		Bahan Kering	Abu	Protein Kasar	Lemak Kasar	Serat Kasar	Ca	BETN	ME (Kcal/kg)
B.0%+J.0%	1	100		10.60		34.2931			
	2	100		10.66		33.7213			
	3	100		11.44		34.3058			
B.10%+J.10%	1	100		12.25		31.4652			
	2	100		12.25		33.2434			
	3	100		12.25		31.2293			
B.20%+J.10%	1	100		12.97		29.3229			
	2	100		13.97		28.2165			
	3	100		14.97		29.3517			
B.30%+J.10%	1	100		12.84		30.6799			
	2	100		12.84		28.8082			
	3	100		12.84		28.2121			
B.10%+J.20%	1	100		13.59		28.9554			
	2	100		12.36		31.6202			
	3	100		11.13		28.3624			
B.20%+J.20%	1	100		13.27		30.2514			

FORMULIR HASIL PEMERIKSAAN SAMPEL



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN UNIVERSITAS AIRLANGGA  
**UNIT LAYANAN PEMERIKSAAN LABORATORIS,  
KONSULTASI & PELATIHAN**  
Kampus "C" Unair, Mulyorejo, Surabaya 60115  
Telp. 031-5992785; Fax 031-5993015

	2	100		12.87		32.6889		
	3	100		12.47		30.3604		
B.30%+J.20%	1	100		12.04		30.5504		
	2	100		12.44		30.1646		
	3	100		12.84		30.4008		
B.10%+J.30%	1	100		11.94		29.8603		
	2	100		12.71		31.5077		
	3	100		13.48		29.3216		
B.20%+J.30%	1	100		12.61		28.7429		
	2	100		12.74		30.7984		
	3	100		12.87		28.9445		
B.30%+J.30%	1	100		12.27		30.1835		
	2	100		12.27		31.0643		
	3	100		12.27		30.4964		

Keterangan: Hasil Analisis Berdasarkan Bahan Kering 100%

Ketua ULPKP

Surabaya, 02 September 2009  
Penanggung Jawab/Pemeriksa



Emy Koestanti S., M.Kes, Drh  
NIP.132 240 300

Drh. Herman Setyono, MS  
NIP. 130 687 608

## Lampiran 2. Prosedur Analisis Bahan Kering Bebas Air

**Prinsip :** bahan kering adalah bahan yang tersisa setelah kandungan air yang terdapat pada sampel (bahan pakan) dihilangkan/diuapkan seluruhnya.

### Alat yang digunakan :

Cawan porselen (aluminium), cruss tang, timbangan analitik, oven exicator yang berisi *silica gel*.

### Cara kerja :

1. Memasukkan cawan yang bersih ke dalam oven 105 °C selama 1 jam.
2. Mengeluarkan cawan dari oven dan secepatnya dimasukkan ke dalam exicator. Ditunggu sampai 10-15 menit, lalu ditimbang (= A gram).
3. Mengisi cawan dengan sampel ± 5 gram (berat cawan + sampel = B gram). Memasukkan cawan yang berisi sampel ke dalam oven 105 °C selama 1 malam.
4. Mengeluarkan cawan dari oven dan secepatnya dimasukkan ke dalam exicator selama 10-15 menit. Setelah dingin lalu ditimbang (= C gram).
5. Kadar bahan kering bebas air dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar bahan kering bebas air} = \frac{C - A}{B - A} \times 100\%$$

### Catatan :

- Selalu pergunkan cruss tang untuk memegang cawan porselen. Jangan dipegang langsung dengan tangan kecuali mencucinya.
- Jangan sering membuka tutup exicator terutama bila di dalamnya terdapat cawan beserta sampel yang dianalisis. Hal ini untuk menghindari masuknya uap air sehingga hasil analisis menjadi tidak akurat lagi.
- Usahakan setiap exicator berisi tidak boleh lebih dari 6 buah cawan

### Lampiran 3. 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 :**

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,3 N, NaOH 1,5 N, HCl 0,3 N, Aceton dan H<sub>2</sub>O panas.

**Alat yang digunakan :**

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

**Cara kerja :**

1. Menimbang  $\pm 1$  gram sampel (= A gram) dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 300 cc. Tambahkan 50 cc H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,3 N dan dididihkan di atas penangas air selama 30 menit.
2. Menambahkan 25 cc NaOH 1,5 N dan dididihkan kembali selama 30 menit.
3. Mengalasi corong *Buchner* dengan kertas saring yang telah diketahui beratnya (= B gram). Menyaring larutan dalam erlenmeyer dengan menggunakan corong *Buchner*, membilas erlenmeyer dengan 50 cc air panas dan saring kembali.
4. Memasukkan 50 cc HCl 0,3 N ke dalam corong *Buchner* dan dibiarkan selama 1 menit kemudian hisap dengan kompresor melalui lubang yang ada pada erlenmeyer hisap.

5. Membilas residu dalam corong *Buchner* dengan air panas beberapa kali (5 kali), kemudian tuangkan 5 cc aceton ke dalamnya. Dibiarkan selama 1 menit lalu hisap dengan kompresor.
6. Memanaskan cawan porselen selama 1 jam dalam oven 105 °C, didinginkan dalam exicator 10 – 15 menit kemudian ditimbang (= C gram). Mengangkat kertas saring yang berisi residu dan letakkan dalam cawan porselen tersebut kemudian dikeringkan dalam oven 105 °C selama 1,5 jam dan didinginkan dalam exicator selama ± 30 menit lalu ditimbang (= D gram).
7. Memasukkan cawan tersebut dalam tanur listrik 550 °C selama 2 jam. Mematikan tanur listrik dan ditunggu sampai suhu menunjukkan angka 0 °C, baru cawan dikeluarkan dari tanur kemudian dimasukkan dalam exicator selama ± 15 menit dan ditimbang (= E gram).

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

$$\text{Kadar serat kasar berdasarkan BK} = \frac{\% \text{ serat kasar}}{\% \text{ BK bebas air}} \times 100 \%$$

**Lampiran 4. Prosedur Analisis Proksimat Protein Kasar ( cara Marcam Steel )**

**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 *Kjeldahl*, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat, NaOH 40%, Asam Borat, indikator *Metil-Red*, *Brom Cresol Green*, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01 N dan aquades.

**Alat yang digunakan :**

Labu *Kjeldahl* 100cc, pemanas labu *Kjeldahl*, spatula, timbangan elektrik *Sartorius*, gelas ukur, labu ukur 250 cc, erlenmeyer 250 cc, labu destilasi 500 cc, pedingin *Lienbiegh*, pipa bengkok, sumbat karet, pembakar bunsen dan kawat kasa.

**Cara kerja :**

1. Menimbang sampel seberat  $\pm 0,5$  gram di atas kertas yang telah diketahui beratnya, kemudian dimasukkan sampel ke dalam labu *Kjeldahl*. Menambahkan ke dalamnya tablet *kjeldahl* (katalisator) sebanyak  $\frac{1}{4}$  bagian kemudian 10cc H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat.
2. Memanaskan labu tersebut di atas pemanas *Kjeldahl* dalam almari asam. Pemanasan baru dihentikan jika sudah tidak berasap dan warna larutan menjadi

hijau atau kuning jernih (butuh waktu  $1,5 \pm$  jam ). Dibiarkan beberapa saat labu sampai labu menjadi dingin.

3. Memasukkan larutan yang ada dalam labu tersebut ke dalam labu ukur dan diencerkan dengan aquadest hingga volumenya menjadi 250 cc. Menuangkan larutan tersebut ke dalam erlenmeyer 300 cc dan dikocok sampai homogen.
4. Menyiapkan 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. Menyiapkan alat *Marcam Steel* (labu destilasi 2000 cc diisi dengan air 1000 cc dan diisi dengan beberapa butir batu didih. Menaruh erlenmeyer 100 cc yang sudah disiapkan tadi pada rangkaian alat *Marcam Steel* ).
6. Mengambil sebanyak 10 cc larutan (no.3) dan dimasukkan ke dalam corong alat *Marcam Steel*. Menambahkan NaOH 40 % sebanyak 5 cc.
7. Memanaskan labu destilasi dan menampung uap yang keluar dari alat *Marcam Steel* ke dalam erlenmeyer. Pemanasan dilakukan selama  $\pm 5$  menit terhitung setelah air mendidih atau sampai volume erlenmeyer telah mencapai 50 cc.
8. Melakukan titrasi 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 :

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

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

Keterangan : N = Normalitas  $\text{H}_2\text{SO}_4 = 0,01$

: p = pengenceran =  $250/10 = 25$



**Lampiran 5. Hasil Konversi (BK 100%) Kandungan Serat Kasar Bekatul Terfermentasi Dan Tranformasi Kandungan Serat Kasar Bekatul Setelah Difermentasi**

Perlakuan (%)	Ulangan	Serat Kasar (%)	Transformasi ( $\arcsin \sqrt{y}$ )
P <sub>0</sub> (B.0 % + J.0 %)	1	34,2931	35,8456
	2	33,7213	35,4998
	3	34,3058	35,8533
P <sub>1</sub> (B.10 % + J.10 %)	1	31,4652	34, 1207
	2	33,2434	35,2097
	3	31,2293	33,9750
P <sub>2</sub> (B.20 % + J.10 %)	1	29,3229	32,7862
	2	28,2165	32,0860
	3	29,3517	32,8044
P <sub>3</sub> (B.30 % + J.10 %)	1	30,6799	33,6346
	2	28,8082	32,4615
	3	28,2121	32,0832
P <sub>4</sub> (B.10 % + J.20 %)	1	28,9554	32,5545
	2	31,6202	34,2163
	3	28,3604	32,1776
P <sub>5</sub>	1	30,2514	33,3679

(B.20 % + J.20 %)	2	32,6889	34,8718
	3	30,3604	33,4358
P <sub>6</sub> (B.30 % + J.20 %)	1	30,5504	33,5541
	2	30,1646	33,3137
	3	30,4008	33,4610
P <sub>7</sub> (B.10 % + J.30 %)	1	29,8603	33,1235
	2	31,5077	34,1469
	3	29,3216	32,7854
P <sub>8</sub> (B.20 % + J.30 %)	1	28,7429	32,4202
	2	30,7984	33,7082
	3	28,9445	32,5477
P <sub>9</sub> (B.30 % + J.30 %)	1	30,1835	33,3255
	2	31,0643	33,8730
	3	30,4964	33,5205

**Lampiran 6. Analisis Varian (Anava) Kandungan Serat Kasar Bekatul Setelah Difermentasi**

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	1	2	3		
P <sub>0</sub>	35,8456	35,4998	35,8533	107,1987	35,7329
P <sub>1</sub>	34,1207	35,2097	33,9750	103,3054	34,4351
P <sub>2</sub>	32,7862	32,0860	32,8044	97,6766	32,5589
P <sub>3</sub>	33,6346	32,4615	32,0832	98,1793	32,7264
P <sub>4</sub>	32,5545	34,2163	32,1776	98,9484	32,9828
P <sub>5</sub>	33,3679	34,8718	33,4358	101,6755	33,8918
P <sub>6</sub>	33,5541	33,3137	33,4610	100,3288	33,4429
P <sub>7</sub>	33,1235	34,1469	32,7854	100,0558	33,3519
P <sub>8</sub>	32,4202	33,7082	28,9445	98,6761	32,8920
P <sub>9</sub>	33,3255	33,8730	33,5205	100,7190	33,5730
Total				1006,7636	

$$\begin{aligned} \text{Faktor Koreksi} &= \frac{Y..^2}{t \times n} \\ &= \frac{1006,7636^2}{10 \times 3} \\ &= 33785,7649 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKT} &= \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 - \text{FK} \\ &= (35,8456)^2 + \dots + (33,5205)^2 - \text{FK} \\ &= 33818,7865 - 33785,7649 \\ &= 33,0216 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JKP} &= \sum_{i=1}^t \frac{Y_i^2}{n} - \text{FK} \\
 &= \frac{(107,1987)^2 + \dots + (100,719)^2}{3} - \text{FK} \\
 &= \frac{101430,4743}{3} - \text{FK} \\
 &= 33810,1581 - 33785,7649
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JKG} &= \text{JKT} - \text{JKP} \\
 &= 33,0216 - 24,3932 \\
 &= 8,6284
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{KTP} &= \frac{\text{JKP}}{t - 1} \\
 &= \frac{24,3932}{10 - 1} \\
 &= 2,7104
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{KTG} &= \frac{\text{JKG}}{t(n - 1)} \\
 &= \frac{8,6284}{10(3 - 1)} \\
 &= 0,4314
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{F hitung} &= \frac{\text{KTP}}{\text{KTG}} \\
 &= \frac{2,7104}{0,4314} = 6,2828
 \end{aligned}$$

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel
					0,05
Perlakuan	9	24,3932	2,7104	6,2828*	2,4
Galat percobaan	20	8,6284	0,4314		
Total	29	33,0216	3,1418		

Kesimpulan : F hitung > F table 0,05 maka terdapat perbedaan yang nyata antara perlakuan

### UJI JARAK DUNCAN

$$\begin{aligned}
 se &= \sqrt{\frac{KTG}{n}} \\
 &= \sqrt{\frac{0,4314}{3}} \\
 &= 0,3792
 \end{aligned}$$

$$LSR = SSR \times se$$

$$P_0 = 3,41 \times 0,3792 = 1,2931$$

$$P_1 = 3,39 \times 0,3792 = 1,2855$$

$$P_5 = 3,37 \times 0,3792 = 1,2779$$

$$P_9 = 3,34 \times 0,3792 = 1,2665$$

$$P_6 = 3,30 \times 0,3792 = 1,2514$$

$$P_7 = 3,26 \times 0,3792 = 1,2362$$

$$P_4 = 3,19 \times 0,3792 = 1,2097$$

$$P_8 = 3,10 \times 0,3792 = 1,1755$$

$$P_3 = 2,95 \times 0,3792 = 1,1186$$

## Lanjutan Lampiran 6.

Perlakuan	$\bar{X}$	$\bar{X} - P_2$	$\bar{X} - P_3$	$\bar{X} - P_8$	$\bar{X} - P_4$	$\bar{X} - P_7$	$\bar{X} - P_6$	$\bar{X} - P_9$	$\bar{X} - P_5$	$\bar{X} - P_1$	P	SSR	LSR
<b>a</b> P <sub>0</sub>	35,7329	3,174*	3,0065*	2,8409*	2,7501*	2,381*	2,2900*	2,1599*	1,8411*	1,2978*	10	3,41	1,2931
<b>b</b> P <sub>1</sub>	34,4351	1,8762*	1,7087*	1,5431*	1,4523*	1,0832	0,9922	0,8621	0,5433		9	3,39	1,2855
<b>bc</b> P <sub>5</sub>	33,8918	1,3329*	1,1654	0,9998	0,9090	0,5399	0,4489	0,3188			8	3,37	1,2779
<b>bcd</b> P <sub>9</sub>	33,573	1,0141	0,8466	0,681	0,5902	0,2211	0,1301				7	3,34	1,2665
<b>bcd</b> P <sub>6</sub>	33,4429	0,884	0,7165	0,5509	0,4601	0,0910					6	3,30	1,2514
<b>cd</b> P <sub>7</sub>	33,3519	0,7930	0,6255	0,4599	0,3691						5	3,26	1,2362
<b>cd</b> P <sub>4</sub>	32,9828	0,4239	0,2564	0,0908							4	3,19	1,2097
<b>cd</b> P <sub>8</sub>	32,8920	0,3331	0,1656								3	3,10	1,1755
<b>cd</b> P <sub>3</sub>	32,7264	0,1675									2	2,95	1,1186
<b>d</b> P <sub>2</sub>	32,5589												

**Notasi Garis**

	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>9</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>2</sub>
<b>a</b>										
			<b>b</b>							
				<b>c</b>						
					<b>d</b>					
						<b>d</b>				
							<b>d</b>			
								<b>d</b>		
									<b>d</b>	
										<b>d</b>
										<b>d</b>



**Lampiran 7. Hasil Konversi (BK 100%) Kandungan Protein Kasar Bekatul Terfermentasi Dan Transformasi Kandungan Protein Kasar Bekatul Setelah Difermentasi**

Perlakuan (%)	Ulangan	Protein Kasar (%)	Transformasi ( $\sqrt{y}$ )
P <sub>0</sub> (B.0 % + J.0 %)	1	10,60	3,2558
	2	10,66	3,2650
	3	11,44	3,3823
P <sub>1</sub> (B.10 % + J.10 %)	1	12,25	3,5
	2	12,25	3,5
	3	12,25	3,5
P <sub>2</sub> (B.20 % + J.10 %)	1	12,97	3,6014
	2	13,97	3,7377
	3	14,97	3,8691
P <sub>3</sub> (B.30 % + J.10 %)	1	12,84	3,5833
	2	12,84	3,5833
	3	12,84	3,5833
P <sub>4</sub> (B.10 % + J.20 %)	1	13,59	3,6865
	2	12,36	3,5157
	3	11,13	3,3362
P <sub>5</sub>	1	13,27	3,6428

(B.20 % + J.20 %)	2	12,87	3,5875
	3	12,47	3,5313
P <sub>6</sub> (B.30 % + J.20 %)	1	12,04	3,4699
	2	12,44	3,5270
	3	12,84	3,5833
P <sub>7</sub> (B.10 % + J.30 %)	1	11,94	3,4554
	2	12,71	3,5651
	3	13,48	3,6715
P <sub>8</sub> (B.20 % + J.30 %)	1	12,61	3,5511
	2	12,74	3,5693
	3	12,87	3,5875
P <sub>9</sub> (B.30 % + J.30 %)	1	12,27	3,5029
	2	12,27	3,5029
	3	12,27	3,5029

**Lampiran 8. Analisis Varian (Anava) Kandungan Protein Kasar Bekatul Setelah Difermentasi**

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	1	2	3		
P <sub>0</sub>	3,2558	3,2650	3,3823	9,9031	3,3010
P <sub>1</sub>	3,5000	3,5000	3,5000	10,5000	3,5000
P <sub>2</sub>	3,6014	3,7377	3,8691	11,2082	3,7361
P <sub>3</sub>	3,5833	3,5833	3,5833	10,7499	3,5833
P <sub>4</sub>	3,6865	3,5157	3,3362	10,5384	3,5128
P <sub>5</sub>	3,6428	3,5875	3,5313	10,7616	3,5872
P <sub>6</sub>	3,4699	3,5270	3,5833	10,5802	3,5267
P <sub>7</sub>	3,4554	3,5651	3,6715	10,6920	3,5640
P <sub>8</sub>	3,5511	3,5693	3,5875	10,7079	3,5693
P <sub>9</sub>	3,5029	3,5029	3,5029	10,5087	3,5029
Total				106,15	

$$\begin{aligned} \text{Faktor Koreksi} &= \frac{Y..^2}{t \times n} \\ &= \frac{106,15^2}{10 \times 3} \\ &= 375,5941 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKT} &= \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 - \text{FK} \\ &= (3,2558)^2 + \dots + (3,5029)^2 - \text{FK} \\ &= 376,05 - 375,5941 \\ &= 0,4459 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JKP} &= \sum_{i=1}^t \frac{Y_i^2}{n} - \text{FK} \\
 &= \frac{(9,9031)^2 + \dots + (10,5087)^2}{3} - \text{FK} \\
 &= \frac{1127,7269}{3} - 375,5941 \\
 &= 375,9090 - 375,5941 \\
 &= 0,3149
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JKG} &= \text{JKT} - \text{JKP} \\
 &= 0,4559 - 0,3149 \\
 &= 0,141
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{KTP} &= \frac{\text{JKP}}{t - 1} \\
 &= \frac{0,3149}{10 - 1} \\
 &= 0,035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{KTG} &= \frac{\text{JKG}}{t(n - 1)} \\
 &= \frac{0,141}{10(3 - 1)} \\
 &= 0,0071
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{F hitung} &= \frac{\text{KTP}}{\text{KTG}} \\
 &= \frac{0,035}{0,0071} = 4,9296
 \end{aligned}$$

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel
					0,05
Perlakuan	9	0,3149	0,035	4,9296*	2,4
Galat percobaan	20	0,141	0,0071		
Total	29	0,4559	0,0421		

Kesimpulan : F hitung > F table 0,05 maka terdapat perbedaan yang nyata antara perlakuan

### UJI JARAK DUNCAN

$$\begin{aligned}
 se &= \sqrt{\frac{KTG}{n}} \\
 &= \sqrt{\frac{0,0071}{3}} \\
 &= 0,049
 \end{aligned}$$

$$LSR = SSR \times se$$

$$P_2 = 3,41 \times 0,049 = 0,1671$$

$$P_5 = 3,39 \times 0,049 = 0,1661$$

$$P_3 = 3,37 \times 0,049 = 0,1651$$

$$P_8 = 3,34 \times 0,049 = 0,1637$$

$$P_7 = 3,30 \times 0,049 = 0,1617$$

$$P_6 = 3,26 \times 0,049 = 0,1597$$

$$P_4 = 3,19 \times 0,049 = 0,1563$$

$$P_9 = 3,10 \times 0,049 = 0,1519$$

$$P_1 = 2,95 \times 0,049 = 0,1446$$

**Lanjutan Lampiran 8.**

Perlakuan	$\bar{X}$	$\bar{X} - P_0$	$\bar{X} - P_1$	$\bar{X} - P_9$	$\bar{X} - P_4$	$\bar{X} - P_6$	$\bar{X} - P_7$	$\bar{X} - P_8$	$\bar{X} - P_3$	$\bar{X} - P_5$	P	SSR	LSR
<b>a</b> P <sub>2</sub>	3,7361	0,4351*	0,2361*	0,2332*	0,2233*	0,2094*	0,1721*	0,1668	0,1528	0,1489	10	3,41	0,1671
<b>ab</b> P <sub>5</sub>	3,5872	0,2862*	0,0872	0,0843	0,0744	0,0605	0,0232	0,0179	0,0039		9	3,39	0,1661
<b>ab</b> P <sub>3</sub>	3,5833	0,2823*	0,0833	0,0804	0,0705	0,0566	0,0193	0,014			8	3,37	0,1651
<b>ab</b> P <sub>8</sub>	3,5693	0,2683*	0,0693	0,0664	0,0565	0,0426	0,0053				7	3,34	0,1637
<b>b</b> P <sub>7</sub>	3,564	0,2630*	0,0640	0,0611	0,0512	0,0373					6	3,30	0,1617
<b>b</b> P <sub>6</sub>	3,5267	0,2257*	0,0267	0,0238	0,0139						5	3,26	0,5197
<b>b</b> P <sub>4</sub>	3,5128	0,2118*	0,0128	0,0099							4	3,19	0,1563
<b>b</b> P <sub>9</sub>	3,5029	0,2019*	0,0029								3	3,10	0,1519
<b>b</b> P <sub>1</sub>	3,5	0,1990*									2	2,95	0,1446
<b>c</b> P <sub>0</sub>	3,3010												

### Notasi Garis

P <sub>2</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>8</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>9</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>0</sub>
	<b>a</b>								
		<b>b</b>							
			<b>b</b>						
				<b>b</b>					
					<b>b</b>				
						<b>b</b>			
							<b>b</b>		
								<b>b</b>	
									<b>c</b>

### Lampiran 9. Perhitungan Dosis Perlakuan

1. Molasis 3%      =  $\frac{3}{100} \times 250 \text{ g} = 7,5 \text{ ml}$
2. Bakteri 0%      =  $\frac{0}{100} \times 250 \text{ g} = 0 \text{ ml}$
3. Jamur 0%        =  $\frac{0}{100} \times 250 \text{ g} = 0 \text{ ml}$
4. Bakteri 10%     =  $\frac{10}{100} \times 250 \text{ g} = 25 \text{ ml}$
5. Jamur 10%       =  $\frac{10}{100} \times 250 \text{ g} = 25 \text{ ml}$
6. Bakteri 20%     =  $\frac{20}{100} \times 250 \text{ g} = 50 \text{ ml}$
7. Jamur 20%       =  $\frac{20}{100} \times 250 \text{ g} = 50 \text{ ml}$
8. Bakteri 30%     =  $\frac{30}{100} \times 250 \text{ g} = 75 \text{ ml}$
9. Jamur 30%       =  $\frac{30}{100} \times 250 \text{ g} = 75 \text{ ml}$

Pembagian dosis dalam perlakuan :

1.  $P_0 = \text{Bekatul} + \text{Bakteri } 0 \text{ ml} + \text{Jamur } 0 \text{ ml} + \text{Molasis } 7,5 \text{ ml}$
2.  $P_1 = \text{Bekatul} + \text{Bakteri } 25 \text{ ml} + \text{Jamur } 25 \text{ ml} + \text{Molasis } 7,5 \text{ ml}$
3.  $P_2 = \text{Bekatul} + \text{Bakteri } 50 \text{ ml} + \text{Jamur } 25 \text{ ml} + \text{Molasis } 7,5 \text{ ml}$
4.  $P_3 = \text{Bekatul} + \text{Bakteri } 75 \text{ ml} + \text{Jamur } 25 \text{ ml} + \text{Molasis } 7,5 \text{ ml}$
5.  $P_4 = \text{Bekatul} + \text{Bakteri } 25 \text{ ml} + \text{Jamur } 50 \text{ ml} + \text{Molasis } 7,5 \text{ ml}$
6.  $P_5 = \text{Bekatul} + \text{Bakteri } 50 \text{ ml} + \text{Jamur } 50 \text{ ml} + \text{Molasis } 7,5 \text{ ml}$
7.  $P_6 = \text{Bekatul} + \text{Bakteri } 75 \text{ ml} + \text{Jamur } 50 \text{ ml} + \text{Molasis } 7,5 \text{ ml}$
8.  $P_7 = \text{Bekatul} + \text{Bakteri } 25 \text{ ml} + \text{Jamur } 75 \text{ ml} + \text{Molasis } 7,5 \text{ ml}$
9.  $P_8 = \text{Bekatul} + \text{Bakteri } 50 \text{ ml} + \text{Jamur } 75 \text{ ml} + \text{Molasis } 7,5 \text{ ml}$
10.  $P_9 = \text{Bekatul} + \text{Bakteri } 75 \text{ ml} + \text{Jamur } 75 \text{ ml} + \text{Molasis } 7,5 \text{ ml}$



## Lampiran 10. Foto Dokumentasi Analisis Proksimat

Gambar 1. Peralatan Analisis Proksimat Serat Kasar



Gambar 2. Destruktor dalam Lemari Asam



Gambar 3. Peralatan Analisis Proksimat Protein Kasar (cara *Marcam Steel*)

