

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Pemanfaatan limbah sebagai bahan pakan ternak merupakan alternatif bijaksana dalam memenuhi kebutuhan nutrisi bagi ternak. Limbah sebagai bahan pakan selalu dikaitkan dengan harga yang murah dan kualitas yang rendah. Besaran pemanfaatan limbah sangat tergantung pada potensi limbah baik secara kuantitas maupun kualitas yang dapat dimanfaatkan. Aspek kuantitas terkait dengan jumlah limbah yang dihasilkan dari suatu proses produksi dan persentase penggunaannya sebagai bahan penyusun ransum. Aspek kualitas lebih ditekankan pada nilai nutrisi yang dapat dimanfaatkan oleh ternak untuk meningkatkan produksi dan produktivitas.

Eksplorasi jenis dan sumber daya pakan limbah agro-industri, pemanfaatannya penting dilakukan sebagai pakan tambahan/substitusi atau pakan utama pengganti. Suatu potensi yang cukup besar apabila limbah yang tidak berharga menjadi bahan pakan yang nilai biologisnya tinggi dan dapat memberikan nilai tambah.

Pemanfaatan limbah sebagai pakan ternak secara umum mempunyai faktor pembatas antara lain kualitas nutrisi yang rendah akibat kandungan serat yang tinggi, sehingga diberikan perlakuan untuk menghilangkan atau memutuskan ikatan yang terjadi diantara komponen serat. Jaringan-jaringan pada pakan yang berasal dari limbah telah mengalami proses lignifikasi (pengerasan) sehingga terbentuk lignoselulosa dan lignohemiselulosa. Lignin dan selulosa sering membentuk senyawa lignoselulose dalam dinding sel

tanaman dan merupakan suatu ikatan yang kuat (Sutardi, 1980). Semakin tua tanaman kadar lignin semakin tinggi akibatnya daya cerna semakin menurun dengan semakin bertambahnya lignifikasi. Selain mengikat selulosa dan hemiselulosa lignin juga mengikat protein dinding sel. Lignin tidak dapat larut dalam cairan rumen oleh sebab itu lignin merupakan penghambat bagi mikroorganisme rumen dan enzim untuk mencerna tanaman tersebut.

Adanya proses lignifikasi dan rendahnya daya cerna ternak terhadap pakan limbah disebabkan oleh tingginya kandungan silikat. Lignifikasi dan silifikasi tersebut bersama-sama mempengaruhi rendahnya daya cerna. Kandungan lignin, sellulosa, hemisellulosa mempengaruhi pencernaan makanan dan diketahui bahwa antara kandungan lignin dan pencernaan bahan kering berhubungan sangat erat terutama pada rumput-rumputan (Jafar dan Hasan, 1990).

Ada beberapa pengolahan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan pencernaan potensial serat kasar (Preston and Leng, 1987). Peningkatan kuantitas bagian yang dapat dicerna pada pakan yang berkualitas rendah dapat dilakukan melalui proses kimia, fisik dan biologi (Hungate, 1966). Perlakuan fisik berupa pemotongan, penggilingan, peleting, penghancuran dan lain-lain. Proses kimiawi pencernaan limbah-limbah pertanian dapat ditingkatkan dengan penambahan alkali dan asam. Walker and Kohler (1978), menyatakan bahwa perlakuan-perlakuan kimia yang telah diteliti

antara lain perlakuan NaOH, KOH, Ca(OH) dan urea. Perlakuan secara biologis dilakukan dengan menggunakan enzim pendegradasi dinding sel seperti selulase, hemiselulase dan enzim pemecah lignin, bakteri dan jamur lignolitik.

Beberapa kelompok mikroorganisme dilaporkan mampu mendegradasi senyawa lignin, karena mampu menggunakan selulosa sebagai sumber karbon untuk substrat pertumbuhannya, padahal komponen lignoselulosa yang dapat dimanfaatkan oleh ternak adalah selulosa dan hemiselulosa. Masalah yang sering timbul dalam proses pengolahan bahan lignoselulosa menggunakan mikroorganisme adalah kehilangan bahan organik substrat yang digunakan oleh mikroorganisme sebagai sumber nutrisi dalam proses biokonversi. Murni, dkk (2008) menyatakan bahwa mikroorganisme yang ideal dalam biokonversi lignoselulosa menjadi pakan ternak adalah mikroorganisme yang mempunyai kemampuan besar dalam mendekomposisi lignin tetapi rendah daya degradasinya terhadap selulosa dan hemiselulosa. Sebagian kapang lignolitik tidak mempunyai kemampuan menggunakan lignin sebagai sumber tunggal untuk energi dan karbon serta banyak tergantung pada polisakarida yang mudah tercerna didalam substrat. Mikroorganisme ideal dalam meningkatkan kualitas bahan lignoselulosa sebagai pakan ternak harus mempunyai kemampuan memetabolis lignin yang kuat dengan tingkat degradasi selulosa dan hemiselulosa yang rendah.

Beberapa kelompok jamur *white-rot* dilaporkan mampu mendegradasi senyawa lignin, secara umum jamur *white-rot* dibagi menjadi tiga kelompok (Zandrazil, 1984 dalam Murni, 2008) yaitu : 1) kapang yang menguraikan selulosa dan hemiselulosa lebih dahulu kemudian lignin, 2) lebih banyak memetabolisme lignin lebih dahulu kemudian selulosa dan hemiselulosa dan 3) mampu mendegradasi semua polimer dinding sel secara simultan. Berdasarkan pertimbangan bahwa jamur *white-rot* merupakan pendegradasi lignin yang paling aktif, maka penting dilakukan isolasi sebagai upaya untuk memperoleh isolat jamur yang berkemampuan tinggi dalam mendegradasi lignin dan rendah tingkat degradasinya terhadap selulosa dan hemiselulosa sehingga mampu mengoptimasi pemanfaatan limbah pertanian dan agroindustri serta dapat memperbaiki ketersediaan pakan untuk pengembangan peternakan yang berkesinambungan.

### **Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

<sup>35</sup>/<sub>17</sub> Jenis jamur yang mempunyai kemampuan yang terbaik dalam mendegradasi lignin.

<sup>35</sup><sub>17</sub> Bagaimana mengisolasi, menyeleksi dan membiakkan jamur yang mempunyai kemampuan tinggi dalam mendegradasi lignin dan rendah daya degradasinya terhadap selulosa dan hemiselulosa.

<sup>35</sup><sub>17</sub> Seberapa besar daya degradasi jamur terhadap kandungan lignin, selulosa dan hemiselulosa bahan pakan asal limbah yang digunakan sebagai substrat.

<sup>35</sup><sub>17</sub> Bagaimana pengaruh fermentasi yang menggunakan isolat jamur lignolitik terhadap kandungan nutrisi jerami padi.

<sup>35</sup><sub>17</sub> Bagaimana pengaruh jerami padi hasil fermentasi terhadap pencernaan bahan pakan secara *in vitro* dan *in vivo* serta pengaruhnya terhadap performance ternak yang mengkonsumsinya.

### **Tujuan Penelitian**

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Memperoleh isolat jamur yang berkemampuan tinggi dalam mendegradasi lignin dan rendah daya degradasinya terhadap selulosa dan hemiselulosa.
2. Memproduksi starter dari jamur pelapuk putih yang dapat mendegradasi lignin pada bahan pakan (jerami padi, kulit buah kakao dan sekam padi).
3. Menganalisa kandungan lignin, selulosa dan hemiselulosa pada bahan pakan yang telah difermentasi menggunakan jamur pelapuk putih sebagai inokulan.

4. Menganalisa kandungan nutrisi, jerami padi hasil fermentasi yang menggunakan isolat jamur lignolitik.
5. Menguji pencernaan bahan pakan secara *in vitro* dan *in vivo* serta pengaruhnya terhadap performance ternak yang mengkonsumsi jerami padi hasil fermentasi oleh isolat jamur lignolitik.

### **Kegunaan Penelitian**

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat a) memperoleh jamur yang mempunyai kemampuan tinggi dalam mendegradasi lignin dan rendah daya degradasinya terhadap selulosa dan hemiselulosa; b) dapat dijadikan starter untuk memfermentasi limbah agro industry; c) dapat mengetahui dan menganalisa kandungan lignin, selulosa dan hemiselulosa substrat hasil fermentasi yang menggunakan jamur lignolitik sebagai inokulan; d) dapat menganalisa pengaruh fermentasi terhadap kualitas kandungan nutrisi limbah agro industri; e) menganalisa pengaruh pencernaan bahan pakan secara *in vitro* dan *in vivo* serta performance ternak yang mengkonsumsinya.

### **Ruang Lingkup Penelitian**

Lingkup dan batasan penelitian adalah :

- <sup>35</sup>/<sub>17</sub> Mikroorganisme dibatasi hanya pada jenis jamur pelapuk putih yang memiliki kemampuan degradasi lignin tinggi dan rendah daya degradasinya terhadap selulosa dan hemiselulosa serta mempunyai jumlah koloni jamur terbanyak.
- <sup>35</sup>/<sub>17</sub> Penentuan jenis bahan pakan yang digunakan sebagai substrat berdasarkan jenis bahan yang sering digunakan sebagai pakan dan sisa hasil agro-industri yang tinggi kandungan ligninnya dan keberadaanya berlimpah.
- <sup>35</sup>/<sub>17</sub> Penentuan uji kualitas pakan hasil difermentasi yang menggunakan jamur lignolitik sebagai inokulan adalah analisa lignin, selulosa, hemiselulosa, analisa proksimat (serat kasar, lemak kasar, protein kasar, BETN).
- <sup>35</sup>/<sub>17</sub> Evaluasi nilai pakan yaitu, pencernaan bahan kering (BK) dan pencernaan bahan organik (BO) substrat hasil fermentasi dianalisa secara *in vitro*.
- <sup>35</sup>/<sub>17</sub> Evaluasi nilai pakan hasil fermentasi pada ternak yang mengkonsumsi dengan melihat pertambahan berat badan, konsumsi dan pencernaan secara *in vivo* serta efisiensi ransum.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Pemanfaatan Limbah Pertanian Sebagai Pakan Ternak

Limbah adalah kotoran atau buangan yang tercermin dalam kata pelimbahan yang berarti tempat penampungan kotoran atau buangan. Limbah tanaman pangan adalah bagian tanaman pangan yang tersedia dan dapat dimanfaatkan sebagai pakan setelah produk utama dipanen. Hasil sampingan industri pertanian adalah bahan atau produk samping yang dihasilkan industri pengolahan bahan baku asal pertanian menjadi produk hasil pertanian. Limbah industri pertanian kebanyakan menghasilkan limbah yang bersifat cair atau padat yang masih kaya dengan zat organik yang mudah mengalami penguraian (Algamar, 1986). Produksi limbah tanaman pangan di suatu wilayah dapat diperkirakan berdasarkan luas lahan panen dari tanaman pangan tersebut (Jayasuriya dan Parera, 1982).

Limbah pertanian dan agroindustri pertanian memiliki potensi yang cukup besar sebagai sumber pakan ternak ruminansia (Mariyono dan Romjali, 2007). Jenis limbah pertanian yang sering digunakan sebagai pakan ternak adalah jerami padi, jerami jagung, jerami kacang tanah, jerami kedelai, dan pucuk ubi kayu (Djajanegara, 1999). Penggunaan hasil sampingan industri pertanian sebagai bahan pakan lokal yang murah dan mudah didapat merupakan strategi terbaik untuk menekan biaya pakan. Bahan makanan



ternak yang berasal dari limbah pertanian atau industri tidak dapat digunakan sebagai bahan pakan tunggal dalam ransum baik untuk ternak ruminansia atau non-ruminansia. Menurut Djajanegara (1999) beberapa kendala pemanfaatan limbah pertanian sebagai pakan adalah kualitas yang rendah dengan kandungan serat yang tinggi serta protein dan kecernaan yang rendah. Penggunaan tersebut akan mengakibatkan adanya penambahan bahan pakan lain yang memiliki kualitas baik (konsentrat) untuk memenuhi dan meningkatkan produktifitas ternak. Kendala lainnya adalah produksi limbah pertanian yang bersifat musiman. Limbah pertanian melimpah pada musim panen namun jumlah yang dapat dikumpulkan oleh peternak terbatas karena tidak memiliki fasilitas untuk penyimpanan.

Tingkat kecernaan, konsumsi dan efisiensi penggunaan nutrisi bahan pakan asal limbah atau hasil sisa tanaman dipengaruhi oleh tingkat kandungan berbagai senyawa kimiawi yang bersifat penghambat (inhibitor) (Fahn, 1991).

Sebagian besar limbah pertanian telah dimanfaatkan sebagai pakan. walaupun demikian masih banyak yang belum dimanfaatkan. Hambatan yang sering dialami adalah kualitas bahan rendah, tidak disukai ternak, penyimpanannya tidak mudah dan ketersediaannya sangat bervariasi. Limbah tanaman pertanian merupakan bahan pakan yang banyak mengandung karbohidrat penyanggah. Pembatas utama pencernaan limbah

pertanian oleh ternak adalah dinding sel yang merupakan jaringan penguat tanaman dan tahan terhadap pencernaan (Djajanegara dan Sitorus, 1993).

Daya dukung limbah sebagai bahan baku pakan mampu memenuhi 3 aspek pola penyediaan bahan pakan yaitu aspek kuantitas (jumlah), Kualitas (mutu) dan kontinuitas (kesinambungan). Pemenuhan aspek kualitas untuk beberapa jenis limbah baru dapat tercapai setelah bahan mengalami beberapa perlakuan (Murni, 2008). Aspek kuantitas didukung oleh produksi limbah dan hasil sampingan yang mengikuti pola produksi, produktivitas dan luas areal tanam dalam menghasilkan produk utama. Jumlah limbah yang dihasilkan meningkat seiring dengan peningkatan salah satu atau ketiga komponen itu. Kesinambungan ketersediaan limbah terjamin selama proses produksi produk utama berjalan sepanjang tahun.

### **Potensi Jerami Padi (*Rice Straw*)**

Jerami padi merupakan hasil ikutan produksi padi sedangkan padi merupakan tanaman pokok masyarakat Indonesia sehingga ketersediaan jerami padi berlimpah. Jumlah jerami padi yang dapat dimanfaatkan secara nasional pada tahun 2001 adalah 92 juta ton (Ditjen Bina Produksi Peternakan Deptan, 2004). Pemanfaatan jerami padi sebagai pakan ternak ruminansia sudah umum dilakukan dan berbagai upaya telah dilakukan untuk meningkatkan manfaat penggunaannya yaitu melalui amoniasi (Van Soest 1982) dan penambahan enzim pada jerami padi yang sudah diamoniasi.

Fermentasi jerami (*mustard straw*) dengan fungi *G. lucidum* pada suhu 35°C selama 21 hari menghasilkan nilai pencernaan *in vitro* dan delignifikasi yang maksimal (Misra et al. 2007).

Limbah tanaman padi, baik limbah lapangan maupun limbah pengolahan memberikan kontribusi yang paling besar dalam penyediaan bahan baku pakan. Estimasi limbah yang dikeluarkan dari penanaman padi dengan produksi gabah pada tahun 2004 sebesar 54.088.468 ton adalah 2,2 juta ton beras pecah, ,4 juta ton dedak, 8,7 juta ton sekam dan 54 juta ton jerami (Murni, 2008). Jerami padi merupakan sisa dari pemanenan padi yang terdiri dari batang dan daun. Kualitas jerami padi sangat bervariasi, kandungan protein kasar berkisar antara 2-7%, ADF 41-56%, TDN (*Total Digestible Nutrient*) 43-54%, abu  $\pm$ 17%, Ca 0,2-0,7% dan P 0,07-0,16%. Jerami padi yang diberikan secara *ad libitum* tidak dapat memenuhi kebutuhan ternak karena hanya mempunyai pencernaan 35 - 37 % dengan kandungan protein kasar 3 - 4 % padahal untuk hidup pokok ternak ruminansia membutuhkan kecemasan 50 - 55 % dengan protein kasar 8 % (Soejono dan Widyantoro, 1987).

Pakan disebut sebagai faktor pembatas yang paling penting dalam suatu peternakan terutama jika dilihat dari sudut pandang pembiayaan yang berkisar antara 60-70 % dari biaya produksi. Ternak ruminansia terutarna sapi, kerbau, kambing dan domba pakan utamanya adalah hijauan sedang tambahannya berupa konsentrat. Tetapi pada musim kemarau produksi

hijauan kurang dan untuk menanggulangi masalah tersebut maka dimanfaatkan limbah pertanian berupa jerami padi (Suharno dan Nazaruddin, 1994).

Produksi limbah pertanian mempunyai potensi yang cukup besar untuk memenuhi kebutuhan ternak akan pakan hijauan (Soejono dan Widyantoro, 1987). Hal ini didukung oleh Lebdoesoekojo (1982), yang menyatakan bahwa jerami padi sebagai sisa hasil pertanian merupakan sumber utama bagi pakan ternak ruminansia, di beberapa daerah terutama pada musim kemarau yang saat itu persediaan pakan sangat terbatas.

Hambatan pemanfaatan. Jerami padi secara luas dalam sistem pakan ternak ruminansia adalah rendahnya nilai nutrisi Jerami bila dibandingkan dengan hijauan pakan. Hal ini disebabkan karena kandungan protein kasar, pencernaan dan kandungan mineral rendah sehingga konsumsi bahan keringnya terbatas (Soejono dan Widyantoro, 1987). Hal ini juga didukung oleh Sastradipradja (1981), yang menyatakan bahwa bahan pakan berupa jerami padi mempunyai kekurangan antara lain: kandungan lignin dan silika tinggi sehingga menurunkan daya cerna, sebagian besar selulosanya berbentuk kristal yang mempengaruhi kerja mikroorganisme rumen, disamping itu kandungan protein rendah sehingga tidak sebanding untuk menopang keseimbangan nitrogen, Jerami padi mengandung zat-zat makanan yang rendah terutama protein kasar (3-5%) tetapi kandungan serat kasarnya tinggi (31,5 - 46,5%) sehingga kemampuan ternak untuk

mengonsumsi bahan kering hanya sekitar 2 % dari bobot badan dan daya cerna berkisar antara. 35-40% (Rangkuti,1984). Hal ini juga didukung oleh Sitorus (1986), yang menyatakan bahwa disamping kandungan proteinnya rendah, kandungan Ca dan P pada jerami padi juga rendah yaitu Ca sekitar 0,15 % dan P sekitar 0,10 % dari bahan kering, sehingga harus disertai dengan suplemen yang mengandung protein (N), energi dan mineral murni misalnya : molases (tetes). Sedangkan Ffoulkes dan Bamualim (1989) menyatakan bahwa, jerami padi mengandung bahan kering 33-95% dan berbeda dengan hijauan pakan lainnya karena tingginya kandungan silica dan rendahnya kandungan kalsium dan fosfor. Tingginya kandungan lignin dan serat menyebabkan jerami padi hanya digunakan sebagai sumber serat pada ternak ruminansia.

Dengan rendahnya kandungan nutrisi dan daya cerna jerami padi maka pemanfaatannya perlu diefektifkan. Salah satu caranya adalah dengan penambahan suplemen atau bahan tambahan lain. Pakan tambahan merupakan bahan yang mengandung jasad renik (mikroba) yang dapat menguraikan jerami padi sehingga nutrisinya mudah untuk diserap dan memacu laju pertumbuhan berat badan, misalnya starbio, bioplus dan bossdext (Sarwono, 2003).

Pemanfaatan jerami padi sebagai pakan merupakan persoalan selain gizinya rendah, jerami padi sebagian besar dibakar atau dikembalikan ke tanah sebagai kompos dan digunakan. untuk keperluan industri. Nilai gizinya

yang rendah merupakan faktor pembatas yang disebabkan karena Jerami padi berasal dari tanaman tua yang telah dipetik hasil utamanya sehingga mempunyai ikatan selulosa dan hemiselulosa dengan lignin yang kuat (Harahap, 1987).

Pemanfaatan jerami padi secara langsung sebagai pakan tunggal tidak dapat memenuhi kebutuhan nutrisi pada ternak dan dapat menurunkan produktivitas ternak, oleh karena pasokan protein dibutuhkan oleh mikroba rumen untuk pertumbuhan dan meningkatkan populasi optimum untuk proses degradasi serat bahan pakan dalam rumen. Untuk mengatasi hal itu perlu dilakukan pengolahan yang sesuai sehingga bahan pakan ligniselulosik memiliki kualitas yang cukup sebagai pakan ternak ruminansia (Yunulas, 2009).

### **Kulit Gabah atau Sekam Padi (*rice hull*)**

Kulit gabah adalah lapisan keras yang meliputi kariopsis, terdiri dari dua belahan yang disebut *lemma* dan *palea* yang saling bertautan. Kulit gabah yang dihasilkan oleh penggilingan tipe *Engelberg* padi berwujud hancuran sekam bercampur dengan dedak dan bekatul, sedangkan kulit gabah atau sekam yang keluar dari mesin pengupas sekam tipe rol karet, tipe banting (*flash type*) dan tipe penggilingan batu (*disc husker*) tidak hancur seperti yang keluar dari penggilingan padi *Engelberg* (Murni, 2008). Sekitar 17% dari berat total gabah adalah kulit gabah atau sekam. Kulit gabah dapat

digunakan untuk berbagai keperluan, antara lain bahan energy alternative, bahan baku industry kimia dan bahan baku industry bangunan dan bahan pakan ternak. Kulit gabah termasuk bahan pakan berkualitas rendah. Komposisi kimia kulit gabah adalah bahan kering 92%, protein kasar 3,0%, abu 19%, serat kasar 39,6%, dinding sel 76,0%, selulosa 30,0%, lignin 15% dan ADF 66,0%. Kulit gabah biasanya digiling terlebih dahulu sebelum dicampurkan dengan bahan pakan lain yang lebih palatable.

#### **Potensi Kulit Buah Coklat (*cocoa pods* atau *husk*)**

Selama ini dari buah kakao hanya keping biji yang dimanfaatkan sebagai komoditi ekspor, sedang bagian lain seperti kulit buah digunakan sebagai pupuk, pembuatan gas bio atau sebagai bahan pembuat pektin. Selain itu pulp dari limbah fermentasi biji berguna dalam pembuatan alkohol (Siregar, dkk. 1992). Buah coklat terbagi atas kulit buah, pulp, placenta, dan biji. Kulit buah adalah kulit bagian terluar yang menyelubungi buah kakao dengan tekstur kasar, tebal, dan agak keras. Sedangkan kulit biji adalah kulit yang tipis, lunak dan agak berlendir yang menyelubungi biji kakao. Persentase bagian-bagian buah coklat dapat dilihat pada tabel, Berikut ini:

Tabel 1. Persentase Bagian-Bagian dan Buah Kakao

<b>Komponen</b>	<b>Segar (%)</b>	<b>Kering (%)</b>
Kulit Buah	68,5	47,,2
Placenta	2,5	2,0
Biji	29,0	50,8

Sumber: Siregar, dkk, 1992.

Produksi kakao di Sulawesi Selatan seperti terlihat pada Tabel 2. dari tahun ke tahun semakin meningkat, yang berarti menunjang penggunaan limbahnya.

Menurut Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Selatan (2006). bahwa Limbah kulit buah kakao ini memiliki peranan yang cukup penting dan berpotensi dalam penyediaan pakan ternak. Seperti diketahui bahwa kulit buah kakao banyak mengandung selulosa dan hemiselulosa yang potensial untuk digunakan sebagai pakan ternak ruminansia.

Tabel 2. Luas Areal (Ha) dan Produksi Kakao (Ton) di Propinsi Sulawesi Selatan Tahun 2003-2007.

<b>Tahun</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
Luas Areal (Ha)	964.223	1.090.96	1.167.046	1.320.82	1.442.045
Produksi (Ton)	689.816	0	748.828	0	779.186

Sumber: Dinas Perkebunan Propinsi Sulawesi Selatan, 2007,



Menurut Smith dan Adegbola (1982) bahwa kulit buah kakao merupakan hasil dari proses pengolahan buah kakao yang telah dipisahkan dari buahnya dan merupakan salah satu limbah yang sangat potensial untuk dijadikan bahan makanan ternak ruminansia.

Roesmanto (1991), menyatakan bahwa kulit buah kakao dapat menjadi salah satu bahan dalam sistem pakan ternak. Komposisi nutrisi kulit buah kakao dapat dilihat pada Tabel 3.

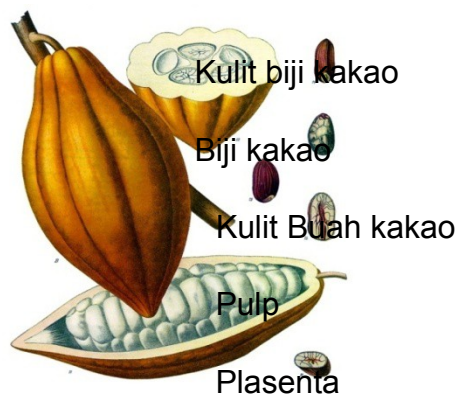
Tabel 3. Komposisi nutrisi kulit buah kakao

Komponen (%)	Menurut		
	1	2	3
Bahan kering	84,00 – 90,00	90,4	91,33
Protein kasar	6,00 – 10,00	6,00	9,71
Lemak	0,50 – 1,50	0,90	0,90
Serat kasar	19,00 – 28,00	31,5	40,33
Abu	10,00 – 18,3	16,4	14,80
BETN	50,00 – 55,60	-	34,26
TDN	57-69	-	46,00
ADF	55-64	-	65,12
Kalsium	-	0,67	-
Pospor	-	0,10	-
NDF	-	-	66,26
Hemiselulosa	-	-	1,14
Selulosa	-	-	37,17
Silika	-	-	0,7
Lignin	-	-	27,95
Kecernaan BO	-	-	25,15

Keterangan : 1. Smith dan Adegbola (1982); 2. Roesmanto (1991); 3. Amirroenas (1990)

Kulit buah kakao merupakan bahan makanan ternak yang berserat tinggi dan mengandung bahan lignoselulotik. Bahan yang demikian umumnya

sudah mengalami proses lignifikasi lanjut dan selulosanya sudah berbentuk kristal dan tidak lagi berbentuk amorf (Jackson, 1978). Selanjutnya dikatakan bahwa buah kakao yang masak mempunyai kulit buah yang tebal dan di dalam setiap buah terdapat 30-50 biji, tergantung pada varietasnya. Bijinya dikelilingi oleh pulp yang berlendir seperti getah. Bagian-bagian buah kakao dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagian-bagian buah kakao

### B. Kandungan Serat pada bahan pakan ternak

Serat makanan adalah bahan dalam pangan/pakan asal tanaman yang tahan terhadap penguraian oleh enzim dalam saluran pencernaan dan karenanya tidak diabsorpsi. Serat makanan ini terdiri dari selulosa dan senyawa lainnya dari polisakarida atau yang berkaitan dengan polisakarida seperti lignin dan hemiselulosa (Gaman dan Sherrington, 1992).

Serat kasar mempunyai pengertian sebagai fraksi dari karbohidrat yang tidak larut dalam basa dan asam encer setelah pendidihan selama masing-masing 30 menit. Termasuk dalam komponen serat kasar ini adalah campuran hemiselulosa, selulosa dan lignin yang tidak larut. Dalam analisa serat dengan metode proksimat tidak dapat secara terpisah fraksi lignin, selulosa dan hemiselulosa yang justru perlu diketahui komposisinya untuk hijauan pakan atau umumnya pakan berserat. Untuk memperoleh data yang lebih akurat tentang fraksi lignin dan selulosa dapat dilakukan analisa yang lebih spesifik dengan metode Van Soest. Analisa Van Soest merupakan sistem analisis bahan makanan yang lebih relevan bagi ternak ruminansia khususnya sistem evaluasi nilai nutrien hijauan berdasarkan kelarutan dalam detergen (Sutardi, 1980).

Degradasi polisakarida yang terdapat pada dinding sel tanaman yang merupakan bagian terbesar komponen serat kasar bervariasi tergantung pada jaringan tanaman, jenis tanaman dan umur tanaman (Hatfield, 1989). Chesson (1988) melaporkan bahwa penyusun utama dinding sel tanaman lebih mungkin dapat dicerna daripada bagian yang kedua yang lebih tebal dari dinding sel. Karakteristik serat terutama struktur fisika dan kimia, mempunyai peranan penting dalam mempengaruhi kecepatan dan tingkat degradasi serat kasar tersebut. Adanya ikatan ester dan ikatan kovalen antara lignin, polisakarida dan protein serat kasar, secara alamiah membentuk ikatan intrinsik pada sebagian besar struktur serat kasar, dan

merupakan pembatas utama dalam degradasi, baik degradasi selulosa maupun hemiselulosa (Chesson, 1988; Hatfield, 1989; dan Jung, 1989).

Tabel 4. Pembagian Bahan Organik Hijauan dengan Sistem Analisis Detergent

Fraksi	Komponen
Isi Sel (Larut dalam Neutral Detergent)	Lemak, gula-gula, asam organik bahan air, pektin, pati, non protein nitrogen, protein terlarut
Dinding sel (Serat yang tidak larut dalam neutral detergent) 1. Larut dalam acid detergent 2. Acid detergent	Hemisellulosa, fiber bound, protein, dalam neutral detergent) selulosa, lignin, lignifikasi nitrogen

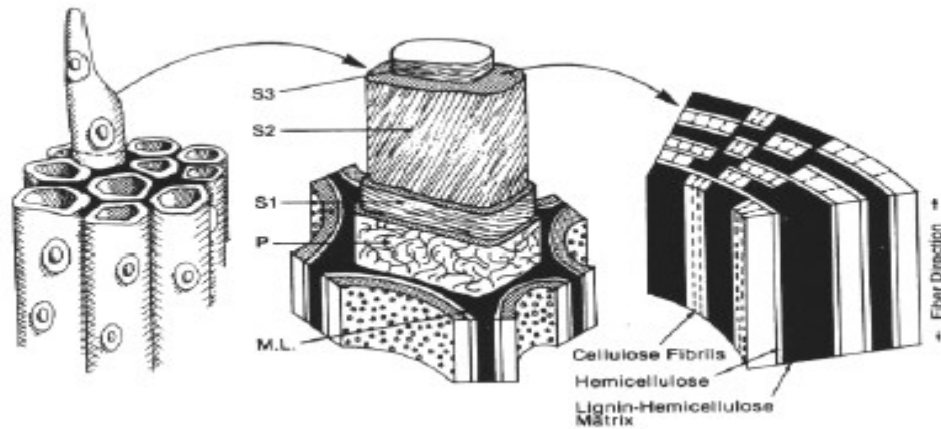
Sumber: Van Soest, 1982.

Analisis NDF merupakan cara yang cepat untuk mengetahui total serat dari dinding sel yang terdapat dalam serat tanaman, sedangkan analisis ADF digunakan sebagai suatu langkah persiapan untuk mendeterminasi lignin, sehingga hemiselulosa dapat diestimasi dari perbedaan struktur dinding sel dengan ADF itu sendiri (Harris, 1970). Bagian yang tidak terdapat sebagai residu dikenal sebagai *neutral detergent soluble* (NDS) yang mewakili isi sel dan mengandung lipid, gula asam organik, non protein nitrogen, pektin, protein terlarut dan bahan terlarut dalam air lainnya. Serat kasar terutama mengandung selulosa dan hanya sebagian lignin, sehingga nilai ADF lebih kurang 30 persen lebih tinggi dari serat kasar pada bahan yang sama. Sedangkan ADF mewakili selulosa dan lignin dinding sel tanaman. Analisis

ADF dibutuhkan untuk evaluasi kualitas serat untuk pakan ternak ruminansia dan herbivora lain (Suparjo, 2000).

Komponen limbah berserat umumnya terdiri dari : 1) Selulosa, mempunyai bobot molekul tinggi, terdapat dalam jaringan tanaman pada bagian dinding sel sebagai mikrofibril, terdiri dari rantai glukosa yang dilekatkan oleh ikatan hydrogen. Selulosa dicerna oleh enzim selulase menghasilkan *asam lemak terbang* atau VFA (*Volatile fatty acid*) seperti asetat, propionate dan butirat; 2) Hemiselulosa, terdapat bersama selulosa, terdiri atas pentosan, pectin, xylan dan glikan. Hidrolisis hemiselulosa oleh enzim hemiselulase menghasilkan *asam lemak terbang*; 3) Lignin, suatu substansi yang kompleks dan tidak dapat dicerna, terdapat pada bagian berkayu dari tanaman (kulit gabah, bagian fibrosa akar, batang dan daun). Keberadaan lignin selalu bersama-sama dengan selulosa dan hemiselulosa, lignin dikenal sebagai karbohidrat, namun sesungguhnya lignin berbeda dengan karbohidrat. Perbedaan terletak pada atom karbon C dimana atom karbon pada lignin lebih tinggi dan tidak proporsional. Semakin tua tanaman kadar lignin semakin tinggi akibatnya daya cerna semakin menurun dengan semakin bertambahnya lignifikasi. Selain mengikat selulosa dan hemiselulosa lignin juga mengikat protein dinding sel. Lignin tidak dapat larut dalam cairan rumen oleh sebab itu lignin merupakan penghambat bagi mikroorganisme rumen dan enzim untuk mencerna tanaman tersebut; 4) Silika, merupakan kristal yang terdapat dalam dinding sel dan mengisi ruang antar sel. Pada

tanaman sereal kandungan abu yang tinggi biasanya sejalan dengan kadar silikanya (Murni dkk, 2008).



Gambar 2. Konfigurasi Dinding Sel Tanaman (Perez et al. 2002)

### Selulosa

Selulosa adalah zat penyusun tanaman yang terdapat pada struktur sel. Kadar selulosa dan hemiselulosa pada tanaman pakan yang muda mencapai 40% dari bahan kering. Bila hijauan makin tua proporsi selulosa dan hemiselulosa makin bertambah (Tillman, dkk, 1998).

Selulosa merupakan suatu polisakarida yang mempunyai formula umum seperti pati ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub>. Sebagian besar selulosa terdapat pada dinding sel dan bagian-bagian berkayu dari tumbuhan-tumbuhan. Selulosa tidak dapat dicerna oleh hewan non-ruminansia kecuali non-ruminansia herbivora yang mempunyai mikroba pencerna selulosa dalam sekumnya. Hewan

ruminansia mempunyai mikroba pencerna sellulosa didalam rumen-retikulumnya sehingga sellulosa dapat dimanfaatkan dengan baik (Anggorodi, 1994).

Lapisan matriks pada tanaman muda terutama terdiri dari selulosa dan hemiselulosa, tetapi pada tanaman tua matriks tersebut kemudian dilapisi dengan lignin dan senyawa polisakarida lain (Tillman,dkk, 1998). Selanjutnya ditambahkan bahwa hemiselulosa adalah suatu nama untuk menunjukkan suatu golongan substansi yang didalamnya termasuk: araban, xilan, heksosa tertentu dan poliuronat yang rentan bila terkena agen kimia dibanding selulosa. Hemiselulosa dihidrolisis oleh jasad renik dalam saluran pencernaan dengan enzim hemiselulase.

Komponen utama dan serat kasar yang merupakan penyusun dinding sel tanaman terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin (Church dan Pond, 1988). Selulosa merupakan substansi yang tidak larut dalam air yang terdapat di dalam dinding sel tanaman terutama dari bagian batang, tangkai dan semua bagian yang mengandung kayu. Selulosa merupakan homopolisakarida yang mempunyai molekul berbentuk linear, tidak bercabang dan tersusun atas 10.000 sampai 15.000 unit glukosa yang dihubungkan dengan ikatan  $\beta$ -1,4 glikosidik (Nelson dan Michael, 2000). Polisakarida (selulosa maupun hemiselulosa) agar dapat digunakan sebagai sumber energi harus dirombak terlebih dahulu menjadi senyawa sederhana. Selulosa sebagai fraksi serat kasar akan didegradasi oleh bakteri selulolitik

selama proses fermentasi menjadi monomernya yang dapat digunakan sebagai sumber energi. Waktu yang diperlukan mikrobia beradaptasi dengan substrat memperlihatkan kecenderungan dengan urutan selulosa lebih rendah dan hemiselulosa (Prayitno, 1997).

Menurut Tarmansyah (2007), berdasarkan derajat polimerisasi (DP) dan kelarutan dalam senyawa natrium hidroksida (NaOH) 17,5%, selulosa dapat dibedakan atas tiga jenis yaitu:

1. Sellulosa  $\alpha$  (Alpha Cellulose) yaitu sellulosa berantai panjang, tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat dengan DP 600-1500. Sellulosa  $\alpha$  dipakai sebagai penduga dan atau penentu tingkat kemurnian sellulosa.
2. Sellulosa  $\beta$  (Betha Ceilulosa) adalah sellulosa berantai pendek, larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan DP 15-90, dapat mengendap bila dinetralkan.
3. Sellulosa  $\gamma$  (Gamma Cellulosa) adalah sama dengan sellulosa  $\beta$ , tetapi DP nya kurang dari 15. Selain itu ada yang disebut Hemiselulosa dan Holosellulosa yaitu:
  - Hemisellulosa adalah polisakarida yang bukan sellulosa, jika dihidrolisis akan menghasilkan D-manova, D-galaktosa, D-Xylosa, L-arabinosa dan asam Uronat.
  - Holosellulosa adalah bagian dari serat yang bebas lignin, terdiri dari campuran semua sellulosa dan hemisellulosa.



Smith dan Aidoo (1988), menyatakan bahwa selulosa terdapat hampir di semua material berkayu. Kandungan selulosa dalam bahan berkayu ini dapat mencapai 30-45% bahkan dapat mencapai 70-90% pada kapas. Kandungan selulosa tersebut bervariasi tergantung dari jenis dan bagian tanaman tersebut.

Selulosa dan hemiselulosa juga merupakan penyusun jaringan tumbuhan yang tersusun dari gula yang berbeda. Selulosa adalah polimer liner yang tersusun dari D-glukosa yang diikat oleh  $\beta$ -1,4 glikosida membentuk celobiosa (Sanchez, 2009). Senyawa ini didegradasi oleh enzim mikroba menjadi oligosakarida kemudian menjadi glukosa.

Pemecahan selulosa merupakan pemecahan polimer anhidrosa menjadi molekul-molekul yang lebih kecil. Melalui hidrolisis tersebut dihasilkan oligosakarida, trisakarida dan disakarida seperti selotriosa, selobiosa serta monomer-monomer glukosa atau pemecahan lainnya (alkohol, aldehid, asam-asam dan keton) dan pada akhirnya menghasilkan CO<sub>2</sub> dan air (Hardjo et al, 1989).

## **Hemiselulosa**

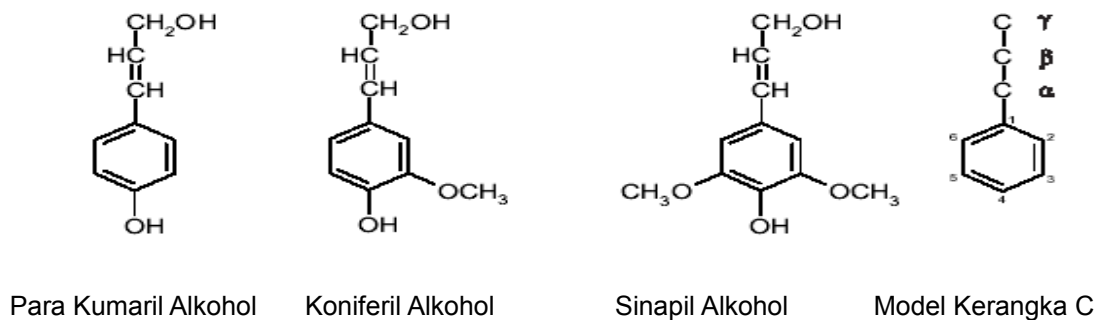
Morrison (1986) mendapatkan bahwa hemiselulosa lebih erat terikat dengan lignin dibandingkan dengan selulosa, sehingga selulosa lebih mudah dicerna dibandingkan dengan hemiselulosa. Jung (1989) melaporkan bahwa perubahan pencernaan selulosa dan hemiselulosa diakibatkan oleh keberadaan lignin yang berubah-ubah. Dikatakan pula bahwa kandungan lignin pada rumput lebih tinggi dibandingkan dengan legum.

Hemiselulosa rantainya pendek dibandingkan selulosa dan merupakan polimer campuran dari berbagai senyawa gula, seperti xilosa, arabinosa, dan galaktosa. Selulosa alami umumnya kuat dan tidak mudah dihidrolisis karena rantai glukosanya dilapisi oleh hemiselulosa dan di dalam jaringan kayu selulosa terbenam dalam lignin membentuk bahan yang kita kenal sebagai lignoselulosa.

## **Lignin**

Lignin adalah salah satu komponen penyusun tanaman yang bersama dengan selulosa dan bahan-bahan serat lainnya membentuk bagian struktural dan sel tumbuhan. Pada batang tanaman, lignin berfungsi sebagai bahan pengikat komponen penyusun lainnya, sehingga suatu pohon bisa berdiri tegak. Kalau dianalogikan dengan bangunan, lignin dan serat-serat tanaman itu mirip seperti beton dengan batang-batang besi penguat di dalamnya, yang memegang serat-serat yang berfungsi seperti batang besi, sehingga membentuk struktur yang kuat. Berbeda dengan selulosa yang

terutama terbentuk dari gugus karbohidrat, lignin terbentuk dan gugus aromatik yang saling dihubungkan dengan rantai alifatik, yang terdiri dari 2-3 karbon. Pada proses pirolisa lignin, dihasilkan senyawa kimia aromatis yang berupa fenol, terutama kresol (Young, 1986).



Gambar 3. Satuan Penyusun Lignin (Steffen 2003)

Lignin merupakan polimer yang mengandung protein sulit dicerna. Lignin sangat tahan terhadap degradasi kimia dan enzimatik. Lignin sering digunakan sebagai “marker” penanda didalam eksperimen studi pencernaan pada ternak ruminansia karena sifatnya yang tidak larut tersebut. Lignin bukan karbohidrat, tetapi sangat berhubungan erat dengan senyawa-senyawa karbohidrat. Kulit kayu, biji, serat kasar, batang dan daun mengandung lignin yang berupa substansi kompleks oleh adanya lignin dan polisakarida yang lain. Kadar lignin akan bertambah dengan bertambahnya umur tanaman. Tanaman pakan mengandung selulosa 20-30%, hemisellulosa 14-20% dan pektin kurang dari 10% serta lignin 2-12% (Young, 1986).

Degradasi bahan organik dipengaruhi adanya lignin dan silika yang terdapat pada dinding sel secara bersama-sama membentuk senyawa kompleks dengan selulosa dan hemiselulosa. Senyawa kompleks ini sulit ditembus oleh enzim mikroba sehingga akan menghambat pencernaan dinding sel dan selanjutnya menurunkan pencernaan isi sel termasuk bahan organik didalamnya. Lignin merupakan komponen yang tidak dicerna, sehingga mempengaruhi pencernaan serat kasar (Van Soest, 1976),

Lignin adalah penyusun jaringan tumbuhan selain selulosa dan hemiselulosa. Senyawa ini merupakan polimer aromatik dari phenilpropanoid, hasil sintesa conyferyl, synaphyl, p-coumayl alkohol (Gold dan Alic, 1993). Lignin adalah senyawa aromatik heteropolimer dan unit phenil-propanoid yang memberikan kekuatan pada kayu dan rigiditas struktural pada jaringan tanaman serta melindungi kayu dari serangan mikrobial dan hidrolitik (Saparrat et al. 2002). Fungsi dari lignin untuk memberi kekakuan pada jaringan pengangkut tumbuhan dan melindungi struktur yang tersusun dari polisakarida (selulosa dan hemiselulosa) dari serangan organisme lain sehingga lignin bersifat rekalsitran (Hammel, 1997). Lignin merupakan polimer alami dan tergolong ke dalam senyawa rekalsitran karena tahan terhadap degradasi atau tidak terdegradasi dengan cepat di lingkungan. Molekul lignin adalah senyawa polimer organik kompleks yang terdapat pada dinding sel tumbuhan dan berfungsi memberikan kekuatan pada tanaman. Lignin tersusun dari 3 jenis senyawa fenilpropanoid yaitu:

alkohol kumaril, alkohol koniferil, dan alkohol sinapil (Van soest 1982). Senyawa ini juga merupakan senyawa yang tidak mudah larut dalam air (Srebotnik et al. 1998). Lignin memegang peranan penting dalam siklus karbon sebagai senyawa aromatik yang banyak terdapat di alam, dan merupakan matriks pelindung di sekitar mikrofibril selulosa pada dinding sel tanaman. Kebanyakan lignin mengandung struktur aromatik nonfenolik yang tahan terhadap oksidasi enzimatik, dan kandungan minor dari lignin merupakan struktur fenolik (Srebotnik et al. 1998).

### **C. Pemanfaatan Jamur dalam Pengolahan Pakan**

Mikroorganisme yang mampu mendegradasi selulosa secara umum dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu 1). kelompok mikroorganisme yang mampu menghidrolisis hampir seluruh rantai selulosa secara sempurna dan 2). kelompok mikroorganisme yang hanya mampu menghidrolisis sebagian rantai selulosa. Proses pemecahan selulosa telah dikembangkan menggunakan cara biologis. Secara biologis yaitu dengan pemanfaatan enzim yang disekresikan oleh mikrobia yang mampu menghidrolisis substrat selulosa dan hemiselulosa. Beberapa keuntungan secara biologis yaitu proses biodegradasi enzimatik diperlukan temperatur yang tidak terlalu tinggi (30-60°C), tidak memerlukan fasilitas yang rumit dan produk yang dihasilkan relatif murni dan lebih efisien (Bachrudin, 1992).

Beberapa isolat kapang selulolitik seperti *Aspergillus sp*, *Penicillium sp*, *Trichoderma viridae*, *Trichoderma spiralis* dan *Chatomium sp*, telah diketahui efisien dalam mendekomposisikan jerami dan sisa tanaman lainnya (Gaur, 1981).

Berapa jamur yang hidup didalam tanah mempunyai kemampuan untuk menguraikan senyawa lignin dan selulosa. Jamur ini menghasilkan ligninase, yaitu enzim yang dapat menguraikan senyawa lignin; dan selulase, yaitu enzim yang dapat menguraikan selulosa. Contoh jamur pengurai lignin adalah *Fusarium proliferatum*, *Penicillium decumbens P6* (Yang et al, 2005), *Penicillium simplicissimum* (Guang et al, 2006). Sedangkan jamur pengurai selulosa misalnya *Aspergillus niger*, *Chaetomium globosum*, *Scopulariopsis brevicaulis*, *Trichoderma koningii* dan *Trichoderma roseum* (Lakshmikan, 1990), dan *Mucor hiemalis* (Mahmood et al, 2006).

### **Jamur Pelapuk Kayu**

Satu - satunya mikroorganisme yang mampu mendegradasi lignin adalah kapang pelapuk kayu yang digolongkan dalam kelas Basidiomycetes. Kapang pelapuk kayu dibedakan atas kapang pelapuk putih, pelapuk coklat, pelapuk lunak. Kapang pelapuk putih menyerang lignin maupun polisakarida. Kayu yang terdegradasi menjadi putih dan lunak. Berbeda dengan kapang pelapuk putih, kapang pelapuk coklat mendegradasi polisakarida kayu dan mendegradasi sedikit lignin sehingga kayu menjadi coklat dan rapuh.

Sedangkan kapang pelapuk lunak lebih menyukai selulosa dan hemiselulosa sebagai substratnya (Fengel and Wegener 1995).

Sejumlah besar fungi dapat ditemukan pada kayu dan menyebabkan kerusakan berupa pelapukan kayu. Fungi tersebut mempunyai aktivitas selulolitik yang sangat kuat. Hidupnya bisa pada kayu dan pohon yang masih hidup, maupun pada kayu yang sudah mati. Sebagian besar di antaranya tergolong ke dalam Basidiomycota, antara lain, *Volvariella volvaceae*, *Pleurotus flabelotus*, *Pleurotus sajor-caju*, *Lentinus edodus*, *Agaricus sp.*, dan *Auricularia sp.* (Alexopoulos et al., 1996; Djarwanto, 1997; Chang & Quimio, 1982; Moore-Landecker, 1996; Carlile & Watkinson, 1994) Di samping itu banyak pula Hyphomycetes yang bersifat selulolitik, seperti *Trichoderma sp.*, *Alternaria sp.*, *Chetomium sp.*, *Cladosporium sp.*, *Fusarium sp.*, *Paecilomyces sp.* yang tumbuh baik pada bahan kayu (Onions et al., 1981; Carlile & Watkinson, 1994; Domsch et al., 1993; Alexopoulos et al. 1996). Menurut Carlile & Watkinson (1994), ada Ascomycetes yang hanya bisa tumbuh pada kayu untuk mendapatkan nutrisi. Fungi kayu terutama mendegradasi lignin dan selulosa. Kayu terbentuk oleh lignin, selulosa, dan hemiselulosa.

Berdasarkan mekanisme degradasi, jamur pembusuk kayu digolongkan ke dalam jamur pembusuk putih dan jamur pembusuk cokelat, yang masing-masing memiliki metabolisme degradatif yang berbeda. Jamur busuk putih mampu mendegradasi seluruh komponen material lignoselulosa

termasuk lignin, sedang jamur busuk cokelat lebih cenderung mendegradasi bagian selulosa dan hemiselulosa tetapi tidak lignin. Kelompok peroksidase (lignin peroksidase [LiP] dan mangan peroksidase [MnP]) yang menggunakan  $H_2O_2$  dan laccase (polifenol oksidase) yang menggunakan molekul oksigen berperan dalam mendegradasi lignin (D'Souza et al. 1996; Baldrian 2003).

Fungi umumnya memiliki selulase karena habitatnya di alam adalah bahan organik yang mengandung selulosa, seperti serasah, batang atau cabang-cabang pohon yang sudah mati atau membusuk maupun yang masih segar, dan pada bahan-bahan yang mengandung selulosa seperti tekstil, kertas, kanvas, kapas, dan bahan kayu untuk bangunan. Selulase melibatkan 3 komponen, yaitu: endo- $\beta$ -1, 4-glukanase (endoselulase, karboksimetil selulase atau CMase), ekso- $\beta$ -1,4-glukanase (selobiohidrolase, aviselase, atau C1selulase),  $\beta$ -1,4,glukosidase atau selobiase (Crueger &Crueger, 1989). *Trichoderma viride* merupakan fungi yang menghasilkan ketiga komponen tersebut. Bukan hanya kapang yang mampu menghasilkan selulase, juga khamir mempunyai kemampuan menghasilkan selulase, meskipun tidak selalu ke tiga komponen tersebut. Sjamsuridzal (2004) telah mengisolasi dan mengidentifikasi khamir *Thyridium vestitum* UICCY-264 dari tumbuhan dan spesies tersebut memiliki aktivitas  $\beta$ -glukosidase yang tinggi (Reno, 2006).

Berkenaan dengan proses perombakan kayu oleh jamur, Brauns (1952) mengemukakan bahwa ada dua jenis jamur yang berperan aktif, yaitu



jamur coklat dan jamur putih. Jamur coklat lebih suka menyerang selulosa, menyalakan lignin dan mengubah sisa yang terurai menjadi berwarna coklat. Pada jamur putih, lignin maupun selulosa dirombak, sehingga warna kayu yang diserangnya menjadi berwarna putih pucat (Martawijaya, 1988).

Anggota Aphylllophorales sebagian besar hidup pada kayu baik yang masih hidup maupun sudah mati, sehingga tentunya memiliki enzim yang dapat menguraikan lignin. Berdasarkan kemampuan menguraikan substansi kayu, jamur dibagi menjadi dua kelompok yaitu *white rot* dan *brown rot*. White rot adalah kelompok jamur Basidiomycetes yang mampu menguraikan lignin, selulosa dan hemiselulosa. *Brown rot* adalah kelompok jamur Basidiomycetes yang hanya menguraikan selulosa dan hemiselulosa (Hammel, 1997). Jamur white rot selain menguraikan lignin diduga juga dapat menguraikan senyawa polutan lain. Jamur ini menghasilkan enzim ekstraseluler sehingga tahan terhadap bahan beracun atau bahan kimia mutagenik. Beberapa jamur *white rot* telah digunakan dalam penguraian lignin, misalnya *Bjerkandera adusta* mampu mendegradasi lignin 40% dan pengurangan warna lignin sekitar 70% pada inkubasi selama 40 jam.

### **Jamur Pelapuk Putih (*white rot fungi*)**

Jamur *white rot* menguraikan lignin melalui proses oksidasi menggunakan enzim phenol oksidase (Sanchez, 2009) menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga dapat diserap oleh mikroorganisme.

Kapang pelapuk putih menggunakan selulosa sebagai sumber karbon. Kapang mendegradasi lignin secara keseluruhan menjadi karbon dioksida untuk masuk ke polisakarida kayu yang dilindungi oleh lignin-karbohidrat kompleks (Wilson dan Walter 2002). Pada proses degradasi lignin, kapang pelapuk putih memproduksi enzim oksidatif ekstraselular yang unik. Sistem enzim hasil sekresi mikroorganisme inilah yang berfungsi sebagai agen biodegradasi yang mampu memecah bahan berlignoselulosa menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana (Dewi 1996). Enzim ini juga sangat baik mendegradasi senyawa pestisida dan limbah beracun (Srebotnik et al. 1998). Hal tersebut dikarenakan untuk mendepolimerisasi dan memineralisasi lignin, kapang pelapuk putih memiliki sistem oksidatif non spesifik meliputi beberapa ekstraselular oksidoreduktase, metabolit dengan bobot molekul rendah, dan kerja oksigen yang sangat efektif (Saparrat et al. 2002). Selain itu kapang pelapuk putih memiliki kemampuan mendepolimerisasi lignin dan memetabolisme lignin menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O (Kaal et al. 1995).

Lignin melindungi selulosa dari serangan enzim hidrolitik yang membatasi kemampuan cerna dari bahan lignoselulosik oleh sistem pencernaan hewan ternak. Menurut Soilman et al (2000) kapang pelapuk

putih dapat menaikkan nilai gizi dari tongkol jagung yang digunakan sebagai makanan ternak, dan juga dapat mengubah komposisi kimia dan menaikkan kemampuan cerna dari jerami gandum (Rouzbehan et al. 2001).

Kapang ligninolitik tidak hanya menggunakan lignin sebagai satu-satunya sumber energi dan karbon bagi pertumbuhannya, tetapi juga beberapa polisakarida yang ada pada substrat lignoselulosik, dan fungsi utama ligninolisis adalah untuk membuka polisakarida sehingga polisakaridanya (selulosa dan hemiselulosa) dapat dipecahkan oleh kapang (Hammel 1997). Kapang pelapuk putih mendepolimerisasi oksidatif lignin dengan mensekresi beberapa enzim, seperti lignin peroxidase, manganese peroxidase, lakase (Acunzo et al. 2002). Lignin peroxidase dan manganese peroxidase mengoksidasi komponen utama dari polimer lignin yaitu senyawa aromatik non fenolik dengan potensial reduksi oksidasi yang tinggi (Souza et al. 1999). Sedangkan lakase mengoksidasi struktur lignin fenolik yang merupakan kandungan minor dari polimer lignin (Srebotnik et al. 2003).

Jamur pelapuk putih ternyata hanya mampu diperoleh pada organisme yang mendegradasi lignin menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  tetapi tidak dapat menggunakan substrat ini sebagai sumber karbon dan sumber energi (Kirk dan Farrel, 1987 dalam Fungal Biotech). Oleh karena itu, studi mengenai biodegradasi lignin sebagian besar menggunakan jamur pelapuk putih yang memproduksi enzim modifikasi lignin ekstraselular seperti lakase, peroksidase dan oksidase-oksidase penghasil  $\text{H}_2\text{O}_2$  (Hatakka, 1994).

Beberapa kelompok jamur dilaporkan mampu mendegradasi senyawa lignin, seperti misalnya kelompok "*White-rot fungi*" mampu menggunakan selulosa sebagai sumber karbon untuk substrat pertumbuhannya dan mempunyai kemampuan mendegradasi lignin. Jamur pendegradasi lignin yang paling aktif adalah *white-rot fungi* seperti misalnya *Phanerochaete chrysosporium* dan *Coriolus versicolor* yang mampu merombak hemiselulosa, selulosa dan lignin dari limbah tanaman menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O (Paul, 1992). Pada umumnya basidiomisetes *white-rot* mensintesis 3 macam enzim, yaitu Lignin-peroksidase (LIPs), Manganese-peroksidase (MNPs) dan Laccase. Ketiga enzim tersebut sangat berperan dalam proses degradasi lignin (Srinivasan *et al.*, 1995). Enzim-enzim tersebut juga mampu mengoksidasi senyawa-senyawa fenol. Dilaporkan, sebagian besar reaksi degradasi lignin oleh basidiomisetes dikatalisis oleh enzim lignin peroksidase, Mn peroksidase (Addleman *et al.*, 1995;). Beberapa jamur pendegradasi kayu di laporkan mampu mensintesis satu atau dua jenis enzim tersebut di atas, misalnya *Phanerochaete chrysosporium*, *Trametes versicolor* mampu mengekskresikan lignin-peroksidase dan manganese-peroksidase ke dalam medium, sedangkan kelompok *brown- rot fungi* hanya mampu mensintesis lignin-peroksidase saja.

Enzim ligninase dari organisme yang mampu memproduksi enzim tersebut mempunyai peluang yang sangat besar untuk diaplikasikan di industri-industri, seperti misalnya untuk degradasi polutan, biokonversi lignin,

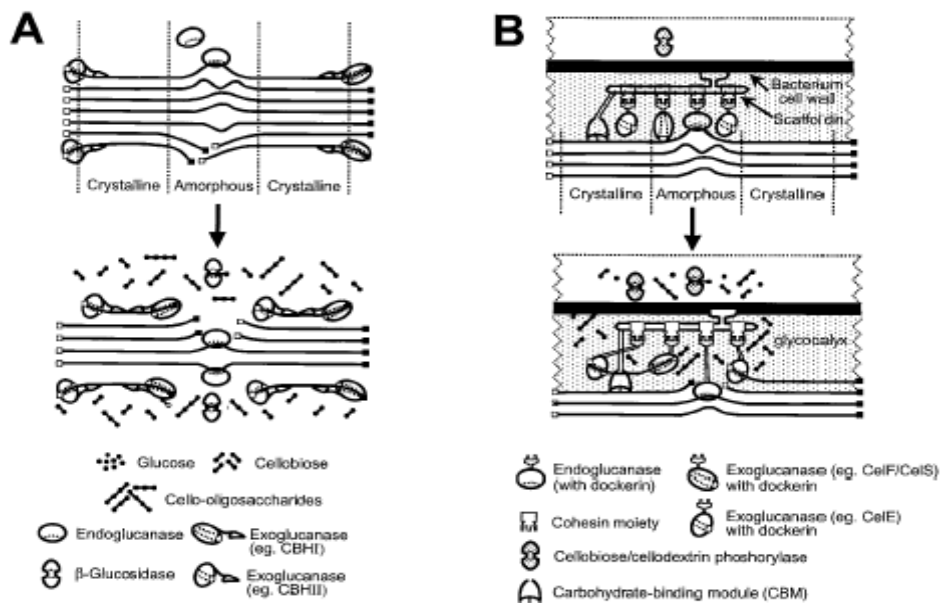
*biobleaching* dan *biopulping* dari potongan-potongan kayu (*wood chip*), desulfurisasi minyak bumi dan batu bara dan deligninasi limbah pertanian (Dosoretz *et al.*, 1993). Proses degradasi lignin oleh "*white rot fungi*" juga berguna untuk bioremediasi.

Jamur white rot menguraikan lignin melalui proses oksidasi menggunakan enzim phenol oksidase (Sanchez, 2009) menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga dapat diserap oleh mikroorganisme. Selulosa dan hemiselulosa juga merupakan penyusun jaringan tumbuhan yang tersusun dari gula yang berbeda. Selulosa adalah polimer linier yang tersusun dari D-glukosa yang diikat oleh  $\beta$ -1,4 glycosida membentuk celobiosa. Senyawa ini didegradasi oleh enzim mikroba menjadi oligosakarida kemudian menjadi glukosa.

### **Mekanisme Degradasi Selulosa.**

Degradasi pada selulosa kristal oleh jamur pelapuk putih *P. chrysosporium*, mirip pada selulase-selulase jamur lainnya, yaitu dilakukan oleh sebuah kompleks enzim multikomponen dimana tiap-tiap komponen berinteraksi secara sinergi untuk mendegradasi selulosa menjadi glukosa. Endoglukanase (EGs) bekerja secara acak pada permukaan luar mikrofibril selulosa, yaitu dengan membuka ujung non-reduksi yang kemudian oleh *cellobiohidrolase* (CBHs) dihidrolisis dan menghasilkan selobiose. Selobiose

dipotong oleh  $\beta$ -glukosidase, menghasilkan glukosa. Selobiose, suatu produk dari kerja selulase, dapat menginduksi dan juga menghambat selulase pada *P. chrysosporium* (Eriksson dan Hamp 1978 dalam Highley dan Dashek 1998).



Gambar 4. Skema hidrolisis selulosa menjadi glukosa (Lynd et al. 2002).

### Degradasi Hemiselulosa.

Hemiselulosa secara struktur lebih kompleks dibanding selulosa, yang mengandung hanya ikatan 1,4-glikosidik. Hemiselulosa adalah sebuah grup homopolimer dan heteropolimer yang mengandung sebagian besar ikatan-ikatan utama anhidro- $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4) D-xylopiranosa, mamnopiranosa, glukopiranosa dan galaktopiranosa. Enzim-enzim yang mendegradasi hemiselulosa juga kompleks yang umum disebut hemiselulase. Hemiselulase

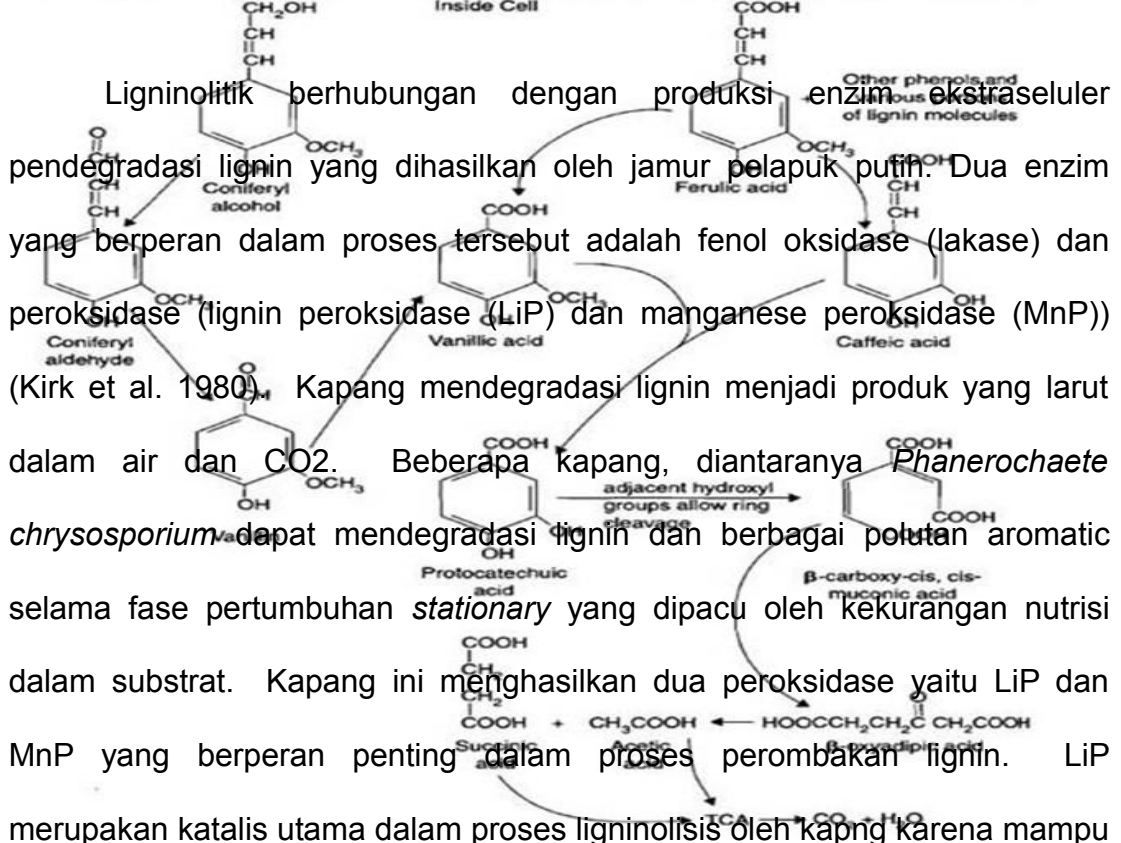
menunjukkan sebagai agen *bleaching* yang menjanjikan dalam produksi pulp dan kertas. Degradasi hemiselulosa oleh jamur pelapuk putih kemudian dianalogikan secara kasar dengan selulosa, tetapi mekanisme serangannya telah dipelajari secara lebih detail oleh Kirk dan Cowling (1984). Ikatan hemiselulosa diserang pertamakali oleh endoenzim-endoenzim (mannanase dan xilanase) yang menghasilkan secara intensif ikatan-ikatan pendek yang dihidrolisis menjadi gula sederhana oleh glukosidase (mannosidase, xilosidase dan glukosidase). Sejauh ini belum diketahui jenis eksoenzim yaitu enzim-enzim yang dapat mengendalikan sisi-ikatan substitusi (arabinosa, asam uronik dan asetil) yang terlibat (Kirk dan Cowling 1984). Seperti dengan selulase, gula-gula sederhana membatasi produksi sebagian besar enzim-enzim pendegradasi hemiselulosa oleh jamur pelapuk putih. Selulosa diduga menjadi sumber karbon penting untuk mendorong terbentuknya enzim-enzim pendegradasi hemiselulosa oleh jamur.

### **Degradasi Lignin.**

Tidak seperti selulosa dan hemiselulosa, lignin prinsipnya tidak berikatan linear tetapi merupakan senyawa kompleks. Polimer heterogen, dengan senyawa aromatik non-stereoregular yang disusun oleh unit fenilpropanoid. Jamur pelapuk putih adalah satu-satunya organisme yang dikenal mampu mendegradasi lignin secara sempurna menjadi karbondioksida dan air. Perkembangan terbaru saat ini telah menunjukkan

kaitannya dengan biokimia dan genetika molekuler biodegradasi lignin yang umumnya menggunakan penelitian jamur pelapuk putih *P. chrysosporium* (Buswell dan Odier 1987, Alic dan Gold 1991; Cullen dan Kersten 1992 dan 1996).

Gambar 5. Skema sistem degradasi lignin oleh *Phanerochaete chrysosporium* (Akhtar et al. 1997).





berperan dalam pemutusan unit fenolik lignin. LiP mengkatalisis reaksi masih belum jelas, apakah berinteraksi langsung dengan lignin atau melalui perantara radikal. LiP mengkatalisis suatu oksidasi senyawa aromatic non fenolik lignin membentuk radikal kation aril. Disamping itu, karena LiP merupakan oksidan yang kuat maka enzim ini juga mempunyai kemampuan mengoksidasi senyawa fenolik, amina, eter aromatic dan senyawa aromatic polisiklik (Perez dkk, 2002). Oksidasi substruktur lignin yang dikatalisis oleh LiP dimulai dengan pemisahan satu elektron cincin aromatik substrat donor dan menghasilkan radikal kation aril, yang kemudian mengalami berbagai reaksi postenzymatic (Hammel, 1997). LiP memotong ikatan  $C_{\alpha}$ - $C_{\beta}$  molekul lignin. Pemotongan ikatan pada posisi  $C_{\alpha}$ - $C_{\beta}$  merupakan jalur utama perombakan lignin oleh berbagai kapang pelapuk putih (Hammel, 1997).

Manganeseperoksidase dihasilkan oleh *P. ostreatus* (Sarkar et al. 1997) dan juga oleh *P. chrysosporium* (Brown et al. 1990) dan oleh *Phlebia radiata* (Vares et al. 1997). Masing-masing jamur menghasilkan kombinasi enzim yang berbeda-beda, misalnya ada yang hanya menghasilkan LiP dan MnP, MnP dan lakase, atau jamur yang menghasilkan LiP dan lakase (Kerem dan Hadar 1998). Aktivitas ligninolitik jamur pelapuk putih seperti pada *T. versicolor* dan *P. chrysosporium* meningkat pada media tumbuh yang kandungan karbon sederhana dan nitrogennya rendah (Eaton dan

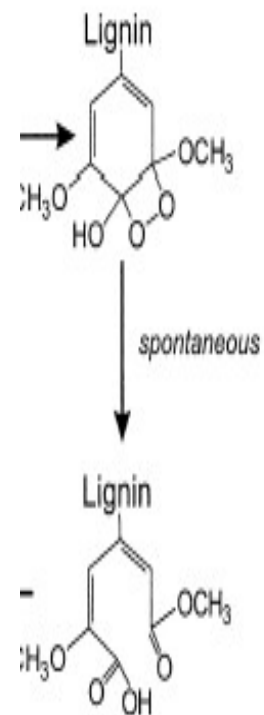
Hale 1993; Katagiri et al. 1995). Menurut Leatham et al (1983) dan Griffin (1994), penambahan asam glutamat, glutamin, histidin dan sikloheksimida akan menekan aktivitas ligninolitiknya.

Gambar 7. Skema pembentukan karbon dioksida dari struktur aromatik lignin oleh MnP (Suparjo, 2008).

Menurut Heinzkill dan Messner (1997), jamur pelapuk putih yang mendegradasi lignin tidak dapat menggunakan lignin sebagai satu-satunya sumber karbon dan energi. Namun berdasarkan hasil penelitian Sugipriatini (1998) diketahui bahwa penambahan glukosa dapat menekan pertumbuhan maupun aktivitas ligninolitik salah satu jamur pelapuk putih *Ganoderma spp.* Beberapa jamur liar diketahui memiliki kemampuan mendegradasi lignin yang tinggi dan dalam pertumbuhannya menggunakan lignin sebagai sumber karbon (Artiningsih et al. 2000).

#### D. Proses Fermentasi oleh Mikroorganisme

Proses fermentasi secara umum memiliki beberapa tujuan, yaitu memproduksi sel-sel mikrobia atau menghasilkan biomassa; memproduksi enzim-enzim mikrobia; memproduksi senyawa metabolit; dan



untuk proses transformasi zat-zat tertentu yang ditambahkan pada proses fermentasi yang dilakukan (Stanbury and Whitaker, 1984).

Fermentasi sudah dikenal berabad-abad yang lalu. Secara terbatas masyarakat hanya mengenal proses fermentasi sebagai pengubahan karbohidrat menjadi alkohol. Ditinjau dari metabolisme bahwa fermentasi merupakan suatu reaksi oksidasi-reduksi di dalam sintesa biologi, yang menghasilkan energi sebagai donor dan akseptor elektron. Senyawa organik yang digunakan yaitu karbohidrat dalam bentuk glukosa. Senyawa ini akan diubah oleh reaksi reduksi dengan katalis enzim menjadi asam. Selanjutnya fermentasi adalah suatu proses perubahan kimiawi dari senyawa-senyawa organik karbohidrat, lemak, protein dan bahan organik lain (Rarumangkay, 2002).

Salah satu hal yang pasti terjadi pada proses fermentasi, apapun tipe fermentasinya, adalah pertumbuhan organisme dalam fermentor produksi pada kondisi yang optimum untuk pembentukan produk (Stanbury and Whitaker, 1984). Sebagaimana juga dijelaskan oleh Crueger and Crueger (1989) bahwa prosedur fermentasi untuk berkembangnya mikrobia harus diusahakan dalam kondisi optimal sehingga diperoleh hasil-hasil fermentasi yang diinginkan atau enzim yang diproduksi oleh mikrobia.

Secara biokimiawi fermentasi diartikan sebagai pembentukan energi melalui katabolisme senyawa organik, sedangkan menurut aplikasinya dalam bidang industri arti fermentasi adalah suatu proses yang mengubah bahan

dasar menjadi suatu produk oleh suatu massa sel mikrobial. Teknologi fermentasi dengan memanfaatkan kemampuan mikrobial berhasil merubah pakan berkualitas rendah, menjadi suatu produk bahan yang lebih berkualitas melalui bermacam-macam teknik pengolahan. Metode fermentasi telah banyak dipergunakan untuk pengawetan, peningkatan nilai gizi, perbaikan citarasa dalam pengolahan pakan dan pupuk organik. Praktek fermentasi selain untuk tujuan di atas semakin penting dalam peranannya untuk memperkaya ragam pakan dan bahan baru (Amalia, 2004).

Biodegradasi adalah penguraian fisik pada substrat oleh aktivitas mikroorganisme dengan menghasilkan produk yang bermanfaat untuk manusia, Biodegradasi, misalnya, terjadi pada pembuatan makanan fermentasi dan minuman fermentasi tradisional yang kita kenal sehari-hari (tempe kedelai, tapai singkong atau tapai ketan, tauco, dan lain-lain). Penguraian terjadi pada bahan-bahan yang merupakan limbah suatu proses, yang kemudian melalui fermentasi oleh mikroorganisme menjadi produk yang bermanfaat. Deteriorasi adalah penguraian bahan atau substrat yang bersifat merugikan karena menyebabkan perubahan atau kerusakan, sehingga substrat tersebut tidak dapat dimanfaatkan manusia atau tidak mempunyai nilai ekonomi lagi (Murni, 2008).

Fermentasi adalah reaksi oleh biokatalis yang digunakan untuk mengubah substrat menjadi produk baru biokatalis tersebut dapat berasal dari bakteri, jamur dan khamir (Smith, 1990). Menurut Muchtadi et al. (1992)

bahwa fermentasi adalah proses-proses yang menghasilkan komponen-komponen kimia yang kompleks sebagai akibat adanya pertumbuhan maupun metabolisme mikrobia.

Definisi teknologi fermentasi adalah memanfaatkan bahan-bahan yang murah harganya bahkan tidak berharga dengan menggunakan mikroorganisme menjadi produk-produk yang bernilai ekonomi tinggi dan berguna bagi kesejahteraan manusia (Ansori, 1992). Teknologi fermentasi mempunyai bidang cakupan yang luas, yaitu mulai dari teknik produksi makanan fermentasi, minuman beralkohol, produksi biomassa (inokulum, protein sel tunggal), produksi asam-asam organik, asam-asam amino, enzim, vitamin, antibiotika, sampai pada teknik penanganan limbah.

Dalam skala industri secara komersial, pemanfaatan dengan menggunakan metode fermentasi (menggunakan mikroorganisme) untuk menghasilkan enzim sudah banyak dilakukan antara lain : *Bacillus subtilis* (amilase dan protease), *Aspergillus oryzae* (amilase, amiloglukosidase, pektinase, glukosa oksidase, katalase, lipase), *Saccharomyces cereviseae* (invertase), *Trichoderma* sp (selulase,  $\beta$ -glukosidase) (Maggy, 1989).

Inokulum adalah kultur mikrobia yang diinokulasikan ke dalam medium fermentasi pada saat kultur tersebut berada pada fase pertumbuhan eksponensial, yaitu suatu fase yang mempunyai mikrobia dengan kondisi laju pertumbuhan dan perkembangan secara logaritmik yang akhirnya akan mencapai laju pertumbuhan maksimum (Rachman, 1989) . Jumlah inokulum

awal yang diberikan sebagai kultur awal (starter) sekitar 5-10% dari total volume bahan yang difermentasikan (Wijono et al. 1988).

Proses fermentasi merupakan suksesi pertumbuhan beberapa generasi mikroorganisme meliputi bakteri, actinomycetes, kapang dan juga protozoa yang secara bergantian mendominasi substrat pada tahap-tahap tertentu. Pada awalnya, mikroorganisme yang akan mengurai senyawa organik dan nitrogen terlarut adalah mikroorganisme mesofil. Aktifitas metabolisme menghasilkan karbondioksida, ammonia dan meningkatkan suhu dalam substrat. Suhu akan meningkat sampai 40-45°C, dan sebagian besar mikroorganisme mesofil akan mati. Kemudian substrat dikuasai oleh kapang-kapang termofil seperti *Humicola fuscoatra*, *H.grisea*, *Aspergillus fimugatus*, *Chaetomium thermophile*, dan cendawan *Corpinus cinereus*. Setelah aktifitas mikroorganisme termofil selesai, suhu akan menurun (Gandjar, 2006)

Menurut Rachman (1989) bahwa tujuan utama pembuatan inokulum adalah menyediakan semua nutrien yang dibutuhkan oleh mikroba untuk memperoleh energi, pertumbuhan, bahan pembentuk sel dan biosintesis produk-produk metabolisme, hal ini tergantung pada jenis mikroba yang akan ditumbuhkan juga kondisi lingkungan yang ideal.

#### E. Uji Kecernaan pada Bahan Pakan secara *In Vitro* dan *In Vivo*

Evaluasi degradasi bahan pakan dalam rumen dapat dilaksanakan dengan metode *in vitro*, *in sacco*, dan *in vivo* (Tiliman et al., 1998). Getachew et al (2004), mengatakan bahwa ada tiga teknik yang utama yang saat ini tersedia untuk menentukan nilai pencernaan dan pakan ruminansia, yaitu : a) pencernaan dengan mikroorganisme rumen seperti dalam penelitian Tilley and Terry atau metode gas Menke, b) menggunakan enzim selulase, dan c) inkubasi sampel-sampel *in situ* menggunakan nylon bag dalam rumen dengan menggunakan ternak fistula.

Metode *in vitro* adalah suatu metode pendugaan pencernaan secara tidak langsung yang dilakukan di laboratorium dengan meniru proses yang terjadi di dalam saluran pencernaan ruminansia. Keuntungan metode *in vitro* adalah waktu lebih singkat dan biaya lebih murah apabila dibandingkan metode *in vivo*, pengaruh terhadap ternak sedikit serta dapat dikerjakan dengan menggunakan banyak sampel pakan sekaligus. Metode *in vitro* bersama dengan analisis kimia saling menunjang dalam membuat evaluasi pakan hijauan (Pell et al, 1993).

Prosedur fermentasi rumen *in vitro* meniru proses fermentasi yang terjadi dalam rumen, oleh karena itu para ilmuwan dalam menentukan pencernaan suatu pakan untuk ternak ruminansia dapat menggunakan rumen buatan yang dikenal dengan metode *in vitro* atau pencernaan di luar tubuh. Prosedur ini telah lama dikemukakan untuk mempelajari pencernaan pakan hijauan oleh mikroorganisme (Hartadi, 1980). Sejak ditemukannya metode

fermentasi rumen *in vitro* dua tingkat oleh Tilley dan Terry (1963) telah banyak penggunaan metode tersebut atau memodifikasinya, untuk membuat evaluasi pencernaan bahan kering dan bahan organik hijauan serta membandingkannya dengan hasil yang diperoleh dengan cara *in vivo*.

Menurut Crowder and Cheda (1982) keberhasilan *in vitro* tergantung pada koreksi terhadap berbagai sumber kesalahan yang berasal dan variasi mikrobial, pH medium, preparasi sampel dan cara kerja. Faktor yang mempengaruhi *in vitro* antara lain pencampuran pakan, cairan rumen, pengontrolan temperatur, variasi waktu dan metode analisis. Sampai saat ini metode *in vitro* masih dianggap teliti dan dapat dipercaya pada berbagai kondisi serta berkorelasi antara *in vitro* dengan *in vivo* (Yunus, 1997). Medium fermentasi harus mengandung sumber energi seperti pati, gula dan selulosa. Larutan mineral ditambahkan sebagai pengganti saliva untuk memberikan sistem buffer dalam pencernaan *in vitro* (Arora, 1995).

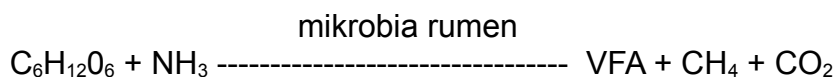
Schneider and flatt (1975) menyatakan bahwa apabila ukuran sampel bertambah maka akan menurunkan pencernaan *in vitro*, oleh karena itu penting diperhatikan agar ukuran sampel harus sama. Selanjutnya dinyatakan bahwa perbandingan cairan rumen dan buffer adalah 1:4 dan setiap proporsi cairan rumen akan meningkatkan pencernaan. Teknik Consecutive Batch Culture dikembangkan sebagai teknik *in vitro* untuk mengetahui potensi teknik rumen buatan (Gascoyne, 1986).



Metode pencernaan *in vitro* adalah metode laboratorium yang prinsipnya meniru sistem pencernaan ruminansia (Tiliman et al., 1998). Teknik *in vitro* adalah teknik dimana bahan pakan yang akan diteliti difermentasikan dalam tabung dengan menggunakan cairan rumen atau enzim.

Fermentasi rumen dengan mikrobia anaerobik menghasilkan produksi asam lemak rantai pendek, gas (karbondioksida/CO<sub>2</sub> dan methan/CH<sub>4</sub>) dan massa mikrobia. Jumlah gas yang diproduksi sebanding dengan produksi asam, sehingga digunakan sebagai indikator produksi asam saat proses fermentasi. Jumlah produksi gas selama inkubasi digunakan untuk memprediksi tingkat dan kecepatan digesti pakan (Getachew et al., 2004).

Faktor penting dalam proses fermentasi anaerobik adalah penerapan hukum keseimbangan kimia, yaitu keseimbangan antara substrat dan produk. Persamaan proses fermentasi karbohidrat yang terjadi karena adanya rumen dapat dilihat sebagai berikut (Van Soest, 1982).



Substrat dari proses fermentasi tersebut adalah karbohidrat dan amonia, sedang produknya adalah VFA, CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>. Perubahan jumlah salah satu komponen dari persamaan proses fermentasi akan merubah

keseimbangan proses fermentasi. Semakin mudah dan banyak karbohidrat yang terfermentasi oleh mikrobia rumen, akan meningkatkan produksi gasnya. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Menke and Steingass (1988) menunjukkan peningkatan produksi gas berjalan lebih lambat pada substrat selulosa kristal, dan secara total produksi gasnya lebih banyak pada substrat selulosa non kristal. Oleh karenanya, kecepatan dan total produksi gas ditentukan oleh kemampuan mikrobia dalam memfermentasi pakan.

Semua bentuk karbohidrat yang ada pada pakan yang diberikan kepada ternak ruminansia, akan mengalami degradasi ke arah yang lebih sederhana atau menjadi unit-unit yang lebih kecil oleh adanya mikrobia rumen. Produk akhir dari fermentasi karbohidrat yang sebagian besar merupakan pakan serat ini adalah Volatile Fatty Acid (VFA) yang berupa asetat, propionat dan butirat, serta  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CH}_4$  dalam bentuk gas (Prawirokusumo, 1994). Lebih lanjut, dikatakan bahwa banyak sedikitnya produksi VFA,  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CH}_4$  dipengaruhi oleh macam dan banyaknya pakan yang dapat difermentasi oleh mikrobia rumen, dan juga oleh keseimbangan proses fermentasi.

Tilley and Terry menyempurnakan teknik *in vitro* yang pada awalnya menggunakan cairan rumen dan pelaksanaannya hanya satu tahap (metode *in vitro* satu tahap) karena metode ini dianggap hanya mewakili pencernaan dalam rumen retikulum. Fermentasi dengan cairan rumen perlu diikuti dengan

fermentasi pepsin-asam (metode *in vitro* dua tahap). Sampel yang akan diteliti daya cernanya dengan teknik *in vitro* 2 tahap yang disempurnakan oleh Tilley and Terry terlebih dahulu dikeringkan dalam oven kemudian disaring. Teknik yang diperkenalkan oleh Tilley and Terry telah banyak dimodifikasi untuk menyederhanakan pelaksanaannya. Sistem *in vitro* dapat digunakan untuk menguji hipotesis dan mekanismenya, namun penelitian secara *in vivo* penting untuk mengkonfirmasi hasilnya (Dewhurst et al., 2000).

Kelebihan uji pencernaan dengan metode *in vitro* adalah : a) hasil penelitian dapat diperoleh dalam waktu yang singkat, b) menggunakan sedikit bahan pakan (sampel) dan banyak perlakuan yang dapat diteliti, c) beberapa bahan pakan yang tidak dapat diberikan secara tunggal pada ternak, daya cernanya dapat diteliti dengan metode *in vitro*, dan d) tidak diperlukan pengumpulan feses atau sisa pakan, sehingga dapat menghemat waktu, tenaga, dan biaya (Tangdilintin, 1992). Selain kelebihan, metode *in vitro* mempunyai kekurangan, yaitu a) metode *in vitro* dikejakan dengan menggunakan waktu yang standar padahal lamanya bahan pakan berada dalam rumen bervariasi menurut jenis dan bentuk pakan, dan b) tidak terjadi penyerapan zat-zat makanan pada metode *in vitro* seperti yang terjadi pada ternak hidup. Banyak peneliti *in vitro* yang menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh dengan metode *in vitro* sama dengan hasil penelitian *in vivo*. Namun demikian ada juga beberapa hasil penelitian yang menyatakan bahwa

daya cerna *in vitro* ternyata lebih tinggi dari hasil penelitian *in vivo* (Tangdilintin, 1992).

Penelitian *in vivo* dilakukan dengan mencatat pakan yang dikonsumsi dan feses yang dikeluarkan dalam satu hari (Tillman et al, 1998). Pengukuran daya cerna konvensional terdiri dari dua periode, yaitu periode pendahuluan dan periode koleksi. Periode pendahuluan berlangsung 7-10 hari, tujuannya untuk membiasakan hewan kepada pakan dan keadaan sekitarnya dan untuk menghilangkan sisa-sisa pakan dari waktu sebelumnya. Periode koleksi berlangsung selama 5-15 hari, pada periode tersebut feses dikumpulkan, ditimbang dan dicatat. Koefisien cerna yang ditentukan secara *in vivo* biasanya 1-2% lebih rendah dari harga *in vitro*. Sumber kesalahan dalam uji pencernaan *in vivo* adalah terdapatnya bahan-bahan yang berasal dari tubuh didalam feses sehingga zat makanan yang terdapat didalam feses adalah enzim yang disekresikan kedalam saluran pencernaan yang tidak diabsorpsi kembali, dan juga bahan yang berupa hasil kikisan sel-sel dari dinding pencernaan.

Umur dan jenis kelamin memperlihatkan pengaruh nyata terhadap berat badan seekor ternak, tetapi tidak selamanya konsumsi yang tinggi akan memberikan penambahan berat badan yang tinggi pula atau sebaliknya (Anggorodi, 1994). Pertambahan berat badan juga dipengaruhi oleh faktor makanan, bangsa dan keadaan ternak itu sendiri (Dinkel, 1985).

Banyaknya makanan yang dikonsumsi oleh seekor ternak bervariasi tergantung dari cara pemberian, cara penyediaan, bentuk makanan dan jumlah makanan yang diberikan. Jumlah konsumsi dapat dihitung dengan mengukur jumlah makanan yang diberikan dengan jumlah yang tersisa. Baumgart (1969) menyatakan bahwa konsumsi bahan kering dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya komposisi dan nilai nutrisi makanan (Baumgart, 1969), palatabilitas dan selera (Church, 1988). Palatabilitas dipengaruhi oleh bentuk, bau, rasa, tekstur dan suhu makanan yang diberikan. Faktor lainnya adalah kesehatan ternak.

Efisiensi makanan adalah perbandingan antara pertambahan berat badan (kg) dan jumlah (kg) makanan yang dikonsumsi. Semakin tua umur seekor ternak maka efisiensi makanan semakin rendah (Crampton dan Harris, 1969). Efisiensi penggunaan makanan ternak muda lebih tinggi daripada ternak tua (Ensminger, 1979).

## **Kerangka Konseptual Penelitian**

## Hipotesis

Hipotesis yang disusun dalam penelitian ini adalah :

1. Jamur pelapuk putih mempunyai kemampuan besar dalam mendegradasi lignin dan rendah daya degradasinya terhadap selulosa dan hemiselulosa pada bahan pakan asal limbah agro-industri (Jerami padi, kulit buah kakao dan sekam)
2. Isolat jamur lignolitik hasil seleksi pada tahap I, berpotensi sebagai starter yang dapat meningkatkan nilai nutrisi substrat pada proses fermentasi.
3. Hasil fermentasi bahan pakan limbah dengan isolat jamur lignolitik pada level dan lama fermentasi tertentu (tahap II) dapat meningkatkan kualitas substrat hasil fermentasi
4. Hasil fermentasi oleh isolat jamur lignolitik dapat meningkatkan nilai pencernaan bahan kering dan pencernaan bahan organik substrat diukur secara *in vitro*
5. Ransum yang mengandung hasil fermentasi oleh isolat jamur lignolitik dapat memperbaiki performance ternak yang mengkonsumsinya.

## BAB III

### MATERI DAN METODE PENELITIAN

#### A. RANCANGAN PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari tiga tahapan, yaitu : Tahap I. Eksplorasi jamur pelapuk putih yang tumbuh pada kayu lapuk di sekitar Makassar, Gowa dan Maros, dan selanjutnya di Isolasi pada media PDA (*Potato Dextro Agar*), lalu dilakukan seleksi jamur pelapuk putih yang berkemampuan tinggi dalam mendegradasi lignin dan rendah daya degradasinya terhadap selulosa dan hemiselulosa pada substrat jerami padi, kulit buah kakao dan sekam dan mempunyai jumlah koloni yang besar, Kemudian dilanjutkan dengan identifikasi Jamur Pelapuk Putih pada media serbuk kayu

Pada Tahap II. dilakukan pengomposan pada jerami padi untuk selanjutnya digunakan sebagai media fermentasi isolat jamur lignolitik hasil seleksi pada tahap I. Jerami padi yang telah difermentasi dengan jamur lignolitik di uji kualitas, untuk melihat kandungan nutrisi yaitu protein kasar, serat kasar, lemak kasar, BETN, ADF dan NDF.

Tahap ke III pada penelitian ini dilakukan uji pencernaan untuk melihat pencernaan bahan kering dan bahan organik jerami padi fermentasi secara *in vitro*, serta uji secara *in vivo* untuk melihat pertambahan bobot badan (PBB), konsumsi, pencernaan dan efisiensi pakan pada ternak yang mengkonsumsi



ransum jerami padi hasil fermentasi oleh isolat jamur lignolitik pada level dan lama fermentasi terbaik pada tahap ke II.

## B. WAKTU DAN LOKASI

Peneiltian akan dilaksanakan pada bulan Juni 2012 sampai selesai. Penelitian terdiri atas tiga tahap percobaan, yaitu (1) Isolasi, dan seleksi jamur pelapuk putih yang dapat mendegradasi lignin pada substrat jerami padi, kulit buah kakao dan sekam dilakukan di Laboratorium Bioteknologi di Pusat Kegiatan Penelitian (PKP) Universitas Hasanuddin, (2) Fermentasi dengan menggunakan jerami padi sebagai media tumbuh isolat jamur lignolitik yang ditemukan pada tahap I pada level dan lama fermentasi berbeda dilakukan di laboratorium limbah ternak, dan analisa proksimat hasil fermentasi dilakukan di laboratorium kimia makanan Fakultas Peternakan Unhas (3) Uji pencernaan substrat hasil fermentasi secara *in vitro* dilakukan di Laboratorium Pakan Terpadu, pemeliharaan kambing untuk pengujian secara *in vivo* dilakukan pada kandang pemeliharaan ternak Fakultas Peternakan Unhas.

## C. BAHAN DAN ALAT

Bahan yang digunakan pada tahap I adalah isolat jamur pelapuk putih, alkohol, air steril dan media PDA untuk pemurnian dan sedangkan untuk seleksi jamur pelapuk yang dapat mendegradasi lignin bahan-bahan yang digunakan adalah jerami padi, sekam dan kulit buah kakao sebagai substrat, bahan-bahan kimia yang digunakan dalam analisa lignin, selulosa dan hemiselulosa, serbuk kayu, bekatul dan  $\text{CaCO}_3$  yang digunakan dalam pembuatan media tempat tumbuh jamur lignolitik; pada tahap II digunakan jerami padi, bekatul, kapas dan kapur yang dicampur sebagai substrat dalam proses fermentasi, plastik polipropilena (PP) dan bahan-bahan kimia yang digunakan dalam analisa proksimat; pada Tahap III digunakan bahan-bahan kimia dalam menguji nilai pencernaan bahan kering, pencernaan bahan organik secara *in vitro* dan *in vivo*, rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*) yang digunakan sebagai ransum basal, dan jerami padi.

Alat-alat yang digunakan untuk isolasi, pemurnian, seleksi dan karakterisasi jamur hasil isolasi adalah autoclave, cawan petri, botol kultur, tabung erlemeyer, bunsen, magnetic stirrer, tabung reaksi, gelas ukur, ose dan alat pendukung lainnya. Pada tahap fermentasi menggunakan alat-alat polybag dan jarum tanam serta alat-alat yang digunakan dalam analisa proksimat (protein kasar, serat kasar, lemak kasar dan BETN), ADF dan NDF; sedangkan pada tahap ke III digunakan alat-alat yang mendukung dalam menguji kualitas bahan pakan dan dalam menganalisa nilai pencernaan bahan kering, pencernaan bahan organik secara *in-vitro* dan *in vivo*, timbangan untuk

menghitung pertambahan bobot badan pada setiap periode, kandang yang terdiri dari empat petak serta dilengkapi tempat makan dan minum pada setiap petaknya.

#### **D. METODE PENELITIAN**

##### **Tahap I. Eksplorasi, Isolasi, Seleksi dan Identifikasi Jamur Pelapuk Putih yang dapat Mendegradasi Lignin.**

###### **1.1 Eksplorasi.**

Eksplorasi jamur pelapuk putih dimulai dengan mengambil jamur yang tumbuh di kayu yang telah lapuk, dicatat morfologinya secara makroskopis dan diambil gambarnya. Selanjutnya jamur diambil dengan menggunakan kantong kertas dan dibawa ke laboratorium untuk di isolasi.

###### **1.2 Isolasi.**

Cara isolasi yang digunakan merujuk pada Chang (1982), gunting dibersihkan dengan alkohol 70%, kemudian sebagian dari himenium cendawan (tempat basidiospora dibentuk), dipotong kecil-kecil. Potongan tersebut dicelupkan kedalam aqua destilasi steril, lalu dicelupkan kedalam alcohol 70%, lalu dicelupkan kembali kedalam aqua destilasi steril, kemudian diletakkan diatas kertas saring steril dalam cawan petri yang telah dioven,

kemudian potongan tersebut diinkubasi pada suhu kurang lebih 28-30°C. Koloni cendawan yang tumbuh dipotong pada bagian pinggir koloni dan dipindahkan ke cawan petri yang berisi medium *Potato Dextro Agar* (PDA) yang dibuat dengan menimbang 200 gram kentang yang dipotong-potong kecil lalu direbus dengan air sebanyak 1000 ml sampai mendidih, air rebusan kentang disaring dan diambil airnya lalu tambahkan air lagi sampai volumenya 1000 ml, kemudian dididihkan kembali. Dimasukkan agar 20 gram dan gula pasir 20 gram, diaduk sampai merata hingga mendidih. Setelah itu dituangkan kedalam masing-masing cawan petri dan tabung reaksi dan diautoclave pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm selama 20-30 menit, dan dibiarkan memadat pada suhu kamar, setelah dingin media siap digunakan (Achmad dkk, 2011).

### 1.3 Pemurnian.

Pemurnian dilakukan dengan mengambil satu ose sampel isolat dari cawan petri yang berisi koloni jamur yang telah tumbuh. Perlakuan tersebut diulang beberapa kali sampai diperoleh miselium yang benar-benar murni. Kultur kemudian di inkubasi pada suhu ruang selama 48 jam. Isolat yang telah murni diperbanyak dengan menumbuhkan isolat pada beberapa media PDA.

#### 1.4 Seleksi Jamur Lignolitik.

Pada tahap seleksi jamur lignolitik, dilakukan langkah-langkah : pembuatan media tempat pertumbuhan jamur dengan substrat jerami padi, sekam dan kulit buah kakao, menganalisa kandungan lignin, selulosa dan hemiselulosa substrat yang telah diinokulasi oleh isolat jamur pelapuk dan perhitungan jumlah koloni jamur.

##### 1.4.1. Pembuatan Media Pertumbuhan Jamur atau Spawn (Achmad dkk, 2002; Chang, 1982; Yong & Leong, 1983).

Pembuatan media tempat pertumbuhan jamur dari tiga substrat yang berbeda, yaitu Jerami padi, kulit buah kakao dan sekam sebanyak 200 gram dicuci bersih lalu dihancurkan menjadi bagian yang lebih kecil, direbus dalam air mendidih selama 25-35 menit, dibilas sampai bersih, ditiriskan dan diangin-anginkan, kemudian masing-masing dimasukkan kedalam botol kaca sebanyak  $\frac{3}{4}$  dari tinggi wadah, ditutup rapat dan disterilkan kedalam autoclave dengan suhu  $121^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 1,1 atmosfer selama 20 – 30 menit selama 2 hari hingga semua spora dan mikroba pengganggu benar-benar mati. Agar dan miselia yang berasal dari cawan petri dimasukkan kedalam botol dan dicampurkan secara diaduk-aduk dengan substratnya. Botol kemudian ditutup dengan sumbat kapas steril yang dibungkus kain kasa dan diinkubasikan pada suhu  $30\text{-}32^{\circ}\text{C}$  selama 6-7 hari agar seluruh substrat sampai ke dasar botol tertutup oleh miselium (spawn). Spawn diamati

secara teratur agar tidak terkontaminasi oleh pertumbuhan mikroorganisme lain. Apabila terjadi kontaminasi, maka seluruh spawn dalam botol harus dimusnahkan segera.

#### **1.4.2. Analisa Lignin, Selulase dan Hemiselulase**

Untuk menentukan kadar lignin, selulosa dan hemiselulosa maka spawn dikeluarkan dari botol kemudian terlebih dahulu ditentukan kadar ADF dan NDF (Van Soest, 1976).

##### **Penentuann Kadar *Acid Detergent Fiber (ADF)***

1. Sampel sebanyak 0,5 gram (a gram) dimasukkan ke dalam gelas piala kemudian dtambahkan 50 ml larutan ADS dan 2 ml decalin. Dipanaskan selama 1 jam diatas penangas air.
2. Penyaringan di lakukan dengan bantuan pompa vakum, juga dengan menggunakan penyaring kaca masir yang sudah di timbang sebagai b gram, Pencucian di lakukan dengan menggunakan hexan, acetone dan air panas.
3. Dilakukan pengeringan dengan memasukkan hasil penyaringan tersebut dalam oven, setelah dimasukkan lagi di dalam desikator untuk melakukan pendinginan dan ditimbang sebagai c gram.

$$\%ADF = \frac{c - b}{a} \times 100\%$$

### Penentuan *Neutral Detergent Fiber (NDF)*

1. Sampel sebanyak 0,5 gram (a gram) di masukkan ke dalam gelas piala berukuran 500 ml, serta di tambahkan dengan 50 ml larutan NDS dan 0,5 gram Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, Dipanaskan selama 1 jam.
2. Menimbang kaca masir sebagai b gram.
3. Melakukan penyaringan dengan bantuan pompa vakum dibilas dengan air panas dan acetone.
4. Hasil penyaringan tersebut dikeringkan dalam oven 105°C setelah itu dimasukkan lagi dalam eksikator selama 1 jam, kemudian dilakukan penimbangan akhir sebagai c gram.

$$\%NDF = \frac{a - b}{a} \times 100\%$$

Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$\% \text{ Hemisellulosa} = \%NDF - \% ADF$$

% Lignin dan Selulosa

1. Residu ADF (c gram) yang berada di dalam kaca masir diletakkan di atas nampan yang berisi air setinggi kira-kira 1 cm.
2. Ditambahkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 72% setinggi  $\frac{3}{4}$  bagian gelas kaca masir dan dibiarkan selama 3 jam sambil diaduk-aduk.

3. Penyaringan dilakukan dengan bantuan pompa vakum serta pencucian juga dilakukan seperti analisis sebelumnya.
4. Pengeringan dilakukan dengan menggunakan oven 105°C dan selanjutnya dilakukan pendinginan dengan desikator dan ditimbang sebagai berat akhir, yaitu e gram.

$$\% \text{ Selulosa} = \frac{c - e}{a} \times 100\%$$

5. Jika dibakar dalam tanur 500°C, didinginkan dalam desikator serta disimpan kembali sebagai berat akhir, yaitu f gram.

$$\% \text{ Lignin} = \frac{e - f}{a} \times 100\%$$

#### 1.4.3. Perhitungan Jumlah Koloni Jamur

Perhitungan jumlah koloni jamur berdasarkan *colony forming unit* (CFU) yang melapisi dinding tabung, dimulai pada hari ke 3 (72 jam). Metode yang digunakan adalah membuat suatu seri pengenceran dari sampel yang akan dianalisis dengan kelipatan 10. Dari masing-masing pengenceran diambil 1 ml kemudian diinokulasikan kedalam roll tube yang mengandung medium agar secara merata (Cappucino, 2001). Setelah diinkubasi dihitung jumlah koloni dalam tiap ml sampel. Hasil jumlah koloni yang diperoleh kemudian dikalikan dengan pengenceran.



Hasil analisa lignin, selulosa dan hemiselulosa dari setiap isolat jamur dicatat untuk diranking berdasarkan hasil dari analisa tersebut dan jumlah koloni jamur untuk selanjutnya dipilih Isolat jamur yang mampu menurunkan kandungan lignin dan tidak mempengaruhi kandungan selulosa dan hemiselulosa dari jerami padi, kulit buah kakao dan sekam serta mempunyai jumlah koloni yang besar.

### 1.5 Identifikasi.

Jamur yang terbaik dalam pengujian lignin, selulosa, hemiselulosa dan mempunyai jumlah koloni terbesar, ditumbuhkan pada media yang sama, adapun cara pembuatan media (Achmad dkk, 2011) yaitu : Serbuk kayu sebanyak 90-93% diayak untuk menghilangkan kotoran, dicampur dengan bekatul 6-9% dan  $\text{CaCO}_3$  1-2% sampai merata, lalu ditambahkan air sampai kadar air mencapai 60-70%. Media dikomposkan dimasukkan kedalam plastik polipropilena (PP)  $\frac{3}{4}$  dari tinggi wadah lalu ditutup dan disterilisasi media dengan suhu  $121^\circ\text{C}$  selama 20-30 menit kemudian didinginkan.

Setelah pembuatan media bibit selesai, dilakukan inokulasi jika suhu substrat pada bagian tengah wadah turun dibawah  $25^\circ\text{C}$ . Diperlukan 1 potongan ukuran 10 mm x 10 mm yang penuh ditumbuhi miselia untuk wadah spawn 250 ml. Setelah inokulasi dilakukan, spawn diinkubasi hingga seluruh substrat dalam wadah penuh ditumbuhi miselia. Pada hari ke-8 setelah

inokulasi, wadah biakan diguncang (digoyang) 1-2 kali untuk meratakan distribusi miselia dan mencegah lengket antar bijian. Pengguncangan dapat diulang tiap 3-4 hari. Diperlukan waktu sekitar 2 minggu bagi miselia untuk mengolonisasi substrat secara penuh.

Isolat jamur lignolitik yang telah ditumbuhkan dalam media serbuk kayu diidentifikasi dengan melihat bentuk tubuh buah jamur dan ukuran spora masing-masing jamur kemudian mencocokkan dengan buku pegangan (literatur), untuk menentukan jenis jamur yang diperoleh. Buku acuan yang digunakan adalah *The Fungi Vol IVB* (GC Ainsworth, FK Sparrow and AS Sussman, 1973) dan *A Preliminary Polypore Flora of East Africa* (L.Ryvarden and I Johansen, 1980).

## **Tahap II. Uji Kualitas Jerami Padi Hasil Fermentasi oleh Isolat Jamur Lignolitik**

Penelitian tahap II dilakukan untuk menjawab tujuan penelitian kedua yaitu menguji kualitas dan pencernaan masing-masing isolat jamur lignolitik yang telah diperoleh dari tahap I dengan level dan lama fermentasi yang berbeda pada substrat jerami padi. Pada tahap ini dilakukan langkah-langkah : pembuatan media tumbuh jamur, fermentasi oleh isolat jamur lignolitik, uji kualitas hasil fermentasi dengan melihat komposisi nutrisi berdasarkan analisa proksimat (protein kasar, serat kasar, lemak kasar dan BETN)

menurut AOAC (1990), ADF dan NDF serta menguji pencernaan bahan kering dan pencernaan bahan organik secara *In vitro*.

### **2.1. Pengomposan Media Tanam (Redaksi Agromedia, 2009)**

Media yang digunakan pada tahap ini adalah jerami padi dipotong-potong berukuran 10 cm, lalu dicuci bersih dengan air mengalir kemudian ditiriskan. Selanjutnya, rendam kapas 100 g, didalam air selama satu hari dan campurkan jerami 5 kg, bekatul 1 kg dan kapur 50 gram secara merata. Komposkan campuran jerami selama 10 hari. Agar proses pengomposan berjalan sempurna, media perlu dibalik-balik setiap harinya.

### **2.2. Fermentasi oleh Isolat Jamur Lignolitik**

Setelah proses pengomposan selesai, media tanam dikemas dalam kantong plastik tahan panas sebanyak 500 g. Media tanam dipadatkan menggunakan alat pengepres hingga bagian bawah plastik rata dan menyerupai log kayu (baglog). Ujung plastik dipasang ring, lalu ditutup dengan kapas dan penutup baglog. Tujuannya agar air tidak masuk kedalam baglog saat sterilisasi. Baglog dimasukkan kedalam autoclave pada suhu 121°C dan tekanan 1 atmosfer selama 1 jam. Diamkan selama 12 jam sebelum inokulasi dilakukan. Isolat jamur lignolitik yang telah ditumbuhkan dalam media serbuk kayu diinokulasikan ke dalam media tanam pada level 0, 5, 7,5 dan 10%, dan diinkubasikan pada 15 dan 30 hari. Setiap perlakuan

digunakan 3 kali ulangan, Masing-masing media tanam dimasukkan inokulum sesuai perlakuan kemudian ditutup secara rapat.

### **2.3. Uji Kualitas Hasil Fermentasi**

Setelah diinkubasi, pada substrat dilakukan uji pengamatan fisik (meliputi warna, bau, tekstur dan pH). Sampel hasil fermentasi dikeringkan dengan oven 55° C selama 3-4 hari, kemudian digiling dengan lubang penyaring berdiameter 1 mm, dan selanjutnya digunakan untuk penentuan analisa proksimat (protein kasar, serat kasar, lemak kasar dan BETN), ADF dan NDF. Prosedur kerja analisa proksimat sebagai berikut :

#### **a. Penetapan Kadar Protein Kasar**

- Timbang sampel 0,5 gram
- Masukkan kedalam labu khjedhal 100 ml
- Tambahkan kurang lebih 1 gram campuran selenium dan 10 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat (teknis).
- Labu khjedhal bersama isinya digoyangkan sampai semua sampel terbasahi dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- Destruksi dalam lemari asam sampai jernih
- Setelah dingin, dituang kedalam labu ukur 100 ml dan dibilas dengan air suling,
- Setelah dingin, menambahkan air suling sampai pada tanda garis.

- Siapkan labu penampung yang terdiri dari 10 ml  $\text{H}_3\text{BO}_3$  2% ditambah dengan 4 tetes larutan indikator campuran dalam erlenmeyer 100 ml
- Kemudian Pipet 5 ml larutan NaOH 30% dan air suling
- Suling hingga volume penampung menjadi lebih kurang 50 ml
- Kemudian Bilas ujung penyuling dengan air suling kemudian penampung bersama isinya dititrasi dengan larutan HCl atau  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,0129 N.

Penentuan kadar protein kasar dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kadar Protein Kasar} = \frac{V1 \times N \times 0,014 \times 6.25 \times P}{\text{Berat Sampel}} \times 100\%$$

Keterangan:

- V = Volume titrasi contoh  
 N = Normaliter larutan HCl atau  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
 P = Faktor pengencer 100/5

#### **b. Penentuan Kadar Serat Kasar**

- Timbang sampel 1-2 gram lalu dimasukkan kedalam tabung reaksi
- Tambahkan 30 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,3 N dan direfluks selama 30 menit
- Tambahkan 25 ml NaOH 1,5 N kemudian direfluks selama 30 menit dan disaring dengan menggunakan sintered glass no.1 sambil diisap dengan pompa vakum

- Cuci dengan menggunakan 50 cc air panas, 50 cc H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,3 N, 50 cc air panas dan 50 cc alkohol 96%.
- Keringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 8 jam atau biarkan bermalam lalu dinginkan dalam desikator selama 30 menit kemudian ditimbang (berat a).
- Tanurkan selama 3 jam lalu dimasukkan kedalam desikator selama 30 menit kemudian ditimbang (berat b).

Penentuan kadar serat kasar dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kadar Serat Kasar (\%)} = \frac{a - b}{\text{Berat sampel}} \times 100\%$$

Keterangan:

- a = berat sintered glass + sampel setelah oven  
 b = berat sintered glass + sampel setelah tanur

### c. Penetapan Kadar Lemak Kasar

- Timbang 2 gram sampel (a gram)
- Masukkan ke dalam tabung reaksi berskala 10 ml
- Tambahkan kloroform mendekati skala
- Tutup rapat kemudian kocok dan biarkan bermalam
- Himpitkan dengan tanda skala 10 ml dengan pelarut lemak yang sama (pakai pipet)
- Kocok hingga homogen

- Saring dengan kertas tissue ke dalam tabung reaksi
- Pipet 5 cc ke dalam cawan yang telah diketahui beratnya
- Ovenkan pada suhu 105°C selama 3jam atau biarkan bermalam
- Masukkan ke dalam desikator lebih kurang 30 menit
- Timbang (b).

Penentuan kadar lemak kasar dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar Lemak kasar} = \frac{p(b - a)}{\text{Berat sampel}} \times 100\%$$

Keterangan:

a. = Berat cawan kosong (gram)

b = Berat sampel + cawan setelah oven (gram)

P = Faktorpengenceran = 10/5 = 2

#### **d. Penetapan Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen (BETN)**

Penentuan Kadar BETN dilakukan dengan cara pengurangan angka 100% dengan persentase abu, protein kasar, lemak kasar dan serat kasar.

$$\text{BETN}(\%) = 100\% - (\text{abu} + \text{Protein Kasar} + \text{Lemak kasar} + \text{Serat kasar})$$

**Tahap III. Uji *In Vitro* dan *In Vivo* Jerami Padi Fermentasi.**

Pada tahap III dilakukan untuk menjawab tujuan penelitian kelima yaitu untuk melihat pencernaan bahan kering dan pencernaan bahan organik secara *in vitro* dan menguji secara *in vivo* pengaruh jerami padi fermentasi terhadap pertambahan bobot badan, konsumsi, pencernaan dan efisiensi pakan ternak yang mengkonsumsi.

### **3.1. Uji pencernaan bahan kering dan Bahan Organik Jerami Padi Fermentasi secara *in vitro* dengan Teknik Tilley dan Terry (General Laboratory Procedures, 1966 dalam Sunarso, 1984)**

Satu gram sampel dimasukkan dalam tabung fermentasi 50 ml, kemudian ditambahkan 8 ml cairan rumen dan 12 ml larutan penyangga Mc Dougall yang telah dibubule dengan CO<sub>2</sub>. Inkubasi anaerob dilakukan selama 24 jam pada suhu 39°C dalam penangas air bergoyang, pH dipertahankan pada ±6,8 dengan jalan mengalirkan gas CO<sub>2</sub> setiap 4 jam. Proses fermentasi dihentikan dengan menambahkan HgCl<sub>2</sub> jenuh untuk membunuh mikroba rumen.

Untuk pelaksanaan proses pencernaan hidrolitis dengan menggunakan larutan pepsin HCl maka dilakukan pemisahan supernatant dari endapan yaitu dengan sentrifugasi 12000 rpm selama 10 menit. Endapan yang diperoleh ditambah dengan 10 ml larutan pepsin 0,2% dalam 0,1 N HCl. Selanjutnya diinkubasi kembali (aerob) pada suhu 39°C selama 24 jam. Sisa sampel yang tidak dicerna dipisahkan dengan menyaring larutan melalui kertas saring Whatman no. 41 dengan bantuan pompa vakum.



Bahan kering diperoleh dengan mengeringkannya dalam oven 105°C selama 12 jam. Bahan organik diperoleh dengan menghitung selisih antara bahan kering dengan abu yang diperoleh dari pengabuan dalam tanur pada suhu 600°C selama 4 jam.

Perhitungan KCBK atau KCBO :

$$\text{KCBK (BO)} = \frac{\text{BK (BO) semula} - \text{BK (BO) residu}}{\text{BK (BO) semula}} \times 100\%$$

### 3.2. Uji *In Vivo* Jerami Padi Fermentasi.

Pada tahap ini menggunakan empat ekor kambing/domba ditempatkan pada kandang individu. Ransum basal yang digunakan adalah rumput gajah (*Pennisetum purpureum*). Pada setiap perlakuan ditambahkan dedak 500 gram untuk mencukupi kebutuhan hidup ternak kambing, air minum diberi secara *ad libitum*. Masing-masing petak dilengkapi dengan tempat pakan bersekat dan tempat air minum sehingga ternak hanya dapat mengkonsumsi pakan yang disediakan. Tahap ini berlangsung selama 4 periode. Pada setiap periode, masing-masing ternak memperoleh empat perlakuan ransum, yaitu :

R1 = 100 % Rumput Gajah (Kontrol)

R2 = 70% Rumput Gajah + 30% Jerami Padi Fermentasi

R3 = 30% Ransum Gajah + 70% Jerami Padi Fermentasi

R4 = 100% Jerami Padi Fermentasi

Pada penelitian ini terdiri atas dua tahap, tahap pertama yaitu adaptasi yang berlangsung selama 7 hari dengan maksud membiasakan ternak terhadap ransum yang akan diteliti dan menghilangkan sisa-sisa makanan dari waktu sebelumnya. Tahap kedua yaitu tahap koleksi yang berlangsung selama 3 hari. Pada setiap periode, dicatat berat badan awal dan akhir untuk mengetahui pertambahan berat badan (PBB), konsumsi dan jumlah feses masing-masing ternak untuk mengetahui pencernaan bahan kering, feses diambil sebanyak 10% dari berat total feses yang dihasilkan untuk analisa bahan kering. Pakan percobaan terdiri dari jerami padi fermentasi dan rumput gajah diberikan sesuai kemampuannya mengkonsumsi bahan kering ransum kambing didaerah tropis (Siregar, 1994), dengan rumus : DMI adalah kemampuan mengkonsumsi bahan kering ransum (g/hari)  $89-104,9/W^{0,75}$ . Pemberian dilakukan jam 09.00 WIB pagi dan jam 14.00 WIB. Parameter yang diukur pada tahap ini adalah :

$$PBB = BB_{aw} - BB_{ak}$$

Keterangan : PBB = Pertambahan Bobot Badan  
 BBaw = Berat Badan Awal Periode  
 BBak = Berat Badan Akhir Periode

Konsumsi Ransum = Ransum yang diberi (g) – Ransum yang sisa (g)

$$\text{Kecernaan BK (BO)} = \frac{\text{BK (BO) yang dikonsumsi} - \text{BK (BO) feses}}{\text{BK (BO) yang dikonsumsi}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi pakan} = \frac{\text{Pertambahan Bobot Badan}}{\text{Konsumsi Bahan kering}} \times 100\%$$

### E. ANALISA DATA

Pada tahap pertama data dianalisa secara deskriptif dan pada tahap kedua diolah menggunakan analisis sidik ragam Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola Rancangan Faktorial Sebagian (Gomez, 1995) dengan 4 level (0, 5, 7,5 dan 10 %) dan 2 lama fermentasi (15 dan 30 hari) pada setiap isolat jamur lignolitik terpilih, pada setiap perlakuan 3 ulangan ( $4 \times 2 \times 3 = 24$  perlakuan pada setiap isolate jamur lignolitik). Jika perlakuan berpengaruh nyata dilanjutkan dengan uji kurva respons untuk mengetahui level terbaik dalam penambahan isolat jamur lignolitik dan uji t untuk mengetahui perbedaan antar isolat (Steel and Torrie, 1993).

Pada penelitian *In vivo*, menggunakan analisis sidik ragam dengan Rancangan Bujur Sangkar Latin (RBSL)  $4 \times 4$  dan jika berpengaruh nyata dilanjutkan dengan uji Duncan untuk mengetahui perlakuan yang terbaik (Gaspersz, 1991).



## DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Mugiono, T.Arlianti dan C.Azmi. 2011. Panduan Lengkap Jamur. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Acunzo , F de, Galli C, Masci, B. 2002. Oxidation of Phenol by Laccase and Laccase Mediator System. *Journal Biochemistry* 269.
- Addleman K, Dumonceaux T, Paice MG, Bourbonnais R dan Archibald FS. 1995. Production and Characterization trametes versicolor Mutants unable to Bleach Hardwood Kraft Pulp. *Applied and Environmental Microbiology* 61.
- Aisworth GC, FK Sparrow and AS Sussman. 1973. *The Fungi*. Vol IV B. Academic Press, New York, San Fransisco, London.
- Akhtar M., R.A. Blanchette and T.K. Kirk. 1997. Fungal Delignification and Biomechanical Pulping of wood. *Advances in Biochemical Engineering Biotechnology*.
- Alexopoulos, J.C dan C.W. Mims. 1996. *Introductory Mycology*, 3<sup>rd</sup> ed. New York: John Wiley & Sons.
- Algamar, K. 1986. Posisi Rotan Indonesia dalam Pandangan Internasional. *Prosiding Lokakarya Nasional Rotan*, Jakarta. p. 209-304
- Amalia, Y. 2004. *Pemberian Tepung Isi Rumen Sapi pada Pakan dan Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan dan Metabolisme Burung Puyuh (Coturniz coturnix japonica) Umur 15 hingga 45 Hari*. Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati (SITH) - ITB <http://digilib.sith.itb.ac.id/gdl.php?mod=browse&op=read&id=jbptitbbi-gdl-1-2004-yusnitaama-1464&newlang=english&newtheme=gray>. Diakses 24 Mei 2012.
- Amirroenas, D. E. 1990. Mutu Ransum Berbentuk Pellet Dengan Bahan Serat Biomassa POD Coklat Untuk Pertumbuhan Sapi Perah Jantan. Tesis Fakultas Pascasarjana, Institute Pertanian, Bogor.
- Anggorodi. 1994. *Ilmu Makanan Ternak Umum*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

- Ansori, R. 1992. Teknologi Fermentasi. Arcan, Kerjasama dengan Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official Methods of Analysis, of The Association of Official Analytical Chemist, Washington, D.C.
- Arora, S.P. 1995. Pencernaan Mikrobial pada Ruminansia. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Artiningsih, T, Simbolon, H, Suhirman, Osaki M. 2000. Diversity of Aphyllophorales Fungi Isolated from Tanjung Puting National Park, Central Kalimantan and Its Potentiality for Lignin Decomposition. Berita Biologi 5.
- Aus, SD and Benson, J.T. 1993. The Fungus among Us: Use of White Rot Fungi to Biodegrade Environmental Pollutants. <http://ehpnet1.niehs.nih.gov/docs/1993/101-3/innovations.html>.
- Bachruddin, Z. 1992. Aplikasi Enzim dalam Bioteknologi Pertanian. Buletin Peternakan. Edisi Khusus. Fakultas Peternakan niversitas Gadjah Mada.
- Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Sulawesi Selatan. 2006. Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Kakao. [http://sulsel.litbang.deptan.go.id/index.php?option=com\\_content&task=view&id=229&Itemid=217](http://sulsel.litbang.deptan.go.id/index.php?option=com_content&task=view&id=229&Itemid=217) diakses pada tanggal 30 Maret 2012.
- Baldrian, P. 2003. Interaction of Heavy Metals with White- Rot Fungi, Enzyme and Microbial. Technol. 23.
- Baumgart, B.R. 1969. Voluntary Feed Intake. Dalam : E.S.E. Hafez and I.A. Dyer. (Ed), Animal Growth and Nutrition. Philadelphia.
- Brauns, F.E. 1952. The Chemistry of Lignin. Academic Press New Yorkk.
- Cappucino, J.G and N. Sherman. 2001. Microbiology; a Laboratory Manual. Addison Wesley Publishing Company. Inc. Canada.
- Carlile, M.J, Watkinson, S.C, Goodway, G.W. 2001. The Fungi. London: Academic Press.

- Chang, S.T. 1982. Mushroom Spawn. Dalam: Chan, S.T. and T.H. Quimio. Tropical Mushrooms: Biological Nature and Cultivation Methodes. The Chinese University Press. Hongkong.
- Chang, S.T. and and T.H. Quimio. 1982. Tropical Mushrooms Biological Nature and Cultivation Methodes. The Chinese University Press. Hongkong.
- Chesson, A and Forsberg, C.W. 1988. Polysaccharide Degradation by Rumen Mikroflora. In P>N. Hobson Ed. The Rumen Microbial Ecosystem. Elsevier Applied Science. London.
- Church, D.C. 1988. The Ruminant Animal Digestive Physiology and Nutrition. Prentice Hall, Englewood Cliffs. New Jersey. USA.
- Church, D.C. and W.G. Pond. 1988. Basic Animal Nutrition and Feeding. 2<sup>nd</sup> edition. John Wiley and Sons. New York.
- Crowder, L.V. and H.R. Chheda. 1982. Tropical Grassland Husbandry. Longman Group Ltd, London and New York.
- Crampton, E. W and L.E. Harris. 1969. Applied Animal Nutrition. 2<sup>nd</sup> Ed. W.H. Freeman and Company, San Fransisco.
- Crueger, W. and A. Crueger. 1989. Biotechnology : A Text-Book of Industrial Microbiology. Second Edition. Edited by Thomas D. Brock. Sinaeurr Associated Inc. Sunderland.
- Dewhurst, R.J, D.R. Davies and R.J. Merry. 2000. Microbial Protein Supply from The Rumen. J. Anim. Feed Sci & Tech. 85
- Dinas Perkebunan Propinsi Sulawesi Selatan, 2007. Luas Areal Dan Produksi Kakao di Sulawesi Selatan. Makassar.
- Dinkel, C.A. 1985. Weaning Wight of Beef Calves as affected by Ages and Sex of Calves and Ages of Dam, J. Anim. Sci.
- Ditjen Bina Produksi Peternakan Deptan. 2004. Pengembangan Kawasan Agribisnis Berbasis Peternakan.
- Djajanegara A. dan P.Sitorus. 1993. Problematika Pemanfaatan Limbah Pertanian untuk Makanan Ternak. Jurnal Litbang.

- Djajanegara, A. 1999. Local Livestock Feed Resources. In: Livestock Industries of Indonesia Prior to The Asian Financial Crisis. RAP Publication.
- Djarwanto. 1997. Pertumbuhan, Produktivitas dan Kemampuan Melapuk Kayu Sembilan Isolat Tiga Jenis Jamur *Pleurotus* pada Tiga Jenis Kayu Hutan Tanaman. Tesis Magister Sains Biologi. FMIPA, Universitas Indonesia.
- Domsch, K.H, W. Gams and T.H. Anderson. 1993. Compendium of Soil Fungi. Volume I. IHW Verlag, Eching.
- D'Souza TM, Boominathan K, Reddy. 1996. Isolation of Laccase Gene-Specific Sequences from White Rot and Brown Rot Fungi by PCR. *Appl Environ Microbiol* 42.
- Eaton, R.A and Hale, MDC. 1993. Wood Decay, Pests and Protection. London: Chapman and Hall.
- Ensminger, E.M. 1979. Animal Science. 4<sup>th</sup> Ed. The Inter State Printers of Publishers Inc. Denville, Illionis.
- Fahn, A. 1991. Anatomi Tumbuhan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Fengel, D and G. Wegener. 1995. Kayu : Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi. (Terjemahan). Gadjah Mada Univ. Peress.
- Ffoulkes, D and A. Bamualim. 1989. Improving The Nutrition Level of Drought Animal Using Animal Available Feeds. In Drought Animals in Rural Develaopment. ACIAR Proc.
- Gaman, P.M. dan K.B. Sherrington. 1992. Pengantar ilmu Pangan, Nutrisi dan Mikrobiologi. Edisi 2. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Gandjar, I, W.sjamsuridzal, A. Oetari. 2006. Mikologi Dasar dan Terapan. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Gasperz, V. 1991. Metode Rancangan Percobaan. CV. Armico, Bandung.
- Gascoyne, D.J. 1986. Consecutive Batch Culture-an In Vitro Technique for Studying Potensial Rument Manipulants. *J.Sci. Food Agric*.



- Gaur, A.C. 1981. Improving soil Fertility Through Organic Recycling : A Manual of Rural Composting. FAO/UNDP. Regional Project. Project Field Food and Agriculture Organization of the United Nations
- Getachewe, G, E.J. De Peters and P.H.Robinson. 2004. In Vitro Gas Production Provides Effective Method for Assessing Ruminant Feeds. California Agriculture, Volume 58.
- Gold, M.H and Alic, M. 1993. Molecular Biology of The Lignin-Degrading Basidiomycete *Phanerochaete chrysosporium*. *Mycrobiol Rev* 57.
- Gomez, K.A. and A.A Gomez. 1995. Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian. Terjemahan. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Griffin, D. 1994. Fungal Physiology. New York: John Wiley and Sons.
- Guang Z, Y.Hong, H.Hong dan C Yao, H guo and L Jian. 2006. Lacase Activities of a Soil Fungus *Penicillium simplicissimum* in Relation to Lignin Degradation. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 22 (4).
- Hammel K.E. 1996. Extracellular free radical biochemistry of ligninolytic fungi. *New J Chem* 20:195-198.
- Hammel, K.E.1997. Fungal Degradation of Lignin. <http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/PDF/1997/hamme97a.pdf>.
- Harahap, N. 1987. Petunjuk Teknik Penggunaan Limbah Pertanian dan Teknologi Pengolahannya Untuk Pakan Ruminansia. Proceeding Bioconversion Project Second Workshop on Crop Residues for Feed and Other Purposes, Grati.
- Hardjo, S.N, Indrastuti dan T. Barbacut. 1989. Biokonversi: Pemanfaatan Limbah Industri Pertanian. PAU Pangan dan Gizi IPB, Bogor.
- Harris, L. E. 1970. Nutrition Research Technique for Domestic and Wild Animals. Animal Science Department Utah State University.
- Hartadi, H. 1980. Prediction of The Quality of Tropical Grasses for Ruminant by Laboratorium Analysis by Summative Equations. Thesis. Dept of Anim Science. Univ of Florida. Gainesville. USA.

- Hatakka, A. 1994. Lignin Modifying Enzyme from Selected White Rot Fungi: Production and Role in Lignin Degradation. *FEMS Microbiol Rev* 13.
- Hatfield, R.D. 1989. Structural Polysaccharides in Forage and Their Degradability. *Agron, J.* 81.
- Heinzkill, M., and K. Messner. 1997. *The ligninolytic system of fungi*, p. 213-227. In T. Ankc (ed.).
- Higley, T.L and Dashek, W.V. 1998. Biotechnology in The Study of Brown and White Rot Decay. Di dalam Bruce A, Palfreyman JW, Editor. Forrest Products Biotechnology. London: Taylor and Francis Ltd.
- Hungate, R.E. 1996. The Rumen and Its Microbes. Departemen of Bacteriology and Agriculture Experiment Univ. Of California Academic Press, New York.
- Jackson, M.G. 1978. Rice Straw as Livestock Feed. World Animal Review, Food and Agriculture Organization of The United Nation, Rome.
- Jafar, M.D. dan A. Hasan. 1990. Optimum Steaming Condition of OPF for Feed Utilization Processing and Utilization of Oil Palm by Products for Ruminant Mardi-Tarc Collaborative Study Malaysia.
- Jayasuriya, M.C and H.G.D. Parera. 2002. The Utilizations of Fibrous Residues in South Asia Departement of Animal Husbundry. Faculty of Agriculture, Universitas Paradenya. Paradenya, Sri Langka.
- Jung, H.G. 1989. Forage Lignins and Their Effects on Feed Digestibility. *Agron. J.* 81.
- Kaal, EEJ, Field JA and Joice, TW . 1995. Increasing Ligninolytic Enzyme Activities in Several White Rot Basiddiomycetess by Nitrogen Sufficient Media. *Biosource Technology* 53.
- Katagiri N, Tsutsumi Y, Nishida, T. 1995. Correlation of Brightening with Cumulative Enzyme Activity Related to Lignin Biodegradation during Biobleaching of Kraft Pulp by White-Rot Fungi in The Solid State Fermentation System. *J Appl Environ Microbiol* 4.
- Kerem, Z and Hadar, Y. 1998. Lignin Degrading Fungi. Mechanisms and utilization. Dalam: Altman A, Editor. *Agricultural Biotechnology*. New York: Marcel Dekker.

- Kirk, T.K. and Cowling, E.B. 1984. Biological Decomposition of Solid Wood. Dalam: Rowell, R.M, Editor. The Chemistry of Solid Wood. Washington DC: American Chemical Society.
- Leatham G.F, Crawford R.L and Kirk, T.K. 1983. Degradation of Phenolic Compounds and Ring Cleavage of Catechol by *Phanerochaete chrysosporium*. *J Appl Environ Microbiol* 46.
- Lebdoesoekojo, S. 1982. Pemanfaatan Limbah Pertanian untuk Menunjang Kebutuhan Pakan Ruminansia. *Perternuan Ilmiah Ruminansia Besar Deptan, Bogor*.
- Lynd L.R., P.J. Weimer, W.H. van Zyl WH and I.S. Pretorius. 2002. Microbial Cellulose Utilization: Fundamentals and Biotechnology. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* **66**(3)
- Mahmood K.Y Wei-jun, K. Nazir, RZ Iqbal and AG Abdullah. 2006. Study of Cellulolytic soil Fungi and Two Nova Spesies and Medium. *Journal of Zheijiang University* 7(6).
- Maggy, T.S. 1989. Enzim dan Bioteknologi. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Antar Universitas Bioteknologi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Mariyono dan E. Romjali. 2007. Petunjuk Teknis Teknologi Inovasi Pakan Murah untuk Usaha Pembibitan Sapi Potong. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.
- Martawidjaja, M dan M. Rangkuti. 1988. Pengaruh Suplementasi Bungkil Bii Kapuk dengan Hijauan Dasar Rumput Gajah pada Anak Domba. *Proceeding Pertemuan Ilmiah Ruminansia*. Jilid 2. Balai Penelitian Ternak Ciawi, Bogor.
- Menke, K.H. and H. Steingass. 1988. Estimation of The Energetic Feed Value Obtained from Chemical Analysis and In Vitro Gas Production Using Rumen Fluid. In: *Animal Research and Development*. Volume 28.
- Misra, A.K, Mishra A.S, Tripathi, M.K, Prasad R, Vaithiyyanathan S, Yakhmola, R.C. 2007. Optimization of Solid State Fermentation of

- Mustard (*Brassica Campestris*) Straw for Production of Animal Feed by White Rot Fungi (*Gonoderma lucidum*). Asian-Aus J Anim Sci 20.
- Moore, E and Landecker, E. 1996. Fundamentals of The Fungi. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Morrison, F.B. 1986. Feed and Feeding.. 21th Ed. The Iowa State University Press, Iowa.
- Muchtadi, D, Nur Heni, S.P dan Made Astawan. 1992. Enzim dalam Industri Pangan. Depdikbud. Dirjen Dikti, PAU Pangan dan Gizi IPB, Bogor.
- Murni, R, Suparjo, Akmal, dan B.L.Ginting. 2008. Buku Ajar Teknologi Pemanfaatan Limbah untuk Pakan. Laboratorium Makanan Ternak. Fakultas Peternakan universitas Jambi.
- Nelson, D.C and M.C. Michael. 2000. Lehninger Principle of Biochemistry. 3<sup>rd</sup> Ed. Worth Publishers, New York.
- Onions, A.H.S, D.Allsopp and H.O.W. Higgins. 1981. Smith's Introduction to Industrial Mycology. 7<sup>th</sup> edition. Edward Arnold (Publishers) Ltd. London.
- Paul, E.A. 1992. Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry. Elsevier Inc. Canada.
- Pell, A.Nn D.J.R. Cherney and J.S. Jones. 1993. Technical note: Forage In Vitro Dry Matter Digestibility as influenced by Fibre Source in The Donor Cow Diet. J. Animal Sci 71.
- Perez J., J. Munoz-Dorado, T. de la Rubia and J. Martinez. 2002. Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: an overview. Int. Microbiol.
- Prawirokusumo, S. 1994. Teknologi Pakan dalam Pembangunan Nasional. Buletin Fakultas Peternakan Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Prayitno. 1997. Purifikasi and Analisis Kinetika Reaksi Enzim Selulosa dari *Aspergillus Niger* L-23. Tesis S2. Program Pascasarjana Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

- Preston, T.R. and R.A. Leng. 1987. Matching Ruminant Production System with Available Resources in The Tropics and Subtropics. Penambul Books Armidale, Australia.
- Rachman, A. 1989. Teknologi Fermentasi. PAU Pangan dan Gizi IPB. Bogor.
- Rangkuti, M. 1984. Meningkatkan Pemakaian Jerami Padi sebagai Pakan Ternak Ruminansia dengan Suplementasi. Proceeding Bioconversion Project Second Workshop on Cropresiduest for Feed and Other Purposes, Granti.
- Rarumangkay, J. 2002. Pengaruh Fermentasi Isi Rumen Sapi oleh *Trichoderma viridie* terhadap Kandungan Serat Kasar dan Energi Metabolis pada Ayam Broiler. Program Pasca Sarjana, UNPAD, Bandung
- Redaksi Agromedia. 2009. Buku Pintar Bertanam Jamur Konsumsi Tiram, Kuping, Shiitake, Merang dan Champignon. PT. Agromedia Pustaka.
- Reid, ID. 1995. Biodegradation of Lignin Canadian Journal of Botany: 73
- Reno, F. 2006. Penapisan, Optimasi dan Karakterisasi Selulase Khamir dari Taman Nasional Gunung Halimun, Jawa Barat. Tesis Magister Sains Biologi, FMIPA, Universitas Indonesia. Depok.
- Roesmanto, J. 1991. Kakao Kajian Sosial Ekonomi. Aditya Media, Yogyakarta.
- Rouzbehan Y, Fazaeli H dan Kiania A. 2001. The Chemical Composition and Digestibility of Wheat Straw Treated with Urea and White Rot Fungi.
- Sanchez, C. 2009. Lignocellulosic Residues : Biodegradation and Bioconversion by Fungi. Biotechnology Advances 27.
- Saparrat MCN, Guillen, F, Arambarri AM, Martinez AT and Martinez MJ. 2002. Induction, Isolation and characterization of Two Laccases from The White Rot Basidiomycete *Coriolosis rigida*. Applied and Environmental Microbiology 68.
- Sarkar, S, Martinez AT, Martinez MJ. 1997. Biochemical and Moleculler Characterization of a Manganese Peroxidase Isoenzyme from *Pleurotus ostreatus*. Biochemica et Biophysica Acta 1339.

- Sarwono, B. 2003. Penggemukan Sapi Potong secara Cepat. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Sastradipradja, D. 1981. Feeding Stuffs from the Residues of Agricultural Industry. Proceeding Bioconversion Project Second Worksho on Crop Residues for p Feed and Other Purposes, Grati.
- Schneider, B.H. and W.P. Flatt. 1975. The Evaluation of Feed Trough Digestibility Experiments. University of Georgia Press, Athens.
- Siregar, T.T.S., S. Riyadi dan L. Nuraeni. 1992. Budidaya Pengolahan Dan Pemasaran Coklat. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Siregar, S. B. 1994. Ransum Ternak Ruminansia. Penebar swadaya.
- Sitorus, S.S. 1986. Pemberian Suplementasi Daun Lamtoro Pada Kambing Yang Mendapat Jerami Padi Sebagai Ransurn Pokok. Proceeding Bioconversion Project Second Workshop on Crop Residues for Feed and Other Purposes, Grati.
- Sjamsuridzal, W. 2004. Eksplorasi Keanekaragaman Khamir pada Ekosistem Mangrove dan Kajian Potensinya dalam Bioremediasi. Laporan Riset Unggulan Terpadu. Kementerian Riset dan Teknologi dan Lembaga Pengetahuan Indonesia.
- Smith, J.E. 1990. Prinsip Bioteknologi. PT. Gramedia, Jakarta. Institut National De La Recherche Agronomique. INRA, Paris.
- Smith, J.E. and K.E. Aidoo. 1988. Growth of Fungi on Solid Substrates in Physiology of Industrial Fungi. Blackwell Scientific Publ, Oxford.
- Smith, D.H and A.A. Adegbola. 1982. Studies of feeing value of agroindustrial by product and feeding value of cacao pods for cattle. Tropical Animal Production, 7 : 290-295.
- Soejono, M.R.Utomo dan Widyantoro. 1987. Peningkatan Nilai Nutrisi Jerami Padi dengan Berbagai Perlakuan. Proceeding Bioconversion Project Second Workshop on Crop Residues for Feed and Other Purposes, Grati.

- Soilman, H, Hamza AS, Shinnawy El MM. 2000. Effect of incubation Periods with White Rot Fungi on The Nutritive Value of Corn Stalks. <http://www.actahort.org/books/608/>
- Souza, TM de, Merrit CS, Reddy CA. 1999. Lignin Modifying Enzymes of The White Rot Basidiomycete *Ganoderma lucidum*. *Applied and Environmental Microbiology* 65.
- Srebotnik, E, Jensen KA dan Hammel KE. 1998. Cleavage of Nonphenolic Lignin Structure by Laccase in The Presence of 1-Hydroxibenzotriazole.
- Srinivasan C, D'Souza T, Boominathan K, Reddy CA. 1995. Demonstration of Laccase in The White Rot Basidiomycete *Phanerochaete Chrysosporium* BKM-F1767. *J App Environ Microbiol* 61.
- Stanbury, P.F. and A. Whitaker. 1984. *Principle of Fermentation Technology*. Pergamon Press Ltd, England.
- Steel, R.G.D and J.H. Torrie. 1993. *Prinsip dan Prosedur statistika suatu Pendekatan Biometrik*, Jakarta. Terjemahan PT Gramedia.
- Steffen, K.T. 2003. Degradation of recalcitrant biopolymers and polycyclic aromatic hydrocarbons by litter-decomposing basidiomycetous fungi. [disertasi]. Helsinki: Division of Microbiology Department of Applied Chemistry and Microbiology Viikki Biocenter, University of Helsinki:
- Sugiprihartini, D. 1998. Pengaruh Sumber Karbon terhadap Aktivitas Lignolitik *Ganoderma* spp. Skripsi. Bogor: Departemen Biologi FMIPA, IPB.
- Suhamo, B. dan Nazaruddin. 1994. *Ternak Komersil. Penebar Swadaya*, Jakarta.
- Sunarso. 1984. Mutu Protein Limbah Agro-Industri ditinjau Dari Kinetika Perombakannya oleh Mikroba Rumen dan Potensinya dalam Menyediakan Protein bagi Pencernaan Pasca Rumen. Fakultas Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Suparjo. 2000. *Analisis Secara Kimiawi*. Fakultas Peternakan Universitas Jambi.

- Suparjo. 2008. Degradasi Komponen Lignoselulosa oleh Kapang Pelapuk Putih. Jajo 66.Wordpress.com
- Sutardi, T. 1980. Landasan Ilmu Nutrisi Departemen Ilmu Makanan Ternak, Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor.
- Tangdilintin, F.K. 1992. Feed Digestibility Estimation in Ruminants by In Vitro Method. BIPP Unhas, Ujung Pandang.
- Tarmansyah, U.S. 2007. Pemanfaatan Serat Rami untuk Pembuatan Selulosa. Buletin Balitbang Deptan, STT No.2289 Volume 10 No.18 Litbang Pertahanan Indonesia, Jakarta Selatan.
- Tilley, J.M.A. and R.A. Terry. 1963. A Two Stage Technique for In Vitro Digestion of Forage Crops. J. British Grassland. Vol 18.
- Tillman, A.D., H. Hartadi., S. Reksohadiprodjo., S. Prawirokusumo dan S. Lebdoesoekojo. 1998. Ilmu Makanan Ternak Dasar. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Van Soest P. J. 1976. New Chemical Methods for Analysis of Forages for The Purpose of Predicting Nutritive Value. Pref IX International Grassland Cong.
- Van Soest, P.J. 1982. Nutritional Ecology of The Ruminant. Cornell University Press. Ithaca. New York.
- Vares. T, and Hatakka, A. 1997. Lignin-Degrading Activity and Ligninolytic Enzyme of Different White- Rot Fungi; Effect of Manganese and Malonate. Con J Bot 75.
- Walter, H.G. and G.O. Kohler. 1978. Treated and Untreated Cellulosic Wastes and Animal Feeds. Recents Work Interaksi The United States of America.
- Wiyono, D.B, B. Sarjono, Haryono dan D. Wibowo. 1988. Prinsip-Prinsip Teknologi Fermentasi. PAU Pangan Gizi, Universitas Gadjah Mada.
- Wilson KB and Walter, M. 2002. Development of Biotechnology Tool Using New Zealand White Rot Fungi to Degrade Pentachlorophenol. Hasil Presentasi pada Waste Management Institute New Zealand. <http://www.hortresearch.co.nz/files/2002/biorem-wasteminz.pdf>.



- Yang JS, HL Yuan, HXWang and WX Chen. 2005. Purification and Characterization of Lignin Peroxidases from *Penicillium decumbens* P6. World Journal of Microbiology and Biotechnology.
- Yong, T.A. and P.C. Leong. 1983. A Guide to Cultivation of Edible Mushrooms in Singapore. Agricultural Handbook No. 6. Primary Production Departement, Ministry of National Development, Republic of Singapore.
- Young, R. 1986. Cellulosa Struktura Modification and Hydrolysis. New York.
- Yunilas. 2009. Bioteknologi Jerami Padi Melalui Fermentasi Sebagai Bahan Pakan Ternak Ruminansia. Karya Ilmiah. Departemen Peternakan Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Yunus, M. 1997. Pengaruh Umur Pematangan dan Spesies Rumput terhadap Produksi, Komposisi Kimia, Kecernaan In Vitro dan In Sacco. Thesis S2. Fakultas Pascasarjana. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.