

LIMBAH SAGU FERMENTASI SEBAGAI PAKAN ALTERNATIF UNGGAS

Prof. Dr. Nuraini



Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi
(LPTIK) Universitas Andalas

LIMBAH SAGU FERMENTASI SEBAGAI PAKAN ALTERNATIF UNGGAS

Prof. Dr. Nuraini

**Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi
(LPTIK)
Universitas Andalas**

Pakan Non Konvensional Fermentasi Untuk Unggas

Prof. Dr. INuraini

ISBN :

978-602-1650-56-1 (Cetak)

978-602-60613-9-3 (Elektronik)

Tata Letak :

Handoko

Desain Sampul :

Multimedia LPTIK

Penerbit:

Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan

Email: sekretariat_lptik@unand.ac.id

Komunikasi (LPTIK)

Universitas Andalas

Lantai Dasar Gedung Perpustakaan PusatKampus Universitas

AndalasJl. Dr. Mohammad Hatta Limau Manis, Padang,

Sumatera Barat, Indonesia

Web: www.lptik.unand.ac.id

Telp. 0751-775827 - 777049

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah swt atas rahmat dan karuniaNya, Alhamdulillah Hirabbil Aalamiinn.... sehingga dapat diselesaikannya buku dengan judul” **Limbah Sagu Fermentasi Sebagai Pakan Alternatif Ternak Unggas**”. Buku ini merupakan salah satu referensi bagi mahasiswa strata 1 yang mengambil mata kuliah Mikrobiologi Terapan, Pengetahuan Bahan Pakan, Teknologi Pengolahan Pakan dan ilmu Nutrisi Unggas dan mahasiswa pascasarjana strata dua (S2) dengan mata kuliah Teknologi Pemrosesan Bahan Baku Pakan, Bioteknologi Pakan Lanjut, dan mahasiswa pasca sarjana strata tiga (S3) dengan mata kuliah Mikrobiologi Industri Pakan. Disamping itu buku ini juga dapat digunakan oleh praktisi peternakan dan masyarakat umumnya yang bergerak dibidang peternakan.

Buku ini ditulis memuat rangkuman hasil-hasil penelitian penulis, dan materi yang juga berasal dari jurnal-jurnal penelitian tentang peningkatan kualitas bahan pakan secara biologi melalui fermentasi. Limbah sagu tidak memiliki ekonomi, tetapi masih mengandung zat-zat makanan yang dapat dimanfaatkan ternak terutama sebagai sumber energi dan jika diolah nilai nutrisinya bisa ditingkatkan dan dapat digunakan sebagai sumber energi pengganti jagung. Pemanfaatan produk fermentasi asal limbah sagu dapat dijadikan sebagai pakan alternatif yang mengurangi penggunaan jagung dalam susunan ransum broiler dan dapat pula mencegah pencemaran lingkungan karena bau busuk yang dikeluarkannya.

Buku ini terdiri atas 5 Bab. Bab I berisikan informasi tentang ketersediaan limbah sagu sebagai pakan unggas, kandungan nutrisi limbah sagu dan pemanfaatannya sebagai pakan unggas serta kendala pemberiannya dalam ransum unggas. Bab II memaparkan pengolahan secara biologi yaitu

fermentasi yang dilakukan terhadap limbah sagu sebagai pakan unggas. Bab III, menjelaskan profil nutrisi limbah sagu fermentasi dengan kapang selulolitik, karotenoid dan ligninolitik. Bab IV berisikan informasi tentang respon unggas terhadap pemanfaatan produk fermentasi pada ternak ayam pedaging, ayam petelur, puyuh petelur dan itik petelur. Bab V penutup, berisikan rangkuman isi buku ini.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi khususnya DP2M Dikti yang telah member dana skim penelitian Hibah Bersaing pada tahun 2007-2008, juga Strategis Nasional tahun 2009- 2010 dan Hibah Kompetensi tahun 2014 dan 2015 untuk pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada pimpinan Universitas Andalas, Rektor Universitas Andalas, Dekan Fakultas Peternakan, Lembaga Penelitian Universitas Andalas yang telah memfasilitasi penulis dalam pelaksanaan penelitian dan pembuatan laporan sehingga bisa ditulis hasilnya menjadi sebuah buku.

Pada kesempatan ini penulis menghaturkan terimakasih yang sebesar besarnya kepada Bapak Prof. Dr. Mirzah, M. Nur,MS dan bapak Prof.Dr. Maria Endo Mahata,MS yang telah berkenan dan bersedia untuk menjadi editor pada buku ini, semoga amal ibadah beliau dilipat gandakan oleh Allah swt.

Selanjutnya penulis sangat terbuka menerima saran dan kritik dari pembaca untuk kesempurnaan buku ini di masa yang akan datang dan harapan penulis semoga buku ini dapat bermanfaat bagi pembaca semua, Aamiin,,YRA.

Padang, April 2015

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii

BAB I POTENSI LIMBAH SAGU SEBAGAI PAKAN.....	1
---	----------

BAB II PENINGKATAN KUALITAS MELALUI TEKNOLOGI FERMENTASI	4
2.1 Fermentasi dengan Kapang Karotenoid	4
2.1.1 Kapang <i>Neurospora crassa</i>	6
2.1.2 Kapang <i>Monascus purpureus</i>	8
2.2 Fermentasi dengan Kapang Selulolitik	9
2.2.1 Kapang <i>Penicillium sp</i>	9
2.3 Fermentasi dengan Kapang Ligninolitik dan Selulolitik	10
2.3.1 Kapang <i>Phanerochaeta chrysosporium</i>	10

BAB III PROFIL LIMBAH SAGU PASCA FERMENTASI	13
3.1 Profil Limbah Sagu Fermentasi dengan <i>Neurospora crassa</i>	13
3.1.1 Penentuan Komposisi dan Ketebalan Substrat.....	13
3.1.2 Penentuan Dosis Inokulum dan Lama Fermentasi.....	17
3.1.2.1 Kandungan β Karoten.....	19

dengan <i>Neurospora crassa</i> terhadap Unggas	45
4.1.1 Penggunaan Limbah Sagu Fermentasi dengan <i>Neurospora crassa</i> terhadap Broiler (umur 0-6 minggu) ..	45
4.1.2 Penggunaan Limbah Sagu Fermentasi dengan <i>Neurospora crassa</i> terhadap Ayam Petelur (umur 42-52 minggu)	62
4.1.3 Penggunaan Limbah Sagu Fermentasi dengan <i>Neurospora crassa</i> terhadap Itik Petelur.....	73
4.2 Penggunaan Limbah Sagu Fermentasi dengan <i>Monascus purpureus</i> terhadap Unggas.....	85
4.2.1 Penggunaan Limbah Sagu Fermentasi dengan <i>Monascus purpureus</i> Terhadap Puyuh Petelur.....	85
4.3 Penggunaan Limbah Sagu Fermentasi dengan <i>Pennicilium sp</i> Terhadap Broiler.....	96
4.3.1 Konsumsi Ransum Broiler.....	96
4.3.2 Pertambahan Bobot Badan Broiler	97
4.3.3 Konversi Ransum Broiler.....	99

BAB V PENUTUP.....101

UCAPAN TERIMAKASIH.....103

REFERENSI104

SENARAI115

INDEKS119

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kandungan β karoten (%) LSATF dengan <i>N. crassa</i> yang dipengaruhi komposisi dan ketebalan substrat	14
2. Kandungan protein kasar (%) LSATF dengan <i>N. crassa</i> yang dipengaruhi komposisi dan ketebalan substrat	16
3. Kandungan β karoten ($\mu\text{g/g}$) LSATF dengan <i>N. crassa</i> yang dipengaruhi komposisi dan ketebalan substrat	20
4. Kandungan protein kasar (%) LSATF dengan <i>Neurospora crassa</i> yang dipengaruhi dosis inokulum dan lama fermentasi	23
5. Kandungan serat kasar (%) LSATF dengan <i>Neurospora crassa</i> yang dipengaruhi dosis inokulum dan lama fermentasi	25
6. Kandungan BETN (%) LSATF dengan <i>Neurospora crassa</i> yang dipengaruhi dosis inokulum dan lama fermentasi	27
7. Aktivitas Enzim (Amilase, Protease dan Selulase) kapang <i>Neurospora crassa</i>	28
8. Kandungan monakolin ($\mu\text{g/g}$) LSATF dengan <i>Monascus purpureus</i>	32
9. Kandungan protein kasar (%) LSATF dengan <i>Monascus purpureus</i>	33
10. Kandungan serat kasar (%) LSATF dengan <i>Monascus purpureus</i>	36

11.	Kandungan protein kasar LSATF dengan <i>Pennicilium sp</i>	37
12.	Kandungan serat kasar LSATF dengan <i>Pennicilium sp</i>	39
13.	Kandungan protein kasar LSATF dengan <i>Phanerochaete chrysosporium</i> dan <i>Neurospora crassa</i>	41
14.	Kandungan serat kasar LSATF dengan <i>Phanerochaete chrysosporium</i> dan <i>Neurospora crassa</i>	42
15.	Retensi nitrogen broiler yang diberi LSATF dengan <i>Phanerochaete chrysosporium</i> dan <i>Neurospora crassa</i>	43
16.	Konsumsi ransum broiler yang diberi LSATF dengan <i>Neurospora crassa</i>	46
17.	Pertambahan bobot badan broiler yang diberi LSATF dengan <i>Neurospora crassa</i>	49
18.	Konversi ransum broiler yang diberi LSATF dengan <i>Neurospora crassa</i>	53
19.	Retensi nitrogen dan rasio efisiensi protein broiler yang diberi LSATF dengan <i>Neurospora</i> <i>crassa</i>	55
20.	Karkas dan kolesterol (daging dan darah) broiler yang diberi LSATF dengan <i>Neurospora crassa</i>	57
21.	IOFC/Pendapatan kotor usaha broiler yang diberi LSATF dengan <i>Neurospora crassa</i>	61
22.	Konsumsi ransum ayam petelur yang diberi LSATF dengan <i>Neurospora crassa</i>	63
23.	Bobot telur ayam yang diberi LSATF dengan <i>Neurospora crassa</i>	65

24.	Produksi <i>Hen-Day</i> dan massa telur ayam ras yang diberi LSATF dengan <i>Neurospora crassa</i>	67
25.	Konversi ransum ayam petelur yang diberi LSATF dengan <i>Neurospora crassa</i>	69
26.	Kolesterol telur dan warna kuning telur ayam yang diberi LSATF dengan <i>Neurospora crassa</i>	70
27.	Konsumsi ransum itik petelur yang diberi LSATF dengan <i>Neurospora crassa</i>	73
28.	Produksi telur itik petelur yang diberi LSATF dengan <i>Neurospora crassa</i>	75
29.	Berat telur itik petelur yang diberi LSATF dengan <i>Neurospora crassa</i>	76
30.	Massa telur itik petelur yang diberi LSATF dengan <i>Neurospora crassa</i>	77
31.	Konversi ransum itik petelur yang diberi LSATF dengan <i>Neurospora crassa</i>	78
32.	Kolesterol telur itik	80
33.	Kadar lemak kuning telur itik petelur yang diberi LSATF dengan <i>Neurospora crassa</i>	82
34.	Warna kuning telur itik petelur yang diberi LSATF dengan <i>Neurospora crassa</i>	83
35.	IOFC/Pendapatan kotor usaha ayam petelur yang diberi LSATF dengan <i>Neurospora crassa</i>	84
36.	Konsumsi ransum puyuh petelur yang diberi LSATF dengan <i>Monascus purpureus</i>	85
37.	Produksi telur harian / <i>quail day production</i> (%) puyuh yang diberi LSATF dengan <i>Monascus purpureus</i>	87
38.	Berat telur puyuh yang diberi LSATF dengan <i>Monascus purpureus</i>	90

39.	Pertambahan bobot badan puyuh (%) yang diberi LSATF dengan <i>Monascus purpureus</i>	92
40.	Massa telur puyuh yang diberi LSATF dengan <i>Monascus purpureus</i>	94
41.	Konversi ransum puyuh yang diberi LSATF dengan <i>Monascus purpureus</i>	95
42.	Konsumsi ransum broiler yang diberi LSATF dengan <i>Pennicilium sp</i>	96
43.	Pertambahan bobot badan broiler yang mengkonsumsi LSATF dengan <i>Pennicilium sp</i>	98
44.	Konversi ransum broiler yang mengkonsumsi LSATF dengan <i>Pennicilium sp</i>	99

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pertumbuhan <i>Neurospora crassa</i>	21
2. Permukaan respon kandungan β karoten produk LSATF pada beberapa dosis inokulum dan lama fermentasi	22
3. Fermentasi LSATF dengan <i>Monascus purpureus</i>	34
4. Produk LSATF dengan <i>Penicillium sp</i>	38
5. Pola konsumsi ransum broiler setiap minggu yang menggunakan LSATF dengan <i>Neurospora crassa</i>	48
6. Pola penambahan bobot badan broiler setiap minggu yang menggunakan LSATF dengan <i>Neurospora crassa</i> .	52
7. Produksi telur puyuh (%) setiap minggu selama penelitian	89

BAB I

POTENSI LIMBAH SAGU SEBAGAI PAKAN

Dalam usaha peternakan unggas, faktor yang memerlukan perhatian utama dalam proses pemeliharaan ternak adalah pakan, karena biaya pakan merupakan pengeluaran yang terbesar dalam usaha peternakan, sehingga menimbulkan permasalahan dalam pengembangan usaha peternakan. Biaya pakan yang tinggi disebabkan sebagian besar dari bahan pakan tersebut masih merupakan bahan impor seperti jagung dan konsentrat yang harganya mahal. Untuk menanggulangi masalah tersebut diperlukan pencarian pakan alternatif yang penggunaannya tidak bersaing dengan kebutuhan manusia, masih memiliki kandungan gizi, mudah di dapat, harga relatif murah dan aman di konsumsi oleh ternak seperti limbah sago. Limbah sago mempunyai potensi yang baik untuk digunakan sebagai bahan makanan yang berfungsi sebagai sumber energi untuk menggantikan sebagian jagung atau biji - bijian lain dalam ransum unggas.

Limbah atau ampas sago (*Metroxylon sago* Rotb) merupakan limbah hasil pertanian yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan alternatif bagi ternak. Ampas sago adalah limbah padat pada pembuatan tepung sago. Pengolahan sago menjadi tepung sago menghasilkan limbah yang cukup banyak, baik berupa limbah padat ataupun limbah cair. Limbah padat sago belum dimanfaatkan secara optimal dan biasanya dibuang.

Tanaman sagu (*Metroxylon sago*) termasuk tumbuhan monokotil dari keluarga *palmae*, genus *Metroxylon* dan ordo *Spadiciflorae*. Sagu dari genus *Metroxylon* secara garis besar digolongkan menjadi dua, yaitu: pertama *Pleonanthic* adalah *Metroxylon* yang berbunga/berbuah dua kali dan kedua *Hapaxanthic* adalah *Metroxylon* berbunga/berbuah satu kali. *Metroxylon* adalah jenis sagu yang paling luas penyebarannya, dapat tumbuh pada ketinggian sampai 700 meter di atas permukaan laut dan tumbuh optimal pada ketinggian 400 meter di atas permukaan laut (Warintek, 2010).

Luas areal tanaman sagu Indonesia saat ini adalah sekitar 1.200.000 Ha (53% dari luas areal tanaman sagu dunia yaitu 2.250.000 Ha) dan luas areal budidaya sagu lebih kurang 148.000 Ha (Jsuherman, 2009). Ketersediaan limbah sagu pada tahun 2006 di daerah Mentawai Sumatera Barat cukup melimpah yaitu sebesar 14.000 ton yang diperkirakan dari produksi tepung sagu 3500 ton, jika ratio tepung sagu dan limbah sagu adalah 1 : 4 (BPS, 2007). Ketersediaan limbah /ampas sagu cukup banyak dibandingkan sagu, karena menurut Rumalatu (1988) rendeman pengolahan sagu hanya sekitar 14% sehingga sekitar 86% berupa limbah /ampas sagu yang bercampur dengan sisa pati yang terbuang, yang berpotensi sebagai pakan ternak. Proses pengolahan sagu dapat menghasilkan limbah ikutan berupa kulit batang sekitar 17-25% dan ampas sagu 75-83% (McClatchey *et al.* 2006). Ampas sagu ini masih tercampur dengan sisa pati yang ikut terbuang sehingga berpotensi sebagai pakan ternak. Di daerah Sumatra Barat selain di daerah Mentawai, ampas sagu juga banyak ditemukan di daerah Pesisir Selatan dan Pariaman.

Pada tahun 2006 di daerah Pesisir Selatan terdapat limbah sago sebanyak 4000 ton (Nuraini, 2006).

Potensi limbah sago dari segi kandungan gizi menurut Nuraini (2006), limbah sago berpotensi cukup besar sebagai pakan sumber energi dengan kandungan BETN 72,59%, tetapi kandungan protein kasarnya rendah yaitu 3,29% dan kandungan zat makanan lainnya adalah lemak kasar 0,97% dan serat kasar yang tinggi yaitu 18,50% (Nuraini, 2006). Limbah sago menurut Kiat (2006) mengandung lignoselulosa yang kaya akan selulosa dan pati, sehingga dapat dimanfaatkan secara optimal sebagai sumber karbon. Limbah sago berupa ampas mengandung 65,7% pati dan sisanya berupa serat kasar, protein kasar, lemak, dan abu. Ampas sago mengandung lignin 21%, dan selulosanya 20%. Limbah sago dapat digunakan sebagai sumber karbon dalam medium fermentasi sekaligus dapat dijadikan pakan ternak, akan tetapi kandungan nitrogennya masih rendah sehingga diperlukan adanya penambahan sumber nitrogen seperti limbah/ampas tahu (Nuraini, 2006).

Pemanfaatan limbah/ampas sago sebagai pakan ternak menurut Nuraini (2006) adalah sebanyak 7% dalam ransum broiler sedangkan menurut Idham (1997) ampas sago dapat diberikan dalam ransum itik sampai level 15%.

BAB II

PENINGKATAN KUALITAS MELALUI TEKNOLOGI FERMENTASI

2.1 Fermentasi dengan Kapang Karotenoid

Fermentasi adalah suatu proses perubahan kimia dari zat organik makanan dan bahan makanan yang mengalami fermentasi biasanya memiliki gizi yang lebih tinggi dibandingkan bahan asalnya. Hal ini disebabkan mikroorganismenya memecah komponen-komponen kompleks menjadi zat-zat yang lebih sederhana sehingga lebih mudah dicerna, disamping itu mikroorganismenya juga mampu mensintesis beberapa vitamin dan faktor pertumbuhan lainnya seperti riboflavin, vitamin B₁₂ dan provitamin A.

Perubahan ini terjadi jika jasad renik penyebab fermentasi berkontaminasi dengan substrat atau bahan makanan yang sesuai dengan syarat tumbuhnya. Fermentasi berasal dari bahasa latin yaitu *fervere* (tobail) yang menggambarkan aksi ragi pada ekstrak buah-buahan dan biji-bijian yang mengandung ragi. Fermentasi merupakan teknologi pengolahan bahan makanan dengan bantuan enzim yang dihasilkan oleh mikroorganismenya. Prinsip dari pengolahan bahan secara fermentasi sebenarnya adalah mengaktifkan pertumbuhan dan metabolisme dari mikroorganismenya yang dibutuhkan sehingga membentuk produk baru yang berbeda dengan bahan bakunya (Murugesan *et al.*, 2005).

Keuntungan yang diperoleh dari proses fermentasi yaitu protein, lemak dan polisakarida dapat dihidrolisis sehingga

bahan pakan yang dihasilkan cenderung mempunyai berat kering yang lebih rendah dibanding sebelum mengalami fermentasi. Fermentasi umumnya mengakibatkan hilangnya karbohidrat dari bahan pangan, tapi kerugian ini ditutupi oleh keuntungan yang diperoleh seperti protein, lemak dan polisakarida yang dapat dihidrolisis sehingga bahan yang telah difermentasi seringkali mempunyai daya cerna yang tinggi (Charlie dan Watkinson , 1995).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses fermentasi antara lain: waktu, suhu, air, pH, nutrisi dan tersedianya oksigen. Media berpengaruh terhadap keberhasilan fermentasi, media harus mengandung unsur karbon (C) dan nitrogen (N) yang cukup untuk pertumbuhan perkembangan mikroba. Menurut Charlie dan Watkinson (1995) karbohidrat dari produk pertanian yang mengandung glukosa, maltosa dan sukrosa dapat dijadikan sebagai sumber karbon yang diperlukan untuk pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme.

Selama proses fermentasi berlangsung menurut Hidayat (2007) terjadi proses metabolisme mikroba. Enzim dari mikroorganisme melakukan oksidasi, hidrolisis dan reaksi kimia lainnya sehingga terjadi perubahan kimia pada substrat organik yang menghasilkan produk tertentu, hal tersebut dapat dilukiskan sebagai berikut :



Proses fermentasi dapat memberikan perubahan fisik dan kimia yang menguntungkan seperti aroma, rasa, tekstur, serta dapat memecah senyawa kompleks jadi sederhana dan dapat menurunkan senyawa anti nutrisi (Hidayat, 2007).

2.1.1. Kapang *Neurospora crassa*

Kapang *Neurospora crassa* adalah kapang penghasil β -karoten tertinggi dibandingkan kapang karotenogenik lainnya yang telah diisolasi dari tongkol jagung (Nuraini dan Marlida, 2005). β karoten merupakan senyawa golongan karotenoid hidrokarbon tidak jenuh dengan rumus molekul $C_{40}H_{56}$, yang banyak terdapat dalam tumbuhan yang berwarna merah, jingga, kuning dan hijau. (Hirschberg, 2001). Selain pada tanaman, β karoten juga dapat dijumpai pada beberapa mikroorganisme yang bersifat karotenogenik (penghasil β karoten) antara lain: 1) pada bakteri *Micobacterium carotenum*, 2) pada kapang *Neurospora*, *Trichoderma* dan *Gibberella* (Wang *et al.*, 2002; Perkins, 2000), 3) pada khamir *Streptomyces chrysomallus*, *Sarcina aurantiaca*, *Rhodotorula* dan *Phycomyces blakesleeanus* (Catalina *et al.*, 2002), dan 4) pada alga *Chlorella* dan *Spirulina* (Perkins, 2000).

Kapang *Neurospora crassa* merupakan kapang yang dapat menghasilkan enzim amilase (Heinz *et al.*, 2005 dan Nuraini, 2006), enzim selulase (Romero dkk., 1999 dan Nuraini, 2006) dan protease (Rhodes *et al.*, 1983 dan Nuraini, 2006) tergantung pada kandungan gizi substrat. *Neurospora crassa* adalah kapang yang dapat menghidrolisis protein kompleks menjadi peptida-peptida dan asam-asam amino bebas (menghasilkan enzim protease), serta mampu menghasilkan

enzim selulase dan hemiselulase (Irawadi, 1991). Aktivitas enzim selulase dari *Neurospora crassa* pada substrat campuran ampas sagu dan ampas tahu adalah 0,33 U/ml, enzim protease 15,06 U/ml dan amilase 17,21 U/ml (Nuraini, 2006). Produk fermentasi menghasilkan flavor yang disukai ternak dan memiliki beberapa vitamin (B1, B2, dan B12) sehingga produk fermentasi lebih disukai ternak (palatable) dibandingkan dengan bahan asalnya (Murugesan *et al.*, 2005).

Kapang *Neurospora crassa* merupakan spesies yang umum dijumpai pada makanan yang disebut oncom yang berwarna kuning orange. Kapang *Neurospora* termasuk dalam sub divisi *Eumycophyta*, kelas *Ascomycetes* dan famili *Sordorociae*. Kapang *Neurospora* memiliki keistimewaan yaitu pertumbuhan hifa cepat dan spora yang dihasilkan banyak karena bisa berkembang biak secara seksual (menghasilkan askospora) dan aseksual (menghasilkan konidia). Ada 7 macam spesies dari kapang *Neurospora* yaitu: *N. sitophila* dan *N. crassa*, *N. intermedia*, *N. africana*, *N. dodgei*, *N. galapagosensis* dan *N. tetraspoma*. (Heinz *et al.*, 2005).

Konidia yang dihasilkan *Neurospora* sangat banyak dan pertumbuhannya yang sangat cepat. Kapang *Neurospora* berkembang biak secara seksual dan aseksual, disamping itu juga sering tumbuh pada tongkol jagung yang sudah dibuang. Kapang *Neurospora* memiliki keistimewaan antara lain mudah didapat, mudah tumbuh pada substrat, pertumbuhan hifa sangat cepat dan konidia (spora) yang dihasilkan banyak. Pertumbuhan kapang *Neurospora* berlangsung lambat selama 12 jam pertama, kemudian diikuti dengan pertumbuhan miselia yang lebih cepat dan diikuti dengan perkembangan

cita rasa, spora kuning orange berkembang antara 24 - 48 jam (Sihombing, 1995).

Fermentasi dengan kapang *Neurospora crassa* telah dilakukan Nuraini (2006) terhadap campuran ampas sagu dan ampas tahu dihasilkan β -karoten sebanyak 270,60 mg/kg. Penelitian dilanjutkan penggunaan campuran ampas sagu dan ampas tahu fermentasi dengan kapang *Neurospora crassa* dalam ransum ayam ras petelur dapat dipakai sampai level 21% dengan pengurangan jagung sebanyak 35% dapat mempertahankan produksi telur, berat telur dan bahkan dapat meningkatkan kualitas telur (menurunkan kolesterol telur dan meningkatkan warna kuning telur). Hasil penelitian Nuraini (2008), pada penggunaan campuran onggok dan ampas tahu fermentasi dengan kapang *Neurospora crassa* juga dapat memproduksi β -karoten sebanyak 295,16 mg/kg.

2.1.2 Kapang *Monascus purpureus*

Kapang merupakan salah satu mikroorganisme yang termasuk kelompok mikroba dan tergolong fungi. Kapang *Monascus purpureus* disebut juga dengan kapang beras merah atau terkenal dengan sebutan "Angkak" di Asia. Kapang *Monascus purpureus* adalah kapang yang sering digunakan sebagai pewarna pada makanan seperti ikan, keju china, pembuatan saus dan lain sebagainya (Pattanagul *et al.*, 2007). Kapang *Monascus purpureus* juga menghasilkan asam lemak yaitu asam butirat dan pigmen monakolin K (lovastin) yang merupakan agen *hypocholesteromia* (Su *et al.*, 2002).

Kapang *Monascus sp* dapat menghasilkan beberapa tipe monakolin yaitu monakolin J, K, L, M, dan X. Monakolin J, K, dan M telah disolasi dari spesies *Monascus purpureus*. Selain

itu *Monascus purpureus* dapat menghasilkan pigmen karotenoid monakolin yang tinggi (Pattanagul *et al.*, 2007). *Monascus purpureus* dapat menghasilkan enzim karboksipeptidase, protease dan amilase (Liu *et al.*, 2005).

Kondisi fermentasi untuk kapang karotenogenik seperti *Monascus purpureus* pada media padat yang perlu diperhatikan adalah komposisi substrat, dosis inokulum, dan lama inkubasi. Komposisi substrat harus mengandung nutrien yang cukup terutama unsur karbon dan nitrogen (imbangan C/N). Kapang *Monascus* membutuhkan nutrien yaitu unsur karbon yang bisa diperoleh dari glukosa, selulosa, dan hemiselulosa. Unsur nitrogen dapat diperoleh dari pepton, urea, asam amino, amonia, nitrat serta membutuhkan mineral Cu. Imbangan C/N untuk *Monascus* yang baik dalam memproduksi pigmen merah adalah 5 : 1 - 10 : 1 dengan menggunakan medium glukosa nitrat (Lin *et al.*, 2008). Medium yang mengandung asam lemak oleat dapat mengurangi kandungan citrinin yang dihasilkan kapang *Monascus* (Hajjaj, 2000). Profil campuran 80% dedak dan 20% ampas tahu difermentasi dengan kapang *Monascus purpureus* dengan dosis inokulum 10%, lama fermentasi 8 hari dan ketebalan 1 cm berdasarkan bahan keringnya adalah protein kasar 17,68%; lemak 2,69%; serat kasar 16,56%; dan karotenoid monakolin 400,50 µg/g (Nuraini, 2012)

2.2 Fermentasi dengan Kapang Selulolitik

2.2.1 Kapang *Penicillium* sp

Kapang *Penicillium* sp ditemukan oleh Flemming pada tahun 1928 di Inggris yang kemudian dikembangkan oleh

Flerey. Genus kapang *Penicillium* sp termasuk kedalam famili *Moniliaeae*, ordo *Moniliales*, kelas *Deutermyceter*, divisi *amastigomycota* dan kingdom fungi. Nama *Penicillium* diambil dari bahasa latin *Penicillius* yang berarti sapu (Carlile and Watkinson, 1995). Kapang *Penicillium* sp merupakan kapang yang bersifat mesofilik yang dapat tumbuh pada suhu 25°- 30° C dengan pH berkisar antara 4 -5.

Kapang *Penicillium* sp menghasilkan enzim selulase, protease dan lipase. Enzim selulase akan menghidrolisa selulosa menjadi zat yang lebih sederhana seperti glukosa sehingga serat kasar substrat akan berkurang setelah fermentasi (Wood, 1992). Ciri -ciri spesifik *Penicilium* sp adalah sebagai berikut: 1) Hifa septat, miselium bercabang dan biasanya tidak berwarna, 2) Konidiofor septat, muncul diatas permukaan, yang berasal dari hifa dibawah permukaan, bercabang atau tidak bercabang, 3) Kepala membawa spora seperti sapu dengan sterigmata atau fialida muncul dalam kelompok. 4) Konidia membentuk rantai karena muncul satu persatu dari sterigmata. Konidia pada waktu masih muda berwarna hijau, kemudian berubah menjadi kebiruan atau kecoklatan (Fardiaz, 1992).

2.3. Fermentasi dengan Kapang Ligninolitik dan Selulolitik

2.3.1 Kapang *Phanerochaeta* *chrysosporium*

Fermentasi dengan menggunakan *Phanerochaete chrysosporium* secara substrat padat memungkinkan terjadi perubahan komponen bahan yang sulit dicerna menjadi lebih mudah dicerna misalnya selulosa dan hemiselulosa menjadi gula sederhana sehingga meningkatkan nilai gizi protein dan

energi metabolis (Sembiring, 2006). Kapang *Phanerochaete chrysosporium* adalah jamur pelapuk putih yang dikenal kemampuannya dalam mendegradasi lignin. Menurut Valli *et al.*, (1992) bahwa *Phanerochaete chrysosporium* adalah kapang pendegradasi lignin dari kelas *Basidiomycetes* yang membentuk sekumpulan miselia dan berkembang biak secara aseksual melalui spora atau seksual dengan perlakuan tertentu.

Menurut Howard *et al.* (2003) *Phanerochaete chrysosporium* dapat mendegradasi lignin dan senyawa turunannya secara efektif dengan cara menghasilkan enzim peroksidase ekstraselular yang berupa lignin peroksidase (LiP) dan mangan peroksidase (MnP). Keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan jamur pelapuk putih adalah dapat mendegradasi ikatan lignin. Dari ribuan jamur yang diketahui mempunyai kemampuan ligninolitik, *Phanerochaete chrysosporium* merupakan jamur yang paling banyak dipelajari. Keadaan ligninolitik adalah keadaan di mana jamur mengeluarkan enzim yang dapat mendegradasi lignin (Howard, *et. al*, 2003). Jamur *Phanerochaete chrysosporium* telah dipertimbangkan dalam produksi enzim untuk degradasi lignin dalam penerapan proses biokonversi lignoselulosa (Johjima, 1999). Menurut Howard *et al.* (2003) *Phanerochaete chrysosporium* lebih efisien tiga kali atau lebih dibandingkan dengan *Polyporus ostreiformis* dalam mendegradasi lignin. Syarat tumbuh *Phanerochaete chrysosporium* adalah tumbuh pada suhu 39°C dengan suhu optimum 37°C, pH berkisar 4 - 4,5 dan dalam pertumbuhannya memerlukan kandungan oksigen yang tinggi.

Kapang *Phanerochaete chrysosporium* dapat menghasilkan enzim ligninase dan selulase sehingga dapat mendegradasi

lignin dan selulosa pada batang jagung. Pada 30 hari inkubasi, lignin terdegradasi sebanyak 81,4%. Selain itu degradasi lignin juga diikuti dengan degradasi selulosa walaupun jumlahnya relatif lebih sedikit yaitu 22,3% (Fadilah dkk, 2008). Hasil penelitian Nuraini (2012) melaporkan bahwa fermentasi kulit buah kopi dan ampas tahu dengan dosis 7% dan lama fermentasi 10 hari dengan *Phanerochaete chrysosporium* dapat menurunkan kandungan serat kasar sebesar 43,89%, diperoleh peningkatan pencernaan serat kasar sebesar 37,06% dan meningkatkan protein kasar sebesar 42,62% dan diperoleh retensi nitrogen sebesar 62,41%.

BAB III

PROFIL LIMBAH SAGU PASCA FERMENTASI

3.1. Profil Limbah Sagu Fermentasi dengan *Neurospora crassa*

3.1.1 Penentuan Komposisi dan Ketebalan Substrat

Faktor - faktor yang mempengaruhi fermentasi padat adalah komposisi substrat, ketebalan substrat, dosis inokulum dan lama fermentasi. Komposisi substrat berkaitan dengan imbangan karbon dan nitrogen dalam substrat (Imbangan C/N) yang berpengaruh terhadap kandungan gizi produk setelah fermentasi. Carlile dan Watkinson (1995) menyatakan bahwa hal terpenting yang harus ada dalam medium fermentasi adalah sumber karbon, nitrogen dan unsur-unsur essensial lainnya dalam jumlah dan imbangan yang sesuai.

Karbon merupakan nutrien yang sangat dibutuhkan kapang baik sebagai sumber energi maupun sebagai molekul dasar untuk biosintesis karena sekitar 50% dari berat kering kapang adalah karbon (Griffin, 1994). Pada umumnya kapang karotenogenik seperti *Neurospora* mampu memanfaatkan sumber karbon dari karbohidrat dalam bentuk hexosa, pentosa, xilosa, selulosa dan hemiselulosa. Carlile dan Watkinson (1995) menyatakan bahwa karbohidrat dari limbah pertanian yang mengandung glukosa, maltosa, sukrosa dan selulosa dapat dijadikan sebagai sumber karbon yang diperlukan untuk pertumbuhan dan aktivitas enzim kapang. Minimal sumber karbon yang harus ada dalam media untuk kapang *Neurospora crassa* adalah sukrosa. Dengan kata lain sukrosa merupakan kunci nutrien minimal yang harus ada

dalam media untuk sintesa protein pada jam pertama germinasi.

Disamping karbon, kapang juga membutuhkan sumber nitrogen yang digunakan untuk pembentukan asam amino, protein, asam nukleat, chitin dan beberapa vitamin. Sumber nitrogen dapat diperoleh dari pepton, urea, asam amino, ammonia, nitrat dan lainnya. Kapang membutuhkan karbon untuk membentuk kerangka tubuhnya dan nitrogen dibutuhkan untuk mensintesis asam amino (Singh *et al.*,1996).

Komposisi substrat dan ketebalan substrat sangat berpengaruh terhadap kandungan zat-zat makanan sesudah difermentasi. Hasil penelitian Nuraini (2006) melaporkan bahwa ampas sagu dan ampas tahu setelah di fermentasi dengan *Neurospora crassa* dapat meningkatkan kandungan β karoten yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan β karoten (%) LSATF dengan *N. crassa* yang dipengaruhi komposisi dan ketebalan substrat

Peubah	Komposisi Substrat	Ketebalan Substrat			Rataan
		1 cm	2 cm	3 cm	
β Karoten ($\mu\text{g/g}$)	100%LS+0%AT	81,04	84,35	80,23	81,87 ^c
	80%LS+20%AT	116,20	124,45	110,78	117,14 ^b
	60%AS+40%AT	145,45	163,56	138,45	149,15 ^a
	Rataan	114,23 ^B	124,12 ^A	109,82 ^B	

Keterangan: Superskrip pada baris yang sama dan pada kolom yang sama menunjukkan pengaruh berbeda sangat nyata ($P < 0.01$)

Penelitian dilakukan menggunakan metode RAL pola faktorial. Faktor pertama adalah tiga level komposisi substrat yaitu perbandingan komposisi Ampas Sagu (AS) dengan

Ampas Tahu (AT) 100%:0%, 90%:10% dan 80%:20% dan tiga level ketebalan substrat yaitu 1 cm, 2 cm dan 3 cm.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi substrat terbaik yang cocok untuk pertumbuhan *Neurospora crassa* adalah komposisi 60% ampas sagu dicampur dengan 40% ampas tahu ditinjau dari segi kandungan β karoten dan protein kasar. Pada komposisi ini kandungan nutrisi dalam substrat cukup dan seimbang terutama sumber karbon dan nitrogen (C/N 13:1) yang merupakanimbangan C/N yang cocok untuk pertumbuhan kapang, sehingga kapang *Neurospora crassa* banyak yang tumbuh (jumlah spora $26.62 \times 10^7/g$), akibatnya kandungan β karoten meningkat.

Menurut Litchfield (1992) bahwaimbangan karbon dan nitrogen yang baik untuk pertumbuhan kapang *Neurospora* adalah 10 : 1 sampai 15 : 1, sementara untuk pertumbuhan kapang secara umum adalah 10: 1 sampai 20 : 1. Menurut Hausmann dan Sandmann (2000) dalam spora kapang *Neurospora crassa* yang berwarna orange kemerahan terkandung β karoten.

Ketebalan substrat yang cocok untuk pertumbuhan kapang *Neurospora crassa* adalah ketebalan substrat 1 dan 2 cm dengan kandungan β karoten tertinggi yaitu 124,12 $\mu g/g$. Keadaan substratnya masih kompak (tidak lunak/berderai dan tidak terlalu padat) sehingga memberikan aerasi dalam substrat yang lancar (ketersediaan oksigen cukup) akibatnya kapang banyak yang tumbuh (subur) ditandai dengan jumlah spora yang banyak yaitu $20,61 \times 10^7/g$.

Ditinjau dari segi kandungan protein kasar produk fermentasi dengan *Neurospora crassa* yang dipengaruhi komposisi dan ketebalan substrat dapat dilihat pada Tabel 2.

Kandungan protein kasar tertinggi juga terdapat pada komposisi substrat 60% AS+ 40% AT, disebabkan ketersediaan nutrisi yang cukup dan seimbang (terutama karbon dan nitrogen), sehingga kapang *Neurospora crassa* banyak yang tumbuh (subur) yang tercermin dari jumlah spora yang lebih banyak.

Tabel 2. Kandungan protein kasar (%) LSATF dengan *N. crassa* yang dipengaruhi komposisi dan ketebalan substrat

Peubah	Komposisi Substrat	Ketebalan Substrat			Rataan
		1 cm	2 cm	3 cm	
Protein	100%LS+0%AT	15,25	15,56	15,07	15,29 ^c
Kasar	80%LS+20%AT	16,82	17,45	16,49	16,92 ^b
(%)	60%AS+40%AT	17,78	19,78	17,93	18,50 ^a
	Rataan	16,62 ^B	17,60 ^A	16,50 ^B	

Keterangan: Superskrip pada baris yang sama dan pada kolom yang sama menunjukkan pengaruh berbeda sangat nyata ($P < 0.01$)

Pertumbuhan kapang yang subur akan menyumbangkan protein lebih banyak ke dalam substrat karena tubuh kapang menurut Crueger dan Crueger (1989) mengandung protein yang cukup tinggi yaitu 40 - 50 %.

Ditinjau dari segi faktor ketebalan substrat maka ketebalan substrat 2 cm yang tertinggi kandungan protein kasarnya, disebabkan keadaan substrat yang kompak (tidak terlalu padat dan tidak lunak) dan aerasi dalam substrat lancar (oksigen cukup tersedia) sehingga kapang tumbuh subur, akibatnya kandungan protein kasar substrat meningkat.

Peningkatan kandungan protein setelah fermentasi ini dapat dikatakan sebagai proses "protein enrichment" yang

berarti proses pengayaan protein bahan dengan mikroorganisme tertentu karena proses ini identik dengan pembuatan Single Cell Protein atau Protein Sel Tunggal dan pada proses ini tidak dipisahkan antara sel mikroba yang tumbuh dengan sisa substratnya (Carlile dan Watkinson, 1995; Crueger dan Crueger, 1989).

Peningkatan protein kasar ini terjadi secara persentase karena adanya perubahan bahan kering. Hasil penelitian Yunita (1998) juga menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kandungan protein kasar dari 5,87% menjadi 15,56% pada substrat campuran 80% onggok dengan 20% ampas tahu yang difermentasi dengan *Neurospora sp.*

3.1.2. Penentuan Dosis Inokulum dan Lama Fermentasi

Inokulum adalah kultur mikroba yang diinokulasikan kedalam medium pada saat kultur mikroba tersebut berada pada fase pertumbuhan. Lama fermentasi adalah masa /waktu yang diberikan kepada mikroba untuk menghasilkan enzim yang akan merombak zat gizi dalam substrat.

Dosis inokulum dan lama fermentasi sangat mempengaruhi fermentasi kapang karotenogenik disamping pH, suhu, dan komposisi nutrien media. Level inokulum yang optimum sangat diperlukan untuk membuat fermentasi terutama pada skala besar dan bila inokulum yang diberikan rendah maka pertumbuhan lambat dan produk yang dihasilkan tidak memuaskan.

Besarnya dosis inokulum akan mempengaruhi biomassa dan sintesa protein. Semakin banyak dosis inokulum yang dipakai maka semakin banyak pula bahan yang dirombak,

sehingga kombinasi dosis inokulum dan substrat fermentasi akan meningkatkan nilai zat makanan produk.

Kriteria yang penting bagi kultur mikroba untuk dapat digunakan sebagai inokulum dalam fermentasi adalah (1) sehat dan berada dalam keadaan aktif; sehingga mempersingkat fase adaptasi, (2) tersedia cukup sehingga dapat menghasilkan inokulum dalam tataran optimum, (3) berada dalam morfologis yang sesuai, (4) bebas kontaminasi, dan (5) mampu menghasilkan produk yang sesuai dengan yang diinginkan (Wang *et al.*, 2002).

Supaya fermentasi berlangsung secara optimum dibutuhkan dosis inokulum, lama fermentasi, komposisi substrat yang seimbang dan ketebalan substrat. Jika komponen substrat tidak dapat memenuhi kebutuhan mikroorganisme maka akan berpengaruh pada hasil fermentasi. Pada umumnya konsentrasi inokulum yang diberikan dalam fermentasi adalah bakteri 0,1 - 3.0 %, khamir 5 - 10 %, kapang 5 - 10 % dan suspensi spora $1 - 5 \times 10^5$ /liter (Crueger dan Crueger, 1989). Lama fermentasi yang optimum untuk pertumbuhan dan produksi β karoten dari mikroorganisme karotenogenik adalah kapang 4 - 10 hari, khamir 1 - 3 hari dan bakteri 4 - 48 jam (Catalina *et al.*, 2002).

Substrat yang digunakan pada penelitian penentuan dosis inokulum dan lama fermentasi ini dipilih dari hasil terbaik perlakuan sebelumnya yaitu 60 % ampas sagu dan 40% ampas tahu yang difermentasi dengan kapang *Neurospora crassa* dengan ketebalan substrat 2 cm.

3.1.2.1. Kandungan β karoten

β karoten merupakan senyawa golongan karotenoid hidrokarbon tidak jenuh yang larut dalam khloroform, benzen, dan tidak larut dalam air, asam dan basa (Hirschberg, 2001). Biosintesis karotenoid terdiri atas lima tahap yaitu : 1) pembentukan asam mevalonat, biosintesis dimulai dari asam asetat diaktifkan oleh ko-enzim A (CoA), kemudian mengalami kondensasi dan menghasilkan asetoasetil-CoA, setelah itu direduksi menjadi asam mevalonat, 2) pembentukan geranyl - geranyl pirofosfat/GGPP (C_{10}), yang berasal dari isopentenil pirofosfat yang bergabung dengan dimetilalil pirofosfat, 3) terbentuk fitoen tidak jenuh dari kondensasi 2 molekul GGPP, selanjutnya fitoen dikonversi menjadi likopen, α karoten dan neurosporena, 4) pembentukan β karoten dari siklikasi likopen, dan 5) pembentukan xanthophyl dari oksidasi karoten (Hirschberg, 2001; Hausman dan Sandman, 2000).

Fungsi dari β karoten dalam tubuh adalah: 1) sebagai sumber warna kuning pada karkas hewan dan kuning telur, 2) sebagai provitamin A yang setelah diubah menjadi vitamin A akan berfungsi untuk pertumbuhan, penglihatan, reproduksi, pemeliharaan kesehatan sel epitel (Leeson dan Summers, 2001), 3) sebagai antioksidan yang dapat mencegah terjadinya reaksi oksidasi sehingga mencegah terjadinya arterosklerosis dan penyakit kanker (Stocker, 1993), 4) dapat menurunkan kolesterol total, trigliserida dan LDL darah (Kohlmeier dan Hastings, 1995; Cedar *et al.*, 2000, Nurdin, 1994, Nuraini, 2006, Nuraini dkk. 2008), dan 5) berperan dalam menghambat penuaan dini (May, 1994).

Dosis inokulum dan lama fermentasi juga mempengaruhi kandungan zat zat makanan produk fermentasi dengan *Neurospora crassa*. Pada Tabel 3 dapat dilihat kandungan β karoten produk campuran limbah sagu dan ampas tahu fermentasi dengan *Neurospora crassa*. Kandungan β karoten tinggi pada dosis inokulum 8% dengan lama fermentasi 10 hari dan dosis inokulum 10 % dengan lama fermentasi 10 hari. Semakin banyak dosis inokulum yang diberikan maka semakin banyak pula bibit kapang yang ditumbuhkan yang berkombinasi dengan lama fermentasi 10 hari yang optimal untuk pertumbuhan kapang dalam memproduksi β karoten sehingga kandungan β karoten produk fermentasi meningkat.

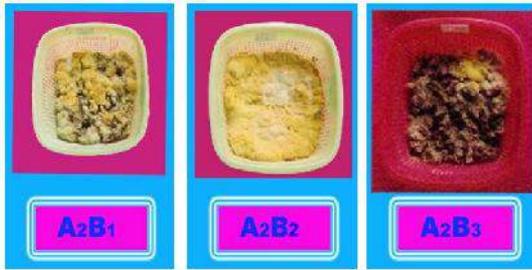
Tabel 3. Kandungan β karoten (($\mu\text{g/g}$) LSATF dengan *N. crassa* yang dipengaruhi komposisi dan ketebalan substrat

Peubah	Dosis Inokulum	Lama Fermentasi			Rataan
		7 hari	10 hari	13 hari	
β Karoten ($\mu\text{g/g}$)	6%	107,40 ^{Bc}	124,90 ^{Ab}	117,90 ^{Ab}	116,73
	8%	157,20 ^{Cb}	270,60 ^{Aa}	243,25 ^{Ba}	223,68
	10%	208,80 ^{Ca}	274,45 ^{Aa}	250,85 ^{Ba}	244,70
	Rataan	157,80	223,32	204,00	

Keterangan: Superskrip pada baris yang sama dan pada kolom yang sama menunjukkan pengaruh berbeda sangat nyata ($P < 0.01$)

Ini disebabkan pada umur 10 hari ini kapang sedang berada dalam fase pertumbuhan cepat, sehingga biomasnya menjadi banyak dan secara visual tampak merata berwarna orange kemerahan pada seluruh permukaan substrat (Gambar

1). Menurut Perkins (2000) bahwa pada fase pertumbuhan cepat atau fase “logaritmik” pertumbuhan mikroorganismenya sangat cepat sehingga biomasnya banyak.



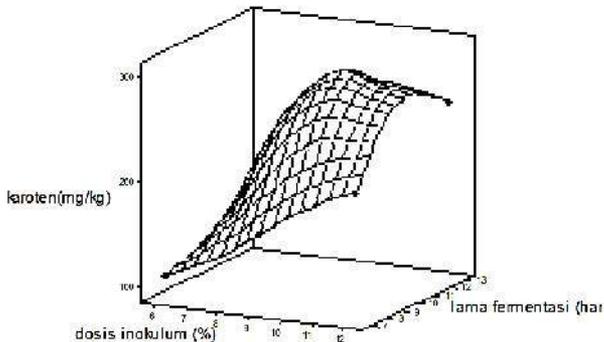
Gambar 1. Pertumbuhan *Neurospora crassa*

Keterangan: A2B1 (dosis inokulum 8%, lama fermentasi 7 hari),
A2B2 (dosis inokulum 8%, lama fermentasi 10 hari)
A2B3 (dosis inokulum 8%, lama fermentasi 13 hari)

Kapang yang tumbuh banyak (subur) secara kuantitatif didukung oleh jumlah spora yang juga lebih banyak. Jumlah spora kapang pada dosis inokulum 10% dengan lama fermentasi 10 hari dan dosis inokulum 8% dengan lama fermentasi 10 hari berturut-turut adalah $40,66 \times 10^7/g$ dan $36,49 \times 10^7/g$. Spora kapang *Neurospora crassa* yang banyak menyebabkan kandungan β karoten substrat campuran ampas sagu dan ampas tahu meningkat karena berasal dari β karoten yang dihasilkan *Neurospora crassa*. Kapang *Neurospora* yang berwarna orange merupakan salah satu kapang penghasil β karoten (Wangs dan Kesling, 2002).

Dosis inokulum dan lama fermentasi yang optimal terhadap kandungan β karoten produk LSATF dapat

diketahui melalui persamaan yang diperoleh yaitu : $Y = 4191,42 - 1033,14 X_1 - 873,48 X_2 + 54,96 X_1^2 + 219,18 X_1X_2 - 11,46 X_1^2X_2 - 9,92 X_1X_2^2 + 0,52 X_1^2X_2^2 + 39,51 X_2^2$ dengan $R^2 = 0,891$ dan diperoleh dosis inokulum optimal adalah 9,69 % dengan lama fermentasi optimal adalah 10,05 hari dengan kandungan β karoten yang diperoleh adalah 280,13 $\mu\text{g/g}$. Untuk lebih jelasnya pengaruh dosis inokulum kapang *Neurospora crassa* dan lama fermentasi optimal terhadap kandungan β karoten produk LSATF dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Permukaan respon kandungan β karoten produk LSATF pada beberapa dosis inokulum dan lama fermentasi

3.1.2.2. Kandungan Protein Kasar

Proses fermentasi dapat dikatakan sebagai proses protein “enrichment” artinya proses pengayaan protein bahan dengan menggunakan mikroorganisme tertentu dan proses ini identik dengan pembuatan protein sel tunggal, hanya saja tidak dilakukan pemisahan sel mikroba dengan substratnya (Carlile dan Watkinson, 1995). Bahan yang telah difermentasi dengan

mikroorganisme mempunyai kandungan asam amino yang lebih tinggi dari bahan asal, yang berasal dari asam amino yang dihasilkan mikroorganisme (Mukhtadi, 1989). Kapang karotenogenik *Neurospora crassa* dapat menghasilkan beberapa asam amino seperti tirosin (Lerch, 1978), arginin (Yu dan Weiss, 1992; Marathe *et al.*, 1998 dan Palmier, 1999), metionin (Marathe *et al.*, 1998 dan Berquist *et al.*, 1989), glutamate (Wolf dan Weiss, 1980) dan triptophan (Tsai dan Suskind, 1972). Kandungan protein kasar produk fermentasi dengan *Neurospora crassa* yang dipengaruhi dosis inokulum dan lama fermentasi tertera pada Tabel 4. Peningkatan protein kasar ini terjadi berasal dari sumbangan protein tubuh kapang *Neurospora crassa*.

Tabel 4. Kandungan protein kasar (%) dengan *Neurospora crassa* yang dipengaruhi dosis inokulum dan lama fermentasi.

Peubah	Dosis Inokulum	Lama Fermentasi			Rataan
		7 hari	10 hari	13 hari	
Protein Kasar (%)	6%	16,56	18,81	17,18	17,52 ^b
	8%	19,44	21,78	18,26	19,83 ^a
	10%	19,06	21,82	19,42	20,10 ^a
	Rataan	18,35 ^b	20,80 ^A	18,29 ^B	

Keterangan: Superskrip pada baris yang sama dan pada kolom yang sama menunjukkan pengaruh berbeda nyata ($P < 0.05$)

Pada Tabel 4 menunjukkan bahwa dosis inokulum 8 % dan 10 % dengan masing-masing lama fermentasi 10 hari memperlihatkan kandungan protein kasar yang lebih tinggi. Tingginya kandungan protein kasar berkaitan dengan semakin

banyak dosis inokulum yang diberikan berarti semakin banyak pula bibit kapang yang ditumbuhkan, sehingga pertumbuhan kapang lebih subur yang secara visual tampak kapang tumbuh subur dan merata yang berwarna orange pada seluruh permukaan substrat.

Menurut Doelle *et al.* (1992) bahwa semakin banyak inokulum yang ditumbuhkan pada media /substrat maka semakin cepat pertumbuhan kapang. Kapang yang tumbuh banyak pada substrat mengakibatkan kandungan protein kasar substrat semakin meningkat yang berasal dari sumbangan protein tubuh kapang karena dalam analisa kandungan protein kasar dari produk LSATF, tidak dipisahkan antara substrat dengan kapang yang tumbuh. Pendapat ini didukung oleh Ratledge (1994) yang menyatakan bahwa kapang yang pertumbuhan dan perkembangbiakannya baik akan dapat mengubah lebih banyak komponen penyusun media menjadi suatu massa sel, sehingga terbentuk protein tubuh kapang itu sendiri yang akan meningkatkan kandungan protein bahan. Tubuh kapang mengandung protein yang cukup tinggi yaitu 40 - 50 % (Crueger and Crueger, 1989).

Kandungan protein kasar pada lama fermentasi 7 hari rendah disebabkan pertumbuhan kapang belum optimal dengan lama inkubasi 7 hari, sehingga sumbangan protein dari tubuh kapang dan sumbangan enzim yang diproduksinya masih sedikit, yang menyebabkan kandungan protein substrat rendah.

Kandungan protein kasar yang juga rendah pada lama fermentasi 13 hari disebabkan pertumbuhan kapang sudah menurun. Pada saat ini kapang berada pada fase akhir pertumbuhan statis atau menuju fase kematian, secara visual

ditandai dengan terjadinya perubahan warna menjadi kecoklatan dan berbau (Gambar 3). Pada fase ini kapang sudah banyak yang mati dan produksi enzim juga sedikit, selain itu juga terjadi perombakan protein yang lebih lanjut sehingga dihasilkan amonia, yang mana amonia ini mudah menguap, akibatnya kandungan protein kasar substrat menjadi turun.

3.1.2.3. Kandungan Serat Kasar

Serat kasar adalah senyawa organik yang tidak bisa dihidrolisis dengan H₂SO₄ 1,25% dan NaOH 3,25%. Serat kasar merupakan karbohidrat yang susah dicerna oleh manusia dan ternak non ruminansia. Komponen penyusun serat kasar adalah selulosa, hemiselulosa, lignin dan silika. Kandungan serat kasar campuran limbah sagu dan ampas tahu fermentasi dengan *Neurospora crassa* terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kandungan serat kasar (%) LSATF dengan *Neurospora crassa* yang dipengaruhi dosis inokulum dan lama fermentasi

Peubah	Dosis Inokulum	Lama Fermentasi			Rataan
		7 hari	10 hari	13 hari	
Serat Kasar (%)	6%	19,21	17,97	22,11	19,76 ^b
	8%	19,14	16,23	23,23	18,69 ^c
	10%	20,82	18,72	23,92	21,15 ^a
	Rataan	19,72 ^B	17,64 ^C	23,09 ^A	

Keterangan: Superskrip pada baris yang sama dan pada kolom yang sama menunjukkan pengaruh berbeda sangat nyata (P<0.01)

Pada Tabel 5 terlihat bahwa kandungan serat kasar rendah pada dosis inokulum 8 %, ini berkaitan dengan enzim

selulase yang aktivitasnya tinggi (0,33 Unit/ml). Enzim selulase akan merombak selulosa menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu glukosa.

Tingginya aktivitas enzim selulase (Tabel 7) berarti lebih banyak jumlah selulosa yang dirombak menjadi glukosa sehingga selulosa berkurang, akibatnya kandungan serat kasar produk limbah sagu ampas tahu fermentasi (LSATF) menjadi rendah. Menurut Romero (1999) bahwa kapang *Neurospora* dapat menghasilkan enzim selulase tetapi aktivitasnya rendah.

Pada lama fermentasi 7 hari terdapat kandungan serat kasar masih tinggi, ini disebabkan dengan lama fermentasi baru 7 hari ternyata pertumbuhan kapang belum optimal, sehingga aktivitas enzim selulase yang dihasilkan kapang *Neurospora crassa* masih rendah, akibatnya sedikit pula jumlah selulosa yang dapat dirombak dan akhirnya menyebabkan kandungan serat kasar substrat masih tinggi.

Kandungan serat kasar yang juga tinggi pada perlakuan lama fermentasi 13 hari disebabkan pada umur kapang 13 hari telah terjadi perubahan warna menjadi coklat kehitaman. Pada fase ini kapang sudah banyak yang mati sehingga produksi enzim selulase juga sedikit, akibatnya serat kasar tinggi.

Ditinjau dari segi dosis inokulum ternyata pemberian dosis inokulum sebanyak 8% menyebabkan pertumbuhan kapang subur dan aktivitas enzim juga tinggi, sehingga serat kasar turun. Semakin banyak dosis yang diberikan maka semakin banyak jumlah kapang yang tumbuh, sehingga aktivitas enzim selulase tinggi, akibatnya serat kasar rendah.

3.1.2.4. Kandungan BETN Produk LSATF

Bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN) diperoleh dari hasil pengurangan 100 dengan kadar protein kasar, lemak, serat kasar, abu dan air. Kandungan BETN campuran ampas sagu dan ampas tahu fermentasi dengan *Neurospora crassa* terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Kandungan BETN (%) LSATF dengan *Neurospora crassa* yang dipengaruhi dosis inokulum dan lama fermentasi

Peubah	Dosis Inokulum	Lama Fermentasi			Rataan
		7 hari	10 hari	13 hari	
BETN (%)	6%	45,04	50,81	49,78	48,54 ^b
	8%	50,58	51,11	49,04	50,58 ^a
	10%	49,63	49,07	43,05	47,25 ^b
Rataan		48,54 ^B	50,66 ^A	45,29 ^B	

Keterangan: Superskrip pada baris yang sama dan pada kolom yang sama menunjukkan pengaruh berbeda sangat nyata ($P < 0.01$)

Pada tabel tersebut tampak bahwa, dosis inokulum 8% memperlihatkan BETN yang lebih tinggi. Lama fermentasi 10 hari juga demikian kejadiannya. Ini disebabkan kapang tumbuh subur dan aktivitas enzim amilase yang diperoleh juga tinggi yang berfungsi merombak pati menjadi glukosa dan glukosa ini terhitung sebagai BETN.

3.1.3 Aktivitas Enzim dari Kapang *Neurospora crassa*

3.1.3.1. Aktivitas Enzim Amilase

Enzim merupakan protein yang secara khusus disintesis oleh sel hidup yang berfungsi sebagai biokatalisator berbagai

jenis reaksi yang berlangsung di dalam tubuh. Enzim sebagai biokatalisator dapat mempercepat suatu reaksi termodinamika agar dapat berjalan sesuai dengan proses biokimia yang dibutuhkan untuk mengatur kehidupan. Enzim amilase adalah enzim yang dapat merombak senyawa kompleks amilum/pati menjadi senyawa sederhana yaitu glukosa. Kapang *Neurospora crassa* dapat menghasilkan enzim amilase, selulase dan protease. Pengaruh dosis inokulum dan lama fermentasi terhadap aktivitas enzim amylase, protease dan selulase kapang *Neurospora crassa* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Aktivitas Enzim (Amilase, Protease dan Selulase) kapang *Neurospora crassa*

Parameter	Dosis Inokulum	Lama Fermentasi			Rataan
		7 hari	10 hari	13 hari	
Enzim Amilase (Unit/ml)	6%	22,49 ^{Ba}	24,16 ^{Aa}	13,79 ^{Cb}	20,14
	8%	23,52 ^{Aa}	23,21 ^{Aa}	16,12 ^{Ba}	18,95
	10%	20,60 ^{Ab}	19,04 ^{Bb}	13,44 ^{Bb}	16,02
Rataan		22,20	18,47	14,45	
Enzim Protease (Unit/ml)	6%	11,52 ^{Ab}	11,97 ^{Ab}	11,89 ^{Ab}	11,79
	8%	12,18 ^{Bb}	15,06 ^{Aa}	11,97 ^{Bb}	13,07
	10%	14,96 ^{Aa}	15,10 ^{Aa}	13,42 ^{Ba}	14,49
Rataan		12,89	14,04	12,43	
Enzim Selulase (Unit/ml)	6%	0,27 ^{Ba}	0,32 ^{Aa}	0,23 ^{Ba}	0,27
	8%	0,25 ^{Bb}	0,33 ^{Aa}	0,21 ^{Bab}	0,26
	10%	0,27 ^{Ba}	0,31 ^{Ab}	0,20 ^{Cb}	0,26
Rataan		0,26	0,32	0,21	

Keterangan: Superskrip huruf besar pada baris yang sama dan huruf kecil pada kolom yang sama menunjukkan pengaruh berbeda sangat nyata ($P < 0.01$)

Ditinjau dari segi aktivitas enzim amilase tampak bahwa kombinasi dosis inokulum 6% dan 8% dengan masing-

masing lama fermentasi 10 hari memperlihatkan aktivitas enzim amilase yang tinggi. Tingginya aktivitas enzim amilase berkaitan dengan kondisi pH yang diperoleh yaitu 5 - 6 yang cocok untuk memproduksi enzim amylase dari kapang *Neurospora crassa*. Sesuai dengan pendapat Purnama *et al.* (2002) bahwa enzim amilase mempunyai aktivitas optimum pada pH 5 - 6.

Disamping itu tingginya aktivitas enzim amilase pada dosis inokulum 8 % dengan lama inkubasi 10 hari disebabkan kapang berada dalam kondisi subur karena jumlah inokulum yang diberikan banyak dan kapang berada pada fase pertumbuhan cepat (logaritmik) yaitu 10 hari. Pada fase pertumbuhan cepat, aktivitas enzim amilase meningkat dalam merombak pati menjadi glukosa dan glukosa inilah yang digunakan kapang sebagai sumber energi untuk pertumbuhannya. Sumber energi utama dan pertama yang digunakan mikroorganisme adalah glukosa.

Keadaan berlawanan terjadi pada lama fermentasi 13 hari karena aktivitas enzim amilase yang diperoleh rendah, karena semakin lama inkubasi maka kandungan karbohidrat yang mudah larut sudah berkurang sehingga aktivitas enzim amilase menurun karena tidak ada/ sedikit pati yang akan dirombak, disamping keadaan pH substrat sudah lebih besar dari 6 berarti telah melewati pH optimum untuk produksi enzim. Pendapat Purnama *et al.* (2002) bahwa pemecahan pati pada pH 6 dapat menyebabkan terjadi isomerisasi residu glukosa dari ujung pereduksi dekstrin dan menurunkan glukosa yang dihasilkan.

3.1.3.2. Aktivitas Enzim Protease

Enzim protease adalah enzim yang mampu merombak protein menjadi asam amino. Ditinjau dari segi aktivitas enzim protease kapang *Neurospora crassa* pada substrat ampas sugu dan ampas tahu terlihat bahwa pada kombinasi dosis inokulum 8% dan 10% dengan masing-masing lama fermentasi 10 hari diperoleh aktivitas enzim protease lebih tinggi. Ini disebabkan lebih banyak dosis inokulum yang diberikan, maka semakin cepat proses fermentasi berlangsung, karena dengan jumlah inokulum yang banyak menyebabkan pertumbuhan kapang pada substrat semakin cepat dan aktivitas dari enzim protease juga semakin meningkat.

Aktivitas enzim protease juga tinggi karena didukung oleh kondisi pH yang sesuai untuk aktivitas enzim protease yaitu 5,63 dan 5,65, sehingga enzim protease bekerja lebih aktif dalam merombak protein menjadi asam amino. Pendapat Murray *et al.* (1993) bahwa pH 5,5 merupakan pH optimum *Neurospora crassa* dalam mengkonversi substrat yang mengandung selulosa menjadi produk yang kaya protein. Aktifitas enzim protease yang dihasilkan pada penelitian ini adalah 15,06 dan 15,10U/ml, tidak jauh berbeda dengan yang diperoleh Sabrina *et al.*(2001) yaitu 15,80 U/ml dengan menggunakan substrat bungkil inti sawit yang difermentasi dengan kapang *Neurospora sp.*

Keadaan berbeda terjadi pada kombinasi dosis inokulum 6 % dengan lama fermentasi 7 hari terdapat aktivitas enzim protease yang rendah karena pada perlakuan ini kapang baru tumbuh sehingga yang lebih aktif adalah aktivitas enzim amilase. yang bekerja merombak karbohidrat (pati) menjadi

glukosa yang digunakan sebagai sumber energi untuk pertumbuhannya.

3.1.3.3. Aktivitas Enzim Selulase

Ditinjau dari segi aktivitas enzim selulase yang dihasilkan kapang *Neurospora crassa* memperlihatkan bahwa pada dosis inokulum 6 % dan 8% dengan masing-masing lama fermentasi 10 hari lebih tinggi aktivitas enzim selulasenya dibandingkan yang lainnya. Ini berkaitan semakin banyak dosis inokulum yang diberikan dengan lama fermentasi 10 hari mengakibatkan kapang tumbuh subur dan enzim yang dihasilkan banyak pula, disamping kondisi dalam substrat terutama pH juga mendukung enzim selulase beraktivitas, sehingga enzim selulase lebih aktif dalam merombak selulosa menjadi glukosa.

Aktivitas enzim selulase yang dihasilkan kapang *Neurospora* pada penelitian ini lebih rendah dari yang diperoleh Irawadi (1995) pada tandan kosong dan sabut sawit dengan kapang *Neurospora sp* yaitu 2,04 U/ml selama 8 hari fermentasi. Hal ini disebabkan kandungan selulosa tandan kosong sawit lebih tinggi (40,45%) dari pada campuran ampas sagu dan ampas tahu (15,86%), sehingga memicu kerja enzim selulase lebih aktif pada substrat tandan kosong sawit dibandingkan pada substrat ampas sagu.

3.2. Profil Limbah Sagu Fermentasi dengan *Monascus purpureus*

3.2.1. Kandungan Monakolin

Karotenoid monakolin yang berwarna orange merah dapat dihasilkan melalui fermentasi dengan kapang *Monascus purpureus*. Kandungan monakolin produk fermentasi dengan *Monascus purpureus* disajikan pada Tabel 8. Pada tabel terlihat bahwa pada dosis inokulum 10% dan lama fermentasi 8 hari lebih tinggi kandungan monakolin yang dihasilkan *Monascus purpureus*. Hal ini disebabkan semakin banyak dosis inokulum yang diberikan (10%) dengan lama fermentasi 8 hari, maka akan semakin banyak kapang yang berkembang biak dan tumbuh subur yang akibatnya semakin banyak pigmen merah monakolin yang dihasilkan (ditandai dengan jumlah spora yang banyak).

Tabel 8. Kandungan monakolin ($\mu\text{g/g}$) produk fermentasi dengan *Monascus purpureus*

Dosis Inokulum	Lama Fermentasi			Rataan
	B ₁ (4 hari)	B ₂ (8 hari)	B ₃ (12 hari)	
A ₁ (4 %)	304.31 ^{Bc}	332.61 ^{Bc}	407.58 ^{Ab}	348.17
A ₂ (7 %)	346.51 ^{Cb}	406.39 ^{Bb}	471.01 ^{Aa}	407.97
A ₃ (10 %)	388.32 ^{Ca}	559.39 ^{Aa}	482.95 ^{Ba}	476.89
Rataan	346.38	432.80	453.84	411.01

Keterangan: Superskrip huruf besar pada baris yang sama dan huruf kecil pada kolom yang sama menunjukkan pengaruh berbeda sangat nyata ($P < 0,01$)

3.2.2. Kandungan Protein Kasar

Protein adalah sumber asam amino yang mengandung unsur-unsur C, H, O, dan N. Protein kasar adalah semua ikatan yang mengandung nitrogen (N) yang dapat dibagi dalam : Protein sesungguhnya (true protein) dan zat-zat yang mengandung N tapi bukan protein (non protein nitrogen). Protein kasar merupakan semua kandungan nitrogen yang ada didalam bahan makanan.

Kandungan protein kasar dari ampas sagu fermentasi dengan *Monascus purpureus* disajikan pada Tabel 9. Dari tabel tersebut menunjukkan bahwa terjadi interaksi antara dosis inokulum dan lama fermentasi dengan kapang *Monascus purpureus*. Dosis inokulum 10% dan lama fermentasi 8 hari lebih tinggi kandungan protein kasar produk campuran ampas sagu dan ampas tahu yang difermentasi dengan kapang *Monascus purpureus*.

Tabel 9. Kandungan protein kasar (%) LSATF dengan *Monascus purpureus*

Dosis Inokulum (%)	Lama Fermentasi			Rataan
	B1 (4 hari)	B2 (8 hari)	B3 (12 hari)	
A1 (4 %)	15.86 ^{Cb}	17.61 ^{Bc}	19.38 ^{Ab}	17,61
A2 (7 %)	16.20 ^{Cb}	18.86 ^{Bb}	20.18 ^{Aa}	18,41
A3 (10 %)	18.95 ^{Ca}	22.36 ^{Aa}	20.57 ^{Ba}	20,64
Rataan	17.00	19.61	20.04	18.88

Keterangan: Superskrip huruf besar pada baris yang sama dan huruf kecil pada kolom yang sama menunjukkan pengaruh berbeda sangat nyata ($P < 0,01$)

Hal ini berkaitan kapang *Monascus purpureus* tumbuh bagus, merata dan subur (Gambar 4). Kapang tersebut akan

menyumbangkan protein tubuhnya sehingga protein substrat akan meningkat. Menurut Ratledge (1994), mengungkapkan bahwa kapang yang pertumbuhan dan perkembangbiakannya baik dapat mengubah lebih banyak komponen penyusun media menjadi suatu massa sel, sehingga terbentuk protein tubuh kapang itu sendiri sehingga akan meningkatkan kandungan protein dari bahan. Tubuh kapang menurut Crueger dan Crueger (1989) mengandung protein yang cukup tinggi yaitu 40 - 50%.



Gambar 3. Fermentasi LSATF dengan *Monascus purpureus*

Peningkatan kandungan protein setelah fermentasi ini dapat dikatakan sebagai proses "protein enrichment" yang berarti proses pengayaan protein bahan dengan mikroorganisme tertentu karena proses ini identik dengan pembuatan Single Cell Protein atau Protein Sel Tunggal dan pada proses ini tidak dipisahkan antara sel mikroba yang tumbuh dengan sisa substratnya (Carlile dan Watkinson, 1995).

Selama fermentasi mikroba mengeluarkan enzim. Enzim tersebut adalah protein dan mikroba itu sendiri yang merupakan sumber protein tunggal, sehingga secara persentase protein kasar produk fermentasi meningkat. Sesuai dengan pendapat Dwijoseputro (1990) bahwa pada fase logaritmik mikroba tumbuh dan berkembang dengan cepat, sehingga sumbangan protein yang berasal dari tumbuhan kapang dan enzim juga meningkat.

3.2.3. Kandungan Serat Kasar

Serat kasar dalam bahan organik yang tidak larut dalam asam sulfat 0,3 N dan dalam NaOH 1,5 N yang dimasak berturut-turut selama 30 menit. Kesanggupan hewan untuk mencerna serat kasar tergantung pada alat pencernaan yang dimiliki hewan tersebut, dan mikroorganisme yang terdapat dalam alat pencernaan, diantara fraksi serat kasar hanya hemisellulosa yang masih dapat dicerna oleh unggas (Wahju, 1997).

Karbohidrat disusun oleh tiga unsur utama yaitu C, H, O dengan perbandingan 1:2:1 dan kadang-kadang terdapat unsur S, N, dan P (Rizal, 2006). Karbohidrat terdiri dari dua komponen besar serat kasar dan BETN. Serat kasar seperti selulosa, hemisellulosa dan lignin adalah bahan organik yang tidak larut dalam pemanasan asam dan basa kuat yang dicerna karena adanya ikatan lignosellulosa.

Kandungan serat kasar dari fermentasi dengan kapang *Monascus purpureus* untuk masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 10. Kombinasi dosis inokulum 10% dan lama fermentasi 8 hari lebih tinggi kandungan serat kasar produk fermentasi dengan kapang *Monascus purpureus*. Ini disebabkan

tubuh mikroba selain mengandung protein juga mengandung serat kasar yang tinggi. Menurut Pelezar *et al.* (1977) bahwa tubuh kapang terdiri dari 2 bagian yaitu miselium dan spora. Miselium merupakan kumpulan hifa yang mengandung serat kasar yang tinggi.

Tabel 10. Kandungan serat kasar (%) LSATF dengan *Monascus purpureus*

Dosis Inokulum (%)	Lama Fermentasi (hari)			Rataan
	B ₁ (4 hari)	B ₂ (8 hari)	B ₃ (12 hari)	
A ₁ (4 %)	14.12 ^{Cc}	15.07 ^{Bc}	15.74 ^{Ab}	14.98
A ₂ (7 %)	14.48 ^{Cb}	15.55 ^{Bb}	16.49 ^{Aa}	15.50
A ₃ (10 %)	15.28 ^{Ca}	17.28 ^{Aa}	16.44 ^{Ba}	16.33
Rataan	14.62	15.97	16.22	15.60

Keterangan: Superskrip huruf besar pada baris yang sama dan huruf kecil pada kolom yang sama menunjukkan pengaruh berbeda sangat nyata ($P < 0,01$).

Kapang *Monascus purpureus* tumbuh subur dan merata pada dosis inokulum 10% dan lama fermentasi 8 hari, akibatnya sumbangan serat kasar yang berasal dari miselium kapang juga meningkat. Menurut Shurtleff dan Aoyagi (1979) bahwa serat kasar yang meningkat selama fermentasi disebabkan pertumbuhan miselia dan hilangnya dari sejumlah zat padatan. Bila pertumbuhan dan perkembangan kapang cepat maka miselium yang terbentuk akan banyak yang pada akhirnya akan meningkatkan kandungan serat kasar.

3.3. Profil Limbah Sagu Fermentasi dengan Kapang Selulolitik (*Pennicilium* sp)

3.3.1. Kandungan Protein Kasar

Kandungan protein kasar produk limbah sagu yang difermentasi dengan *Pennicilium sp* yang dipengaruhi dosis inokulum dan lama fermentasi tertera pada Tabel 11.

Tabel 11. Kandungan protein kasar LSATF dengan *Pennicilium sp*

Peubah	Dosis Inokulum	Lama Fermentasi			Rataan
		4 hari	7 hari	10 hari	
Protein Kasar (%)	6%	15.42	19.81	19.18	18.14 ^b
	8%	19.24	20.23	19.26	19.58 ^a
	10%	19.34	21.12	20.67	20.27 ^a
	Rataan	18.00 ^B	20.39 ^A	19.70 ^A	

Keterangan: Superskrip huruf besar pada baris dan huruf kecil pada kolom yang sama memberikan pengaruh yang berbeda nyata ($P < 0.05$)

Pada Tabel diatas tampak bahwa tidak terdapat interaksi antara dosis inokulum dan lama fermentasi terhadap kandungan protein kasar. Pada dosis inokulum 8 % dan 10 % memperlihatkan kandungan protein kasar yang lebih tinggi. Tingginya kandungan protein kasar berkaitan dengan semakin banyak dosis inokulum yang diberikan berarti semakin banyak pula bibit kapang yang ditumbuhkan, sehingga pertumbuhan kapang lebih tinggi yang secara visual tampak kapang tumbuh subur dan merata yang berwarna putih keabu abuan pada seluruh permukaan substrat (Gambar 4).

Semakin banyak inokulum yang ditumbuhkan pada media /substrat maka semakin cepat pertumbuhan kapang.

Kapang yang tumbuh banyak pada substrat mengakibatkan kandungan protein kasar substrat semakin meningkat yang berasal dari sumbangan protein tubuh kapang karena dalam analisa kandungan protein kasar dari produk LSATF, tidak dipisahkan antara substrat dengan kapang yang tumbuh (Doelle *et al.*, 1992).



Gambar 4. Produk LSATF dengan *Penicillium sp*

Kapang yang pertumbuhan dan perkembang-biakannya baik akan dapat mengubah lebih banyak komponen penyusun media menjadi suatu massa sel, sehingga terbentuk protein tubuh kapang itu sendiri yang akan meningkatkan kandungan protein bahan (Ratledge, 1994). Tubuh kapang mengandung protein yang cukup tinggi yaitu 40 - 50 % (Crueger and Crueger, 1989).

Disamping itu peningkatan kandungan protein kasar juga berkaitan dengan enzim yang dihasilkan karena enzim itu adalah protein. Menurut Ratledge (1994) peningkatan kandungan protein produk fermentasi disebabkan oleh mikroba dan enzim karena mikroba sumber protein yaitu protein sel tunggal dan enzim tergolong ke dalam protein.

3.3.2. Kandungan Serat Kasar

Serat kasar adalah senyawa organik yang tidak bisa dihidrolisis dengan H₂SO₄ 1,25% dan NaOH 3,25%. Serat kasar merupakan karbohidrat yang susah dicerna oleh manusia dan ternak non ruminansia. Komponen penyusun serat kasar adalah selulosa, hemiselulosa, lignin dan silika. Kandungan serat kasar campuran ampas sagu dan ampas tahu fermentasi dengan *Pennicilium sp* terlihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Kandungan serat kasar LSATF dengan *Pennicilium sp*

Peubah	Dosis Inokulum	Lama Fermentasi			Rataan
		7 hari	10 hari	13 hari	
Serat	6%	19.21	17.97	22.11	18.14 ^b
Kasar	8%	19.14	16.23	23.23	18.69 ^c
(%)	10%	20.82	18.72	23.92	21.15 ^a
	Rataan	19.72 ^B	17.64 ^C	23.09 ^A	

Keterangan: Superskrip pada baris yang sama dan pada kolom yang sama menunjukkan pengaruh berbeda sangat nyata ($P < 0.01$)

Pada Tabel 12 terlihat bahwa kandungan serat kasar rendah pada dosis inokulum 8 % dan pada lama fermentasi 10 hari. Ini berkaitan dengan enzim selulase yang aktivitasnya tinggi (0,45 Unit/ml dan 0,49Unit/ml). Tingginya aktivitas enzim selulase berarti lebih banyak jumlah selulosa yang

dirombak menjadi glukosa sehingga selulosa berkurang akibatnya kandungan serat kasar produk ASATF menjadi rendah. Menurut Romero (1999) dan Murray *et al.* (1993) bahwa kapang *Pennicilium sp* dapat menghasilkan enzim selulase yang akan merombak selulosa dan hemiselulosa menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu glukosa. Keadaan berlawanan terjadi pada lama fermentasi 7 hari terdapat kandungan serat kasar masih tinggi, ini disebabkan dengan lama fermentasi baru 7 hari ternyata pertumbuhan kapang belum optimal, sehingga aktivitas enzim selulase yang dihasilkan kapang *Pennicilium sp* masih rendah, akibatnya sedikit pula jumlah selulosa yang dapat dirombak dan akhirnya menyebabkan kandungan serat kasar substrat masih tinggi.

Kandungan serat kasar yang juga tinggi pada perlakuan lama fermentasi 13 hari disebabkan pada umur kapang 13 hari telah terjadi perubahan warna menjadi coklat kehitaman. Pada fase ini kapang sudah banyak yang mati sehingga produksi enzim selulase juga sedikit, akibatnya serat kasar tinggi.

3.4. Profil Limbah Sagu Fermentasi dengan kapang ligninolitik dan selulolitik (*Phanerochaete chrysosporium* dan karotenoid (*Neurospora crassa*))

3.4.1. Protein Kasar

Protein kasar campuran limbah sagu dan ampas tahu fermentasi dengan *Phanerochaete chrysosporium* dan *Neurospora crassa* dengan komposisi inokulum berbeda dapat dilihat pada Tabel 13. Pada tabel dapat dilihat bahwa peningkatan protein kasar pada komposisi *Phanerochaete chrysosporium* dan

Neurospora crassa, perbandingan 3:1 lebih tinggi dari 2:1 dan 1:1). Tingginya peningkatan protein kasar berkaitan dengan pertumbuhan kapang subur dan merata pada substrat ditandai jumlah koloni yang banyak yaitu ($18,09 \times 10^{10}$ cfu/g).

Tabel 13. Protein kasar LSATF dengan *Phanerochaete chrysosporium* dan *Neurospora crassa*

Perlakuan	Protein Kasar Setelah Fermentasi (% BK)
A(Pc:Nc=1:1)	15,70 ^c
B(Pc:Nc=2:1)	17,49 ^b
C(Pc:Nc=3:1)	19,75 ^a
SE	1.56

Keterangan: Superskrip pada kolom menunjukkan pengaruh berbeda sangat nyata ($P < 0.01$)

Kapang yang banyak akan menyumbang protein tubuhnya karena kapang mengandung protein yang cukup tinggi yaitu 35-40 %. Peningkatan protein kasar ini juga disebabkan adanya enzim yang dihasilkan kapang, karena enzim adalah bagian dari protein. Menurut Haword *et al.*, (2003) kapang *Phanerochaete chrysosporium* menghasilkan enzim peroksidase ekstraseluler yang berupa lignin peroksidase dan mangan peroksidase, dan kapang *Neurospora crassa* dapat menghasilkan enzim amilase, selulase, dan protease (Nuraini, 2006).

3.4.2 Serat Kasar

Kandungan serat kasar limbah sagu fermentasi dengan *Phanerochaete chrysosporium* dan *Neurospora crassa* dapat dilihat pada Tabel 14. Pada Tabel tersebut dapat dilihat bahwa serat

kasar yang terendah terdapat pada perlakuan LSATF dengan *Phanerochaete chrysosporium* dan *Neurospora crassa*, komposisi inokulum 3:1). Ini disebabkan perlakuan tersebut menggunakan kapang *Phanerochaete chrysosporium* yang (bersifat selulolitik dan lignolitik) dengan komposisi lebih banyak sehingga lebih banyak menghasilkan enzim selulase dan ligninase untuk mendegradasi selulosa dan lignin dengan demikian serat kasar menjadi lebih rendah.

Tabel 14. Serat kasar LSATF dengan *Phanerochaete chrysosporium* dan *Neurospora crassa*

Perlakuan	Serat Kasar Setelah Fermentasi (% BK)
A(Pc:Nc=1:1)	14,07 ^a
B(Pc:Nc=2:1)	12, 59 ^b
C(Pc:Nc=3:1)	10,74 ^c
SE	0,54

Keterangan: Superskrip pada kolom menunjukkan pengaruh berbeda sangat nyata ($P < 0.01$)

Menurut Dhawale and Kathrina (1993) dan Haword *et al.* (2003) kapang *Phanerochaete chrysosporium* dapat mendegradasi lignin dan senyawa turunannya secara efektif dengan cara menghasilkan enzim peroksidase ekstraselular yang berupa lignin peroksidase dan mangan peroksidase, disamping itu kapang *Neurospora crassa* juga menghasilkan enzim selulase walaupun dalam jumlah sedikit, yang bisa merombak selulosa. Kapang *Neurospora crassa* dapat menghasilkan enzim amilase, enzim selulase dan protease (Nuraini, 2006).

3.4.3. Retensi Nitrogen

Retensi nitrogen dari produk LSATF dengan *Phanerochaete chrysosporium* dan *Neurospora crassa* dapat dilihat pada Tabel 15. Pada Tabel dapat dilihat bahwa kandungan retensi nitrogen tertinggi terdapat pada perlakuan dengan *Phanerochaete chrysosporium* dan *Neurospora crassa* perbandingan 3:1) yang menunjukkan bahwa kualitas protein pada produk fermentasi tersebut lebih baik dari pada produk lainnya.

Tabel 15. Retensi nitrogen broiler yang diberi LSATF dengan *Phanerochaete chrysosporium* dan *Neurospora crassa*

Perlakuan	Retensi Nitrogen (%)
A	63,40 ^c
B	65,79 ^b
C	67,29 ^a
SE	1,75

Keterangan: Superskrip huruf kecil yang berbeda menunjukkan pengaruh berbeda sangat nyata ($P < 0.01$)

Hal ini didukung oleh Wahju (1997) mengemukakan bahwa retensi nitrogen dipengaruhi oleh daya cerna protein, kualitas protein dan keseimbangan konsumsi nitrogen serta energi metabolisme dalam ransum. Tingginya retensi nitrogen pada perlakuan C berkaitan dengan jumlah protein kasar yang dikonsumsi juga tinggi. Konsumsi protein pada perlakuan C yaitu 2,86 gram/ekor. Hal ini berkaitan dengan kandungan protein kasar yang lebih tinggi pada perlakuan fermentasi dengan *Phanerochaete chrysosporium* dan *Neurospora crassa* komposisi inokulum 3:1, yaitu 19,75%. Konsumsi protein kasar

yang tinggi mengakibatkan semakin banyak protein yang dicerna sehingga banyak yang ditinggalkan didalam tubuh akibatnya persentase retensi nitrogen meningkat.

BAB IV

PENGGUNAAN LIMBAH SAGU FERMENTASI DALAM RANSUM

4.1. Penggunaan Limbah Sagu Fermentasi dengan *Neurospora* Terhadap Unggas

4.1.1. Penggunaan Limbah Sagu Fermentasi dengan *Neurospora* Terhadap Broiler (umur 0-6 minggu)

4.1.1.1. Konsumsi Ransum Broiler

Konsumsi ransum merupakan kegiatan masuknya sejumlah unsur nutrisi yang ada dalam ransum yang telah disusun dari berbagai bahan makanan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi ayam. Konsumsi ransum merupakan selisih antara jumlah ransum yang disediakan dikurangi sisa ransum yang tidak dikonsumsi. Rasyaf (2003) berpendapat bahwa konsumsi ransum dipengaruhi oleh temperatur lingkungan, kesehatan ayam, imbang energi dan protein yang diberikan, sistem pemberian makanan, kualitas ransum jenis kelamin dan genetis ayam. Palatabilitas suatu bahan makanan juga merupakan faktor penting dalam menentukan konsumsi ransum.

Ternak cenderung meningkatkan konsumsi bila diberi ransum energi rendah dan sebaliknya bila kadar energi ransum tinggi maka konsumsi ransum akan berkurang. Konsumsi ransum ternak dari minggu ke minggu bertambah sesuai dengan pertambahan umur, yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti bangsa, temperatur, kandang yang dipakai, kandungan energi ransum, kepadatan dalam kandang, tingkat penyakit dan tersedianya air minum.

Konsumsi ransum broiler sampai umur 6 minggu yang menggunakan ampas sugu fermentasi dalam ransum disajikan pada Tabel 16. Konsumsi ransum yang sama antara broiler yang mengkonsumsi LSATF sampai 21% dalam ransum dengan broiler yang mengkonsumsi ransum kontrol (tanpa fermentasi), menunjukkan bahwa penggunaan produk fermentasi ternyata masih dapat ditolerir oleh broiler sampai level 21% dalam ransum, walaupun semakin berkurang penggunaan jagung dan bungkil kedelai dalam ransum tersebut.

Tabel 16. Rataan konsumsi ransum broiler yang diberi LSATF dengan *Neurospora crassa* dalam ransum

Perlakuan (% LSATF dalam ransum)	Konsumsi Ransum (g/ekor)
A (0% LSATF)	2725.10
B (7% LSATF)	2732.62
C (14% LSATF)	2708.98
D (21% LSATF)	2734.92
SE	11.35

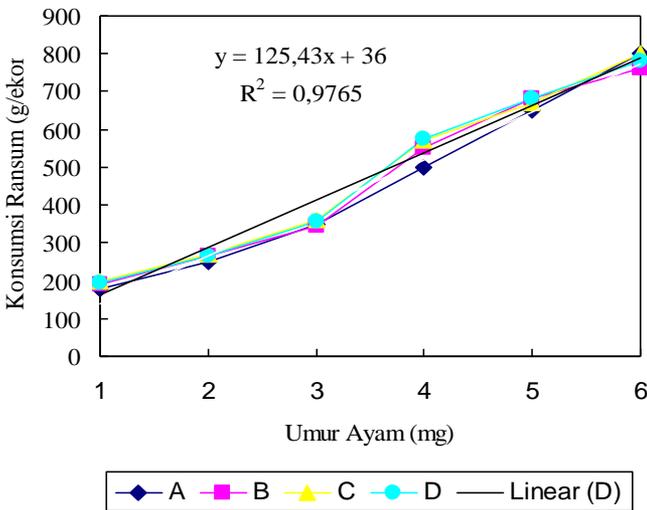
Keterangan: Berbeda tidak nyata ($P > 0,05$)

Fakta ini menunjukkan bahwa kekurangan penggunaan jagung dan bungkil kedelai dalam ransum dapat diimbangi dengan penggunaan produk fermentasi LSATF. Hal ini bisa terjadi disebabkan produk fermentasi lebih palatable bila dibandingkan bahan asalnya karena fermentasi dapat menghasilkan flavour yang lebih disukai dan dihasilkan beberapa vitamin B yaitu B₁, B₂, dan B₁₂ (Murugesan *et al.*, 2005). Vitamin B₁ berfungsi dapat merangsang nafsu makan (Wahju, 1997).

Disamping itu palatabilitas ransum yang sama disebabkan oleh samanya bentuk fisik ransum yaitu berbentuk butiran pecah

(crumble) dan warna ransum berwarna kuning orange. Fermentasi pada substrat campuran limbah sagu dan ampas tahu dilakukan dengan menggunakan kapang *Neurospora crassa* yang berwarna orange dan produk LSATF dibuat dalam bentuk butiran pecah sehingga pada perlakuan 21 % LSATF dalam ransum, ternyata masih tetap memberikan warna terang dalam ransum walaupun semakin berkurang penggunaan jagung dan bungkil kedelai yang berwarna kuning. Menurut Wahju (1997) bentuk fisik dan warna ransum akan mempengaruhi konsumsi. Ternak unggas lebih menyukai ransum yang berbentuk butiran pecah (crumble) dibandingkan bentuk tepung (mash) dan ransum yang berwarna terang dibandingkan yang gelap warnanya (Amrullah, 2003).

Konsumsi ransum broiler umur 6 minggu dengan penggunaan produk LSATF dengan kapang *Neurospora crassa* sampai level 21 % dalam ransum adalah 2734.92 g/ekor. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian Sabrina *et al.*, (2002) yang menggunakan 22,5 % produk bungkil inti sawit fermentasi dengan *Neurospora sp* dalam ransum diperoleh konsumsi ransum ayam broiler sampai umur 6 minggu sebesar 2785.00 g/ekor. Pola konsumsi ransum ayam broiler setiap minggu disajikan pada Gambar 6. Pada Gambar 6, terlihat bahwa terjadi peningkatan konsumsi ransum (g/ekor) broiler sampai umur 6 minggu seiring dengan meningkatnya umur ayam, mengikuti persamaan garis berbentuk linear: $Y = 125,43x + 36$ dan terdapat hubungan yang erat (97%) antara peningkatan konsumsi ransum ayam broiler dengan bertambahnya umur ayam.



Gambar 5. Pola konsumsi ransum broiler setiap minggu

4.1.1.2. Pertambahan Bobot Badan Broiler

Pertambahan berat badan menurut Rasyaf (2003) adalah berat badan pada waktu sekarang dikurangi berat badan pada waktu yang lalu dan pengukuran berat ini dilakukan dalam kurun waktu satu minggu, sehingga untuk mendapatkan pertambahan bobot badan harian maka bobot badan tersebut dibagi tujuh. Rataan pertambahan bobot badan broiler sampai umur 6 minggu disajikan dalam Tabel 17. Pertambahan bobot badan broiler yang sama, berarti penggunaan produk LSATF dengan kapang *Neurospora crassa* sampai level 21% dalam ransum dapat memberikan pertambahan bobot badan ayam broiler yang sama dengan ransum kontrol yang tidak menggunakan produk LSATF.

Tabel 17. Pertambahan bobot badan broiler yang diberi LSATF dengan *Neurospora crassa*

Perlakuan (% LSATF dalam ransum)	Pertambahan Bobot Badan (g/ekor)
A (0% LSATF)	1422.60
B (7% LSATF)	1426.72
C (14% LSATF)	1419.23
D (21% LSATF)	1425.78
SE	10.62

Keterangan: Berbeda tidak nyata ($P>0,05$)

Pertambahan bobot badan yang sama disebabkan oleh konsumsi ransum terutama konsumsi protein yang juga sama. Sesuai dengan pendapat Leeson dan Summers (1997) bahwa jumlah ransum yang dikonsumsi akan menentukan besarnya pertambahan bobot badan yang diperoleh. Samanya konsumsi protein berarti jumlah asam amino esensial (terutama metionin, lisin dan triptofan) yang dikonsumsi broiler juga sama, karena pada penggunaan 21% LSATF dalam ransum terdapat kandungan asam amino esensial dalam ransum yaitu metionin 0,45%, lisin 1,26% dan triptofan 0,20% hampir sama dengan penggunaan 0, 7, dan 14 % LSATF dalam ransum, akibatnya pertambahan bobot badan yang dihasilkan seragam.

Samanya kandungan asam amino dalam ransum baik pada penggunaan 7, 14 dan 21% LSATF dalam ransum maupun pada ransum tanpa LSATF, disebabkan produk fermentasi campuran limbah sagu dan ampas tahu dengan kapang *Neurospora crassa* mempunyai kandungan gizi yang lebih tinggi dibandingkan bahan asalnya (sebelum fermentasi).

Peningkatan kandungan gizi ini terutama dapat dilihat dari peningkatan kandungan protein kasar dan kandungan asam amino esensial. Kandungan protein kasar limbah sagu dan ampas tahu (LSAT) sebelum fermentasi berdasarkan bahan kering adalah 12.67 % dan terjadi peningkatan setelah difermentasi dengan kapang *Neurospora crassa* menjadi 21.78 %. Demikian juga dengan kandungan asam amino esensial LSAT sebelum fermentasi adalah arginin 0,90 %, metionin 0,10 %, lisin 0,23 % dan triptophan 0,05 % ternyata terjadi peningkatan setelah difermentasi (LSATF) menjadi arginin 1,19 %, metionin 0,35 %, lisin 1,05 % dan triptophan 0,17 %.

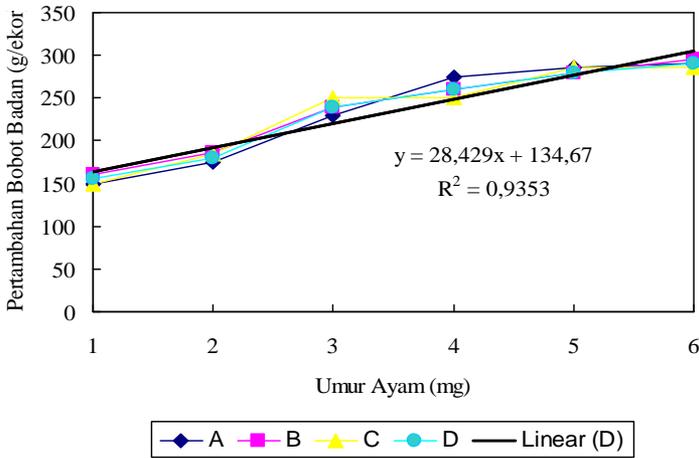
Kandungan asam amino esensial produk LSATF secara keseluruhan berada di atas kandungan asam amino esensial jagung, tetapi berada di bawah kandungan asam-amino esensial bungkil kedelai. Keuntungan yang dapat diperoleh dengan perlakuan secara biologi melalui fermentasi adalah mikroorganisme dapat menghasilkan beberapa asam- amino. Kapang karotenogenik *Neurospora crassa* dapat menghasilkan beberapa asam amino seperti tirosin (Lerch, 1978), arginin (Palmier, 1999), metionin (Marathe *et al.*, 1998), glutamate (Wolf dan Weiss, 1980) dan triptophan (Tsai dan Suskind, 1972).

Selain terjadi peningkatan kandungan gizi keuntungan lain dari fermentasi adalah produk fermentasi lebih mudah dicerna dibandingkan bahan asalnya karena mikroba dapat menghasilkan beberapa enzim. Kapang *Neurospora crassa* dapat menghasilkan enzim amylase (Heinz *et al.*, 2005 dan Nuraini, 2006), selulase (Romero, 1999 dan Nuraini, 2006), protease (Rhodes *et al.*, 1983 dan Nuraini, 2006), chitinase (McNab dan Glover, 1991). Enzim-enzim tersebut berfungsi memecah selulosa, hemiselulosa dan protein menjadi molekul yang lebih sederhana seperti glukosa dan

asam amino. Molekul-molekul sederhana tersebut akan lebih mudah diserap dan dimetabolis serta didistribusikan ke seluruh tubuh broiler. Oleh karena itu penggunaan produk fermentasi LSATF sampai 21% dalam ransum dapat digunakan sebagai pakan alternatif yang dapat menghemat penggunaan jagung dan bungkil kedelai, karena dapat mempertahankan pertambahan bobot badan ayam broiler sama dengan perlakuan kontrol.

Pertambahan bobot badan yang sama disebabkan juga oleh kualitas protein antara ransum yang mengandung produk LSATF 7, 14 dan 21% LSATF dalam ransum sama dengan ransum kontrol (0% LSATF). Kualitas protein ransum dapat diketahui melalui retensi nitrogen setiap perlakuan yang juga sama, sehingga pertambahan bobot badan yang dicapai juga sama, karena pendapat Wahju (1997) bahwa terdapat hubungan yang nyata antara pertambahan bobot badan dengan retensi nitrogen sehingga retensi nitrogen dapat digunakan untuk menduga pertumbuhan.

Pertambahan bobot badan yang diperoleh dengan penggunaan LSATF sebanyak 21% dalam ransum adalah 1425.78 g/ekor, nilai ini berada dalam kisaran bobot badan menurut Rasyaf (1992) yaitu bobot badan ayam broiler campuran jantan dan betina sampai umur 6 minggu adalah 1300 - 1600 g/ekor. Sabrina *et al.* (2002) juga melaporkan pertambahan bobot badan ayam broiler sampai umur 6 minggu adalah 1400.45 g/ekor dengan penggunaan 22.5 % bungkil inti sawit fermentasi dengan *Neurospora spp.* Pola pertambahan bobot badan ayam broiler setiap minggu selama penelitian disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Pola pertambahan bobot badan broiler (g/ekor)

Pada Gambar 6 tampak pola pertambahan bobot badan broiler antara ransum yang mendapat produk LSATF 7, 14 dan 21% dalam ransum relatif cukup baik, karena memberikan pengaruh yang sama dengan ransum kontrol. Pertumbuhan ayam broiler meningkat cepat sampai umur 4 minggu untuk setiap perlakuan sedangkan pada minggu ke-5 pertambahan bobot badan mulai lambat peningkatannya. Menurut Amrullah (2003) ada galur broiler yang pertumbuhannya cepat sampai umur 4 minggu dan ada galur yang pertumbuhannya cepat setelah umur 4 minggu, walaupun demikian pada umumnya broiler tumbuh berdasarkan kurva sigmoid.

4.1.1.3. Konversi Ransum Broiler

Efisiensi penggunaan ransum dalam suatu usaha peternakan broiler dapat diketahui dengan menghitung angka

konversi ransum. Konversi ransum dapat digunakan sebagai gambaran koefisien produksi. Semakin kecil nilai konversi ransum maka semakin efisien penggunaan ransum dan demikian sebaliknya. Nilai konversi ransum broiler sampai umur 6 minggu disajikan pada Tabel 18.

Tabel 18. Konversi ransum broiler yang diberi LSATF dengan *Neurospora crassa*

Perlakuan (% LSATF dalam ransum)	Konversi Ransum
A (0% LSATF)	1.93
B (7% LSATF)	1.91
C (14% LSATF)	1.92
D (21% LSATF)	1.92
SE	0.02

Keterangan: Berbeda tidak nyata ($P>0,05$)

Konversi ransum yang sama berkaitan dengan konsumsi ransum dan penambahan bobot badan broiler yang juga sama, karena konversi ransum diperoleh dari perbandingan ransum yang dikonsumsi dengan penambahan bobot badan dalam waktu tertentu. Jadi dengan konsumsi ransum yang sama yang diikuti dengan penambahan bobot badan yang seragam akan menghasilkan konversi ransum yang tidak berbeda. Menurut Leeson dan Summers (1997) bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi konversi ransum antara lain kecepatan pertumbuhan, konsumsi, kandungan energi dalam ransum, besar ternak, terpenuhinya zat-zat nutrisi dalam ransum, temperatur lingkungan dan kesehatan ternak.

Konversi ransum broiler dengan penggunaan produk LSATF sampai 21 % dalam ransum adalah 1.92. Semakin

rendah nilai konversi ransum, berarti ransum bersangkutan semakin baik nilai gizinya dan nilai konversi ransum ayam broiler umur 0-7 minggu dengan kandungan energi metabolis 2900 - 3100 kkal/kg adalah 1.82 -1.94 (Leeson dan Summers, 1997 dan Amrullah, 2003). Nilai konversi ransum pada penelitian ini 1,92, tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian Sabrina (2002) terhadap broiler sampai umur 6 minggu dengan penggunaan 22.5 % bungkil inti sawit fermentasi dengan *Neurospora sp* diperoleh nilai konversi ransum sebesar 1.95.

4.1.1.4 Kualitas Protein Broiler

Retensi nitrogen merupakan protein makanan yang tertinggal dalam tubuh. Retensi nitrogen merupakan selisih antara jumlah protein yang dimakan dengan yang dikeluarkan melalui feses dan urin. Retensi nitrogen pada ayam diperoleh dengan cara mengurangi jumlah nitrogen yang dikonsumsi dalam makanan dengan jumlah nitrogen dalam ekskreta. Retensi nitrogen merupakan salah satu metoda untuk menilai kualitas protein ransum dengan jalan mengukur konsumsi nitrogen dan pengeluaran nitrogen dalam feses dan urin, sehingga dapat diketahui banyaknya nitrogen yang tertinggal dalam tubuh (Llyod *et al.*, 1978).

Menurut Wahyu (1997) tingkat retensi nitrogen pada unggas dipengaruhi oleh keseimbangan antara protein dan energi dan bila kualitas protein rendah karena kekurangan salah satu asam amino maka retensi nitrogen akan rendah pula dan kualitas protein yang baik adalah tersedia dan seimbangnyanya asam amino essensial termasuk lisin, methionin dan triptופן. Rataan retensi nitrogen broiler pada umur 6 minggu dari masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel

19. Retensi nitrogen broiler yang sama disebabkan konsumsi protein yang juga sama. Konsumsi protein yang sama berarti konsumsi asam amino esensial terutama metionin, lisin dan triptophan juga sama, karena kandungan asam amino esensial dalam ransum juga sama akibatnya nitrogen yang diretensi (tertinggal) dalam tubuh juga sama. Menurut Corzo *et al.* (2005) konsumsi protein terutama asam amino esensial akan mempengaruhi retensi nitrogen.

Tabel 19. Retensi nitrogen dan rasio efisiensi protein broiler yang diberi LSATF dengan *Neurospora crassa*

Perlakuan	Retensi Nitrogen (%)	Rasio Efisiensi Protein
A (0% LSATF)	62.28	2.36
B (7% LSATF)	63.54	2.37
C (14% LSATF)	62.87	2.36
D (21% LSATF)	62.91	2.37
SE	0.01	0.03

Keterangan: Berbeda tidak nyata ($P > 0,05$)

Retensi nitrogen yang sama pada penggunaan produk LSATF dibandingkan dengan kontrol menunjukkan bahwa produk fermentasi (LSATF) mempunyai kualitas protein yang sama dengan perlakuan kontrol. Pendapat ini didukung oleh Trevino *et al.* (2000) yang menyatakan bahwa retensi nitrogen merupakan salah satu metode untuk menilai kualitas protein bahan ataupun ransum. Retensi nitrogen yang sama pada setiap perlakuan menunjukkan bahwa produk LSATF sebagai pakan alternatif yang dapat mengurangi penggunaan jagung dan bungkil kedelai dalam ransum, ternyata masih dapat

ditolerir oleh ayam broiler sampai level 21% dalam ransum, karena memberikan efek yang sama dengan perlakuan kontrol terhadap jumlah nitrogen yang tertinggal dalam tubuh ayam broiler.

Kualitas protein yang sama dapat pula diketahui dengan melihat rasio efisiensi protein yang juga sama. Rasio efisiensi protein yang sama berkaitan dengan konsumsi protein dan penambahan bobot badan yang juga sama karena rasio efisiensi protein menurut Wahju (1997) diperoleh dari perbandingan penambahan bobot badan dengan konsumsi protein. Rasio efisiensi protein yang sama menunjukkan bahwa produk LSATF sebanyak 21% dalam ransum dapat mengimbangi kualitas protein ransum kontrol yang lebih banyak menggunakan jagung dan bungkil kedelai. Rataan rasio efisiensi protein yang diperoleh pada penelitian ini adalah 2.37. Nilai ini tidak berbeda dengan yang dilaporkan Witono (2001) bahwa penggunaan 18% ampas sagu fermentasi dengan oncom dalam ransum diperoleh imbalan efisiensi protein sebanyak 2.39.

4.1.1.5 Karkas dan Kolesterol Daging Ayam Broiler

Karkas ayam adalah bobot tubuh ayam setelah dipotong dikurangi kepala, kaki, darah, bulu serta organ dalam kecuali paru-paru dan ginjal (Abubakar dkk, 1991). Faktor -faktor yang mempengaruhi karkas adalah bangsa, jenis kelamin, umur, berat tubuh, hormon dan makanan. Umur berpengaruh terhadap berat karkas yang disebabkan oleh adanya perubahan alat-alat tubuh terutama penambahan dari lemak karkas. Kualitas karkas yang baik adalah karkas yang mengandung daging yang banyak, dan kadar lemak yang

tidak begitu tinggi. Kualitas karkas dinilai dari kandungan zat-zat makanannya, sedangkan kuantitas karkas dinilai dari persentase berat karkasnya (Soeparno, 1998).

Persentase karkas merupakan faktor yang penting untuk menilai produksi daging ternak. Persentase karkas diperoleh dengan cara membandingkan antara berat karkas dengan bobot hidup dikali 100%. Laju pertumbuhan erat hubungannya dengan persentase karkas, laju pertumbuhan yang rendah menyebabkan persentase karkas yang rendah. Persentase karkas broiler berkisar antara 65-75% dari bobot hidup (Wahju, 1997). Murtidjo (1990) mendapatkan persentase karkas broiler umur 4 minggu adalah 60,02-66,60% dari bobot hidup. Karkas dan kandungan kolesterol daging broiler umur 6 minggu dapat dilihat pada Tabel 20.

Tabel 20. Karkas dan kolesterol (daging dan darah) broiler yang diberi LSATF dengan *Neurospora crassa*

Parameter	% LSATF dalam Ransum				SE
	0%	7%	14%	21%	
Karkas (%)	65.46	67.08	66.50	66.21	0.73
Kolesterol Daging (mg/100g)	75.08 ^a	69.62 ^b	62.88 ^c	55.43 ^d	0.69
Kolesterol Serum Darah (mg/dl)	131.22 ^a	120.26 ^b	109.27 ^c	98.22 ^d	1.57
Kolesterol LDL Darah (mg/dl)	81.96 ^a	76.26 ^b	71.27 ^c	58.22 ^d	1.13
Kolesterol HDL Darah (mg/dl)	19.08 ^d	21.09 ^c	23.25 ^b	25.21 ^a	1.01

Keterangan: Superskrip pada baris yang sama menunjukkan pengaruh berbeda sangat nyata ($P < 0.01$)

Tampak pada tabel diatas bahwa persentase karkas broiler sama. Ini disebabkan berat karkas dan bobot hidup broiler yang diperoleh juga sama. Hal ini didukung oleh pendapat Cherry *et al.*(1998) bahwa persentase karkas

dipengaruhi oleh bobot hidup. Disamping bobot hidup yang diperoleh sama maka persentase karkas yang sama juga dipengaruhi oleh pengolahan yang dilakukan seragam. Pengolahan yang dilakukan saat pematangan akan mempengaruhi karkas yang diperoleh (Murugesan *et al.*, 2005). Fakta ini telah membuktikan bahwa penggunaan produk LSATF sampai level 21 % yang dapat mengurangi penggunaan jagung dan bungkil kedelai dalam ransum dapat dilakukan karena tidak menurunkan karkas ayam broiler.

Persentase karkas yang diperoleh pada perlakuan 21% LSATF dalam ransum adalah 66,21 %. Hasil ini termasuk dalam kisaran persentase karkas broiler menurut Cherry *et al.*(1998) adalah 65-75 % dari bobot hidup dan tidak jauh beda dengan persentase karkas broiler strain Arbor Acres umur 6 minggu yang diperoleh Murugesan *et al.* (2005) yaitu 68,45 %.

Ditinjau dari segi kolesterol daging ternyata penggunaan produk LSATF dalam ransum memberikan pengaruh yang sama terhadap kolesterol daging broiler. Penurunan kandungan kolesterol daging broiler pada perlakuan 7%, 14% dan 21% LSATF dalam ransum seiring dengan peningkatan level penggunaan produk LSATF dalam ransum. Pada perlakuan 21% LSATF dalam ransum, mampu menurunkan kandungan kolesterol daging broiler tertinggi yaitu sebanyak 26,17 % (dari 75,08 mg/100g menjadi 55,43 mg/100g).

Lebih rendahnya kandungan kolesterol daging pada perlakuan 21% LSATF dalam ransum disebabkan semakin banyak digunakan produk LSATF dalam ransum sehingga kandungan β karoten dalam ransum semakin meningkat. Pada perlakuan 21% LSATF dalam ransum terdapat

kandungan β karoten ransum sebanyak 80.20 mg/kg yang terutama berasal dari sumbangan β karoten (270.60 mg/kg) produk LSATF.

Peningkatan kandungan β karoten dalam ransum menyebabkan jumlah β karoten yang dikonsumsi juga meningkat. Konsumsi β karoten pada penggunaan 0, 7,14 dan 21% LSATF dalam ransum adalah 1,92; 3,03; 4,08 dan 5,22 mg/ekor/hari. Semakin banyak β karoten yang dikonsumsi maka semakin rendah kandungan kolesterol karena β karoten dapat menghambat kerja enzim HMG-KoA reduktase (Hydroksimetyl glutaryl-KoA) yang berperan dalam pembentukan mevalonat. Mevalonat diperlukan dalam proses sintesis kolesterol sehingga dengan terhambatnya kerja enzim maka terhalang pembentukan kolesterol (Stocker, 1993; Nurdin, 1994; dan Kohlmeir dan Hasting, 1995).

Paling rendahnya kolesterol daging broiler pada penggunaan 21% LSATF dalam ransum juga didukung oleh kandungan kolesterol pada serum darah dan LDL darah broiler yang juga sangat lebih rendah. Pada Tabel 17 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan kandungan kolesterol serum darah sebesar 25.14 % dari 131.22 mg/dl (penggunaan 0% LSATF dalam ransum) menjadi 98.22 mg/dl (penggunaan 21% LSATF dalam ransum) dan penurunan kolesterol LDL darah sebesar 28.41 % dari 81.96 mg/dl menjadi 58.22 mg/dl serta terjadi peningkatan kolesterol HDL sebesar 24 % dari 19.08 mg/dl menjadi 25.21 mg/dl.

Hasil penelitian Nurdin (1994) terhadap tikus juga membuktikan bahwa pemberian β karoten sebanyak 15 mg/hari dalam makanan yang mengandung lemak tinggi selama 42 hari, dapat menurunkan kadar kolesterol LDL

darah tikus sebanyak 40%. Sementara pada pasien dengan pemberian β karoten sebanyak 30 mg/hari dapat mengurangi kolesterol LDL darah sebesar 30 % (Stocker, 1993).

4.1.1.6. Pendapatan Kotor Usaha Broiler

Ransum yang mahal harganya belum tentu menghasilkan produktifitas yang tinggi demikian juga sebaliknya. Timbulnya persaingan terhadap kebutuhan pakan, pangan dan industri lainnya menyebabkan harga bahan baku lebih mahal dan berpengaruh terhadap harga ransum, sedangkan biaya ransum merupakan biaya terbesar dari seluruh biaya produksi, yaitu berkisar 60-80 %. Salah satu usaha untuk memperoleh keuntungan besar adalah dengan menekan biaya pakan, yaitu dengan mencari bahan pakan alternatif, tidak bersaing dengan bahan pangan, menggunakan bahan berkualitas baik tetapi harga lebih murah, mudah diperoleh dan tersedia setiap saat.

Cara untuk menilai apakah suatu bahan makanan cukup ekonomis dan menguntungkan atau sebaliknya bisa dilakukan salah satunya dengan menghitung pendapatan kotor. Perhitungan pendapatan kotor atau *income over feed cost* pada setiap penelitian memberikan hasil yang semu, karena harga bahan pakan dan harga jual daging pada suatu tempat berbeda-beda.

Untuk mencapai keberhasilan aspek yang perlu diperhatikan yaitu faktor makanan (*feeding*), genetik (*breeding*), dan manajemen. Semua itu akan menunjang *income over feed cost* bagi peternak. Rataan pendapatan kotor atau *Income over feed chick cost (IOFCC)* broiler yang diperoleh tertera pada Tabel 21.

Penggunaan LSATF dalam ransum dapat meningkatkan pendapatan kotor dan pendapatan kotor yang tertinggi diperoleh pada perlakuan yang menggunakan 21 % LSATF dalam ransum.

Tabel 21. IOFC/Pendapatan kotor usaha broiler yang diberi LSATF dengan *Neurospora crassa*

Perlakuan (% LSATF dalam ransum)	Pendapatan Kotor (Rp)
A (0% LSATF)	1073.60
B (7% LSATF)	1320.67
C (14% LSATF)	1450.40
D (21% LSATF)	1662.41

Terjadinya peningkatan pendapatan kotor pada penggunaan 7, 14 dan 21% LSATF dalam ransum dibandingkan penggunaan 0% LSATF, seiring dengan semakin bertambahnya jumlah LSATF dan berkurangnya jumlah jagung dan bungkil kedelai dalam ransum. Keadaan ini disebabkan harga ransum perlakuan yang menggunakan produk LSATF (7, 14 dan 21% LSATF dalam ransum) lebih murah dari perlakuan yang tidak menggunakan LSATF dalam ransum.

Penurunan harga ransum ini disebabkan harga produk LSATF per kg yang lebih murah dibandingkan harga per kg jagung dan bungkil kedelai. Semakin berkurang harga ransum akan meningkatkan pendapatan kotor yang diterima karena pendapatan kotor diperoleh dari selisih penjualan ayam dengan biaya ransum dan bibit. Menurut Behrends (1990) apabila harga ransum dapat ditekan sebanyak 2% saja

maka keuntungan dari penjualan karkas meningkat sampai 8%.

Secara keseluruhan dapat dinyatakan bahwa penggunaan produk LSATF sebagai pakan alternatif yang dapat mengurangi penggunaan jagung dan bungkil kedelai dalam ransum, dapat dilakukan karena berpengaruh baik terhadap performa broiler. Penggunaan produk LSATF sampai 21% dalam ransum dengan semakin berkurang penggunaan jagung dan bungkil kedelai dalam ransum, ternyata masih dapat memberikan pertambahan bobot badan, konversi ransum dan karkas yang sama baiknya dengan ransum kontrol. Demikian juga halnya terhadap kualitas protein yang dapat diketahui melalui retensi nitrogen dan rasio efisiensi protein, ternyata ransum yang mengandung produk LSATF sampai level 21 % masih dapat mempertahankan kualitas protein sama dengan kontrol, walaupun semakin berkurang digunakan jagung dan bungkil kedelai dalam ransum tersebut. Disamping itu penggunaan produk LSATF dalam ransum dapat memberikan nilai tambah yaitu meningkatkan pendapatan kotor dan menurunkan kolesterol daging broiler.

4.1.2. Penggunaan Limbah Sagu Fermentasi dengan *Neurospora* Terhadap Ayam petelur (Umur 42 - 52 minggu)

4.1.2.1. Konsumsi Ransum Ayam Petelur

Ransum adalah campuran dari berbagai macam bahan makanan yang disusun dengan cara tertentu sehingga dapat memenuhi kebutuhan hidup ternak baik dalam jumlah

maupun kualitasnya (Manglayang, 2006). Konsumsi ransum ayam petelur selama 10 minggu disajikan pada Tabel 22.

Tabel 22. Konsumsi ransum ayam Petelur yang diberi LSATF dengan *Neurospora crassa*

Perlakuan (% LSATF dalam ransum)	Konsumsi Ransum (Rp) (g/ekor/hari)
A (0% LSATF)	113.56
B (7% LSATF)	112.65
C (14% LSATF)	112.63
D (21% LSATF)	114.16
SE	1.01

Keterangan: Berbeda tidak nyata ($P>0,05$)

Konsumsi ransum yang sama pada penggunaan 7, 14 dan 21% LSATF dalam ransum dengan perlakuan 0% LSATF menunjukkan bahwa ransum yang mengandung produk LSATF mempunyai palatabilitas yang sama dengan ransum kontrol yang tidak menggunakan produk LSATF.

Fakta ini menunjukkan bahwa penggunaan produk LSATF masih bisa ditolerir oleh ayam ras petelur sampai level 21 % dalam ransum walaupun semakin berkurang penggunaan jagung dan konsentrat dalam ransum tersebut. Kemampuan produk LSATF sebagai pakan alternatif yang dapat mengimbangi pengurangan penggunaan jagung dan konsentrat dalam ransum, disebabkan produk fermentasi mempunyai flavour yang lebih disukai dan memiliki beberapa vitamin (B_1 , B_2 dan B_{12}) sehingga lebih palatable (disukai) bila dibandingkan bahan asalnya (Murugesan *et al.*, 2005).

Konsumsi ransum ayam petelur yang sama diantara perlakuan juga disebabkan kandungan energi ransum iso kalori yaitu 2700 kkal/kg. Menurut Bell dan Weaver (2002) dan Amrullah (2002) kandungan energi ransum merupakan faktor utama yang mempengaruhi konsumsi ransum. Konsumsi ransum dan kandungan energi ransum yang sama mengakibatkan konsumsi energi yang diperoleh pada setiap perlakuan juga sama. Konsumsi energi pada perlakuan 0% LSATF dalam ransum adalah 307,41 kkal/ekor/hari; perlakuan 7% LSATF dalam ransum = 305,50 kkal/ekor/hari; perlakuan 14% LSATF dalam ransum = 305,34 kkal/ekor/hari dan perlakuan 21% LSATF dalam ransum = 310,28 kkal/ekor/hari.

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa konsumsi ransum sudah mencukupi kebutuhan energi ayam untuk aktifitas tubuh dan berproduksi. Ayam berupaya makan untuk memenuhi kebutuhannya dan jika sudah terpenuhi maka ayam akan berhenti makan (Wahju, 1997 dan Dagher, 1997). Ayam tipe medium yang sedang berproduksi telur membutuhkan energi sekitar 280 - 320 kkal/ekor/hari (Leeson dan Summer, 2001) sedangkan menurut Amrullah (2003) adalah 300 -310 kkal/ekor/hari.

Rataan konsumsi ransum ayam petelur dengan penggunaan produk LSATF sampai level 21% dalam ransum adalah 114.16 g/ekor/hari. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian Gurnadi (1984) yaitu 116.4 g/ekor/hari dengan kandungan protein 16%, dan Wahju (1997) bahwa konsumsi ransum ayam petelur tipe medium pada fase II adalah 110 -130 g/ekor/hari. Menurut Hussein

(2000) konsumsi ayam petelur umur 42 minggu keatas di daerah tropis sekurang-kurangnya 110 g/ekor/hari.

4.1.2.2 Bobot Telur

Bobot telur (g/butir) ayam petelur fase II (umur 42-52 minggu) disajikan pada Tabel 23. Samanya bobot telur pada perlakuan 0, 7, 14 dan 21% LSATF dalam ransum disebabkan oleh konsumsi protein yang juga sama. Bobot telur yang diperoleh dipengaruhi oleh konsumsi protein (Amrullah, 2002).

Tabel 23. Bobot telur ayam yang diberi LSATF dengan *Neurospora crassa*

Perlakuan (% LSATF dalam ransum)	Bobot Telur (g/butir)
A (0% LSATF)	58.59
B (7% LSATF)	59.64
C (14% LSATF)	58.66
D (21% LSATF)	58.60
SE	0.60

Keterangan: Berbeda tidak nyata ($P>0,05$)

Konsumsi protein yang diperoleh pada perlakuan A= 18.19 g/ekor/hari, perlakuan B = 18.13 g/ekor/hari, perlakuan C = 18.15 g/ekor/hari dan perlakuan D = 18.37 g/ekor/hari. Konsumsi protein yang diperoleh ini telah memenuhi kebutuhan protein untuk pembentukan telur menurut Leeson dan Summer (1997) bahwa *intake* protein ransum ayam petelur minimal adalah 17.00 g/ekor/hari dan tidak jauh beda

dengan yang diperoleh Hussein (2000) yaitu 18.20 g/ekor/hari dengan kandungan protein 16%.

Bobot telur ayam yang diperoleh juga dipengaruhi oleh kandungan metionin dalam ransum atau jumlah metionin yang dikonsumsi. Metionin merupakan asam amino esensial kritis yang sangat berpengaruh terhadap bobot telur (Amrullah, 2002). Konsumsi metionin pada penggunaan 0, 7, 14 dan 21% LSATF dalam ransum memberikan pengaruh yang sama. Konsumsi metionin pada penggunaan 0% LSATF (0.39 % metionin ransum) = 442.88 mg/ekor/hari, penggunaan 7% LSATF (0.38 % metionin ransum)=434.56 mg/ekor/hari, penggunaan 14% LSATF (0.38 % metionin ransum) = 427.99 mg/ekor/hari dan penggunaan 21% LSATF (0.38 % metionin ransum) = 433.80 mg/ekor/hari. Konsumsi metionin ayam ras petelur yang diperoleh berada di atas kebutuhan metionin ayam petelur menurut Leeson dan Summer (1997) yaitu 360 mg/ekor/hari.

Bobot telur yang diperoleh dengan penggunaan 21% LSATF adalah 58.60 g/butir, hasil penelitian ini tidak jauh beda dengan yang diperoleh Leeson dan Summers (1997) yaitu 59.30 g/butir dengan kandungan protein 16% dan konsumsi protein 18.20 g/ekor/hari dan bobot telur yang diperoleh Johnson (2000) yaitu 58.90 g/butir pada kandungan protein 16 % dan kandungan metionin 0.38 % dalam ransum serta Heryandi (2004) juga mendapatkan bobot telur 58.42 g/butir pada saat kandungan metionin 0.38% dalam ransum ayam ras petelur.

4.1.2.3 Produksi Telur Ayam Ras

Produksi telur *hen day* dan massa telur ayam ras selama 10 minggu disajikan dalam Tabel 24. Produksi *hen day* ayam ras petelur yang sama, berarti penggunaan produk LSATF sampai level 21% dengan semakin berkurang penggunaan jagung dan konsentrat dalam ransum dapat mempertahankan produksi *hen day* ayam ras petelur sama dengan ransum kontrol.

Tabel 24. Produksi *Hen-day* dan massa telur ayam ras ayam yang diberi LSATF dengan *Neurospora crassa*

Perlakuan	Produksi	
	<i>Hen Day</i> (%)	Massa Telur (g/ekor/hari)
A (0% LSATF)	76.03	43.79
B (7% LSATF)	75.96	44.54
C (14% LSATF)	76.24	44.05
D (21% LSATF)	76.47	43.94
SE	0.75	0.61

Keterangan: Berbeda tidak nyata ($P > 0,05$)

Produksi *hen day* yang sama pada masing-masing perlakuan disebabkan oleh imbalan energi dan protein (E/P) ransum yang hampir sama pada setiap perlakuan. Imbalan energi dan protein (E/P) ransum pada perlakuan 0% LSATF = 169.19; perlakuan 7% LSATF = 168.45; perlakuan 14 % LSATF = 168.61 dan perlakuan 21 % LSATF= 166.61. Menurut Amrullah (2002) bahwa produksi telur dipengaruhi oleh keseimbangan zat-zat makanan bahan penyusun ransum terutama rasio energi dan protein. Nisbah

E/P ayam petelur pada saat produksi 70 - 80% adalah 160 - 170.

Produksi *hen-day* yang sama juga disebabkan kandungan asam amino esensial (terutama metionin, lisin dan triptophan) yang dibutuhkan untuk produksi telur ayam hampir sama. Pada penggunaan 21% produk LSATF dalam ransum terdapat kandungan metionin 0,38%, lisin 1,22% dan triptophan 0.31% tidak jauh beda dengan perlakuan 0, 7 dan 14% LSATF dalam ransum, akibatnya produksi telur yang dihasilkan seragam.

Kebutuhan asam amino metionin bagi ayam petelur umur 41 ke atas adalah metionin 0.35%, lisin 0.73% dan triptophan 0.17% (Amrullah, 2002). Pada penggunaan 21% LSATF dengan semakin berkurang penggunaan jagung dan konsentrat (kaya asam amino esensial) ternyata masih dapat mengimbangi kandungan asam amino esensial perlakuan kontrol. Ini disebabkan fermentasi dilakukan dengan menggunakan kapang *Neurospora crassa* yang dapat meningkatkan kandungan asam amino esensial dari campuran ampas sagu dan ampas tahu. Kapang *Neurospora crassa* dapat menghasilkan asam amino seperti glutamate (Wolf dan Weiss, 1980), metionin dan arginin (Marathe *et al.*, 1998, Palmier, 1999).

Penggunaan produk fermentasi LSATF sampai 21% dalam ransum dapat mengimbangi kekurangan penggunaan jagung dan konsentrat, karena dapat mempertahankan produksi *hen day* ayam ras sama dengan kontrol. Produksi *hen day* berkisar dari 75.96 % sampai 76.47 %. Hasil ini berada dalam kisaran produksi *hen day* ayam ras umur 42 minggu menurut Amrullah (2002) adalah 70.00 - 80.00 %.

Ditinjau dari segi masa telur, ternyata produksi massa telur (*egg mass production*) juga sama. Ini disebabkan bobot telur dan produksi *hen day* yang diperoleh juga sama. Menurut Amrullah (2002) dan Johnson (2000), produksi massa telur dipengaruhi oleh bobot telur dan produksi telur.

Produksi massa telur yang sama juga dipengaruhi oleh konsumsi protein yang sama. Menurut Heryandi (2004) dan terdapat hubungan yang erat antara konsumsi protein dengan produksi massa telur. Rataan produksi massa telur yang diperoleh dengan penggunaan LSATF sebanyak 21% dalam ransum adalah 44.05 g/ekor/hari, nilai ini tidak jauh beda dengan yang diperoleh Johnson (2000) mendapatkan produksi massa telur sebanyak 45.03 g/ekor/hari.

4.1.2.4. Konversi Ransum Ayam Petelur

Nilai konversi ransum ayam petelur yang mengkonsumsi produk LSATF disajikan pada Tabel 25. Konversi ransum yang sama berkaitan dengan konsumsi ransum (g/ekor/hari) dan produksi telur (g/ekor/hari) ayam yang juga sama dipengaruhi perlakuan.

Tabel 25. Konversi ransum ayam petelur yang diberi LSATF dengan *Neurospora crassa*

Perlakuan (% LSATF dalam ransum)	Konversi Ransum
A (0% LSATF)	2.55
B (7% LSATF)	2.50
C (14% LSATF)	2.52
D (21% LSATF)	2.57
SE	0.04

Keterangan: Berbeda tidak nyata ($P > 0,05$)

Konsumsi ransum yang sama yang diikuti dengan produksi telur yang seragam akan menghasilkan konversi ransum yang tidak berbeda. Menurut Amrullah (2002) bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi konversi ransum antara lain konsumsi ransum, kandungan energi dalam ransum, produksi telur, besar ternak, terpenuhinya zat-zat nutrisi dalam ransum, temperatur lingkungan dan kesehatan ternak.

Konversi ransum ayam petelur dengan penggunaan produk LSATF sampai 21 % dalam ransum adalah 2.57. Nilai konversi ransum pada penelitian ini masih berada dalam kisaran konversi ransum ayam petelur fase II menurut Hussein (2000) sebesar 2.40- 3.00.

4.1.2.5. Kualitas Telur

Kualitas telur (kolesterol dan warna kuning) dapat dilihat pada Tabel 26. Ditinjau dari segi kolesterol telur menunjukkan bahwa kandungan kolesterol pada penggunaan 21% LSATF dalam ransum ternyata lebih rendah dari perlakuan 14%, 7% dan 0% LSATF dalam ransum.

Tabel 26. Kolesterol dan warna kuning telur ayam yang diberi LSATF dengan *Neurospora crassa*

Perlakuan	Kolesterol (mg/100g)	Warna Kuning
A (0% LSATF)	276.88 ^a	8.25 ^a
B (7% LSATF)	248.25 ^b	9.07 ^b
C (14% LSATF)	216.63 ^c	10.04 ^c
D (21% LSATF)	183.75 ^d	10.93 ^d
SE	3.99	0.07

Keterangan: Superskrip yang beda pada kolom yang sama menunjukkan pengaruh yang berbeda sangat nyata ($P < 0.01$)

Terjadinya penurunan kolesterol telur ayam ras pada perlakuan 7, 14 dan 21% LSATF dalam ransum seiring dengan peningkatan level penggunaan produk LSATF dalam ransum. Pada perlakuan 21% LSATF dalam ransum mampu menurunkan kandungan kolesterol telur ayam sebanyak 33.64 % dari 276.88 mg/100g menjadi 183.75 mg/100g. Hal ini disebabkan semakin banyak digunakan produk LSATF dalam ransum maka kandungan β karoten ransum semakin meningkat yaitu pada penggunaan 21% LSATF terdapat kandungan β karoten ransum sebanyak 77.60 mg/kg.

Peningkatan kandungan β karoten dalam ransum ini mengakibatkan jumlah β karoten yang dikonsumsi juga meningkat. Konsumsi β karoten pada perlakuan 0% LSATF dalam ransum = 2,94 mg/ekor/hari, perlakuan 7 % LSATF dalam ransum = 4.81 mg/ekor/hari, perlakuan 14% LSATF dalam ransum = 6.67 mg/ekor/hari dan perlakuan 21 % LSATF dalam ransum = 8.54 mg/ekor/hari. Semakin banyak jumlah β karoten yang dikonsumsi maka semakin menurun kandungan kolesterol pada telur. Ini disebabkan β karoten dapat menghambat kerja enzim HMG-KoA reduktase (Hydroksimetyl glutaryl-KoA) yang berperan dalam pembentukan mevalonat pada proses biosintesis kolesterol (Stocker, 1993 dan Kohlmeir dan Hasting, 1995).

Ditinjau dari segi warna kuning telur ternyata perlakuan 21 % LSATF dalam ransum lebih tinggi skor warna kuning telurnya dibandingkan perlakuan 14 %, 7 % dan 0 % LSATF dalam ransum. Tingginya skor warna kuning telur (kuning orange) pada perlakuan 21% LSATF dalam ransum dibandingkan perlakuan kontrol disebabkan kandungan β karoten yang tinggi. Semakin tinggi penggunaan produk

LSATF dapat mengurangi penggunaan jagung dan konsentrat dalam ransum, maka kandungan β karoten semakin meningkat karena produk LSATF mengandung β karoten yang tinggi yaitu 270.60 mg/kg, lebih tinggi dari pada β karoten jagung (33 mg/kg) dan konsentrat (25 mg/kg) sehingga intensitas warna kuning telur yang dihasilkan tinggi (warna kuning orange) pada perlakuan 21 % LSATF dalam ransum. Menurut Hausman dan Sandman (2000) bahwa β karoten merupakan senyawa golongan karotenoid yang tidak stabil karena mudah teroksidasi menjadi xantophyll. Menurut Udedibie dan Opara (1998) bahwa unggas mengkonsumsi ransum yang mengandung karotenoid lebih tinggi akan menghasilkan telur dengan intensitas warna kuning telur yang lebih tinggi pula.

Warna kuning telur yang diperoleh dengan penggunaan 21% produk LSATF dalam ransum adalah 10.93. Nilai ini berada dalam kisaran warna kuning telur yang disukai konsumen menurut Udedibie and Opara (1998) yaitu 9 - 12 dan lebih tinggi dari hasil penelitian Nuraini *et al.* (2003) yang mendapatkan warna kuning telur 9.88 dengan penggunaan produk ampas sagu dan eceng gondok fermentasi dengan *Trichoderma harzianum* dalam ransum ayam buras.

Secara keseluruhan dapat dinyatakan bahwa penggunaan produk LSATF sebagai pakan alternatif yang dapat mengurangi penggunaan jagung dan konsentrat dalam ransum ayam petelur dapat dilakukan, karena berpengaruh baik terhadap performa ayam petelur. Penggunaan produk LSATF sampai 21% dalam ransum dengan semakin berkurang penggunaan jagung dan konsentrat dalam ransum, ternyata masih dapat memberikan produksi (*hen day* dan massa telur),

konversi ransum dan bobot telur yang sama baiknya dengan ransum kontrol dan bahkan dapat meningkatkan kualitas telur karena dapat menurunkan kolesterol telur dan meningkatkan warna kuning telur.

4.1.3. Penggunaan Limbah Sagu Fermentasi dengan *Neurospora crassa* Terhadap Itik Petelur

4.1.3.1 Konsumsi Ransum Itik Petelur

Rataan konsumsi ransum itik petelur selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 27. Konsumsi ransum yang sama disebabkan pemakaian LSATF dengan *Neurospora crassa* sampai level 40% dalam ransum masih disukai (palatable) oleh ternak itik petelur, walaupun terjadi pengurangan pemakaian jagung dan konsentrat. Hal ini berkaitan dengan fermentasi dengan kapang *Neurospora crassa* dapat meningkatkan aroma dan rasa yang khas sehingga produk fermentasi lebih disukai (palatable) ternak.

Tabel 27. Konsumsi ransum itik yang diberi LSATF dengan *Neurospora crassa*

Perlakuan (LSATF)	Konsumsi Ransum (g/ekor/hari)
A (0% LSATF)	136,28
B (7% LSATF)	136,36
C (14% LSATF)	136,86
D (21% LSATF)	137,70
E (40% LSATF)	137,95
SE	0,53

Keterangan: Berbeda tidak nyata ($P > 0,05$)

Sesuai dengan pendapat Murugesan *et al.* (2005) produk fermentasi mempunyai flavour yang lebih disukai dan memiliki beberapa vitamin (B₁, B₂ dan B₁₂) sehingga lebih palatable (disukai) bila dibandingkan bahan asalnya.

Konsumsi ransum yang sama berkaitan dengan warna ransum yang sama. Warna kuning orange pada 40% LSATF berasal dari sumbangan warna kuning orange dari fermentasi menggunakan *Neurospora crassa*, sedangkan warna kuning orange pada ransum 0% LSATF berasal dari pemakaian jagung yang lebih banyak. Hal ini sesuai dengan pendapat Rasyaf (1990) yang menyatakan bahwa warna ransum mempengaruhi konsumsi ransum dan ternak unggas menyukai ransum yang berwarna terang.

4.1.3.2 Produksi Telur Itik

Produksi telur harian itik dengan penggunaan LSATF dengan *Neurospora crassa* dapat dilihat pada Tabel 28. Pada tabel terlihat bahwa produksi telur sama, ini disebabkan oleh konsumsi ransum yang juga sama. Konsumsi ransum A (136,28 g/ekor/hari) berbeda tidak nyata dengan konsumsi ransum B (136,36 g/ekor/hari), C (136,86 g/ekor/hari), D (137,70 g/ekor/hari) dan E (137,95 g/ekor/hari). Konsumsi yang sama berarti jumlah zat-zat makanan yang terkandung didalam ransum yang diperlukan dalam pembentukan telur juga sama, sehingga produksi telur juga sama. Menurut Rasyaf (1991) produksi telur dipengaruhi oleh konsumsi ransum.

Tabel 28. Produksi telur itik yang diberi LSATF dengan *Neurospora crassa*

Perlakuan	Produksi Telur (%)
A (0% LSATF)	45,89
B (10% LSATF)	46,07
C (20% LSATF)	46,42
D (30% LSATF)	46,60
E (40% LSATF)	46,78
SE	1,09

Keterangan : Berbeda tidak nyata ($P>0,05$)

Produksi telur yang sama juga menunjukkan bahwa pemberian LSATF sampai level 40% dalam ransum yang mengurangi penggunaan jagung sampai 52,55% dan konsentrat sebesar 33,10% ternyata masih disukai (palatable) oleh ternak itik. Palatabilitas ransum yang sama akan mengakibatkan konsumsi ransum juga sama, sehingga produksi telur juga sama. Menurut Murugesan dkk., (2005) bahwa produk fermentasi dapat menghasilkan flavor yang di sukai ternak dan memiliki beberapa vitamin (B1, B2, dan B12) sehingga disukai ternak (palatable) dibandingkan dengan bahan asalnya.

4.1.3.3 Berat Telur Itik

Berat telur itik yang mengkonsumsi produk LSATF dapat dilihat pada Tabel 29. Pemberian produk campuran limbah sugu dan ampas tahu yang difermentasi dengan *Neurospora crassa* (LSATF) dalam ransum berpengaruh sama terhadap berat telur.

Tabel 29. Berat telur itik yang diberi LSATF dengan *Neurospora crassa*

Perlakuan	Berat Telur (g/butir)
A (0% LSATF)	66,89
B (10% LSATF)	67,07
C (20% LSATF)	67,23
D (30% LSATF)	67,84
E (40% LSATF)	68,30
SE	0,68

Keterangan : Berbeda tidak nyata ($P > 0,05$)

Berat telur yang sama disebabkan oleh konsumsi protein yang juga sama. Konsumsi protein yang sama berarti jumlah zat-zat makanan, terutama protein yang dimakan dan digunakan untuk pembentukan telur juga sama, sehingga memberikan berat telur yang sama pula. Menurut Rasyaf (1991) bahwa berat telur dipengaruhi oleh konsumsi ransum terutama konsumsi protein.

Disamping itu berat telur yang sama juga disebabkan kandungan zat-zat makanan terutama asam-asam amino yaitu metionin dan lisin yang diperlukan untuk pembentukan telur pada perlakuan A sampai E juga seimbang. Menurut Ivy dan Glaves (1996) menyatakan bahwa berat telur dipengaruhi oleh keseimbangan zat-zat makanan terutama asam amino dari ransum dan komposisi dari ransum yang dikonsumsi. Ditambahkan oleh Amrullah (2003) bahwa asam amino metionin mempengaruhi ukuran telur, bila metionin dalam ransum ditingkatkan maka ukuran telur akan makin besar secara linier.

Berat telur yang didapat pada penelitian ini berkisar antara 66,89-68,30 g/butir. Berat telur ini termasuk dalam

kelompok telur standar sebagaimana yang dijelaskan oleh Hardjosworo (1986) bahwa berat telur itik rata-rata adalah 65-89,4 g/butir.

4.1.3.4 Massa Telur (Egg Mass)

Massa telur (egg mass) diperoleh dengan rumus sebagai berikut: Massa telur (g/ekor/hari) = persentase produksi telur harian (Hen day) selama satu bulan dikalikan dengan berat telur rata-rata (g/butir/hari) yang dihasilkan dalam satu bulan tersebut. Massa telur itik petelur selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 30. Massa telur yang diperoleh juga sama, ini disebabkan produksi telur dan berat telur yang juga tidak berbeda, karena massa telur merupakan hasil kali produksi telur dengan berat telur.

Tabel 30. Massa telur itik yang diberi LSATF dengan *Neurospora crassa*

Perlakuan	Massa Telur (g/ekor/hari)
A (0% LSATF)	30,68
B (10% LSATF)	30,89
C (20% LSATF)	31,19
D (30% LSATF)	31,61
E (40% LSATF)	31,96
SE	0,81

Keterangan : Berbeda tidak nyata ($P > 0,05$)

Sesuai dengan pendapat Amrullah (2003) bahwa massa telur (egg mass) diperoleh dengan rumus sebagai berikut: Massa telur (g/ekor/hari) = persentase produksi telur harian

(Hen day) selama satu bulan dikalikan dengan berat telur rata-rata (g/butir/hari) yang dihasilkan dalam satu bulan tersebut.

Selain itu berat telur yang sama disebabkan oleh kandungan zat-zat makanan terutama protein dan asam-asam amino yaitu metionin dan lisin yang diperlukan untuk pembentukan telur yang seimbang yang terkandung pada setiap perlakuan. Oleh karena itu diperoleh massa telur yang sama baiknya dengan ransum tanpa LSATF.

4.1.3.5 Konversi Ransum Itik Petelur

Efisiensi penggunaan ransum dalam suatu usaha peternakan itik petelur dapat diketahui dengan menghitung angka konversi ransum. Rataan konversi ransum itik petelur selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 31.

Tabel 31. Konversi ransum itik petelur yang diberi LSATF dengan *Neurospora crassa*

Perlakuan (LSATF)	Konversi Ransum
A (0% LSATF)	4,44
B (10% LSATF)	4,42
C (20% LSATF)	4,36
D (30% LSATF)	4,36
E (40% LSATF)	4,33
SE	0,11

Keterangan : Berbeda tidak nyata ($P>0,05$)

Konversi ransum yang diperoleh sama antara itik yang mengkonsumsi ransum kontrol dengan itik yang mengkonsumsi ransum menggunakan produk LSATF sampai 40% dalam ransum, ini disebabkan oleh konsumsi ransum dan

massa telur yang diperoleh juga sama. Hal ini terjadi karena konversi ransum merupakan perbandingan antara jumlah makanan yang dihabiskan untuk produksi telur dengan produksi telur yang dihasilkan (Rasyaf, 1991). Semakin kecil angka perbandingan maka semakin baik tingkat konversi ransum, konversi ini merupakan ukuran (indeks) yang dapat memperlihatkan sampai sejauh mana efisiensi ternak itik petelur mengkonsumsi ransum dan juga sangat menentukan besar kecilnya keuntungan yang diterima oleh peternak.

Konversi ransum yang sama menunjukkan bahwa kualitas ransum yang baik pada setiap perlakuan. Kualitas ransum dapat diketahui dari tingkat palatabilitas ransum itik. Menurut Anggorodi (1995), kualitas ransum sangat menentukan besar kecilnya konversi yang dihasilkan, ransum yang bermutu baik dengan kandungan gizi yang cukup berimbang dan mempunyai palatabilitas tinggi menjadikan konversi ransum yang dihasilkan semakin baik, sebaliknya ransum yang bermutu rendah dengan palatabilitas yang rendah akan menghasilkan konversi yang rendah. Konversi ransum itik selama penelitian berkisar antara 4,44 - 4,33, sedangkan rata-rata konversi ransum itik dengan menggunakan ransum empulur sagu yang difermentasi dengan kapang *Rhizopus oligosporus* yaitu 3.9 - 4.4 (Fatmawati, 2001).

4.1.3.6 Kolesterol Kuning Telur Itik

Kolesterol telur itik selama penelitian dapat dilihat pada tabel 32. Rendahnya kandungan kolesterol pada pemakaian LSATF 40% dalam ransum berkaitan dengan semakin banyak penggunaan produk LSATF maka semakin tinggi kandungan β karoten ransum karena LSATF mengandung β karoten yang

tinggi. β karoten merupakan salah satu senyawa yang dapat menurunkan kolesterol (Nuraini, 2006).

Tabel 32. Kolesterol kuning telur itik

Perlakuan (LSATF)	Kolesterol kuning telur (mg/ 100 gr)
A (0% LSATF)	300,50 ^a
B (10% LSATF)	270,25 ^b
C (20% LSATF)	226,75 ^c
D (30% LSATF)	211,25 ^d
E (40% LSATF)	168.50 ^e
SE	6.73

Keterangan: Superkrip pada kolom menunjukkan pengaruh berbeda sangat nyata ($P < 0,01$)

Kemampuan β karoten dalam menurunkan kolesterol menurut Stocker (1993) selain β karoten berfungsi sebagai anti oksidan, β karoten juga dapat menghambat kerja enzim HMG - koA reduktase (Hydroksimethyl glutaryl -koA) yang berperan dalam pembentukan mevalonat dalam proses sintesis kolesterol sehingga tidak terbentuk kolesterol. Telur itik mengandung kolesterol sebanyak 884 mg dan kandungan lemak 13,77 g lebih tinggi dari kolesterol telur puyuh yaitu 844 mg dan kolesterol telur ayam ras kolesterol 423 mg (Saerang, 2007).

Kolesterol adalah sterol utama pada jaringan hewan. Kolesterol dan senyawa turunan esternya dengan lemaknya yang berantai panjang adaah komponen penting dari plasma lipoprotein dan dari membran sel sebelah luar. Kolesterol diproduksi oleh tubuh 80% dan 20% berasal dari makanan.

Jenis kolesterol yang diproduksi tubuh ada dua macam yaitu kolesterol HDL dan kolesterol LDL. Kolesterol HDL yang mempunyai fungsi membersihkan pembuluh darah dari kolesterol LDL. Kolesterol LDL adalah kolesterol yang bila jumlahnya berlebihan akan mengendap pada dinding pembuluh darah, sehingga dapat menyumbat pembuluh darah. Kolesterol apabila berlebih akan menimbulkan masalah terutama pada pembuluh darah, jantung dan otak. Penyumbatan pada pembuluh darah jantung dapat menimbulkan serangan jantung, dan pada pembuluh darah otak menimbulkan serangan stroke

Hasil penelitian Nuraini (2008) dengan pemberian pakan fermentasi dengan *Neurospora crassa* yang kaya β -karoten sebanyak 95,09 mg/ kg dalam ransum dapat menurunkan kolesterol telur ayam ras sebanyak 43 %.

4.1.3.7. Lemak Kuning Telur Itik

Hampir semua lemak dalam sebutir telur itik terdapat pada bagian kuningnya, mencapai 35%, sedangkan di bagian putihnya tidak ada sama sekali. Lemak pada telur terdiri dari trigliserida (lemak netral), fosfolipida (umumnya berupa lesitin) dan kolesterol. Fungsi trigliserida dan fosfolipida bagi tubuh adalah sebagai sumber energi, satu gram lemak menghasilkan 9 kilokalori energi. Lemak dalam telur berbentuk emulsi (bergabung dengan air), sehingga menjadi lebih mudah dicerna, baik oleh bayi, anak-anak maupun golongan lanjut usia.

Pengaruh penggunaan produk fermentasi terhadap kadar lemak kuning telur dapat dilihat pada tabel 33.

Tabel 33. Kadar lemak kuning telur itik yang diberi LSATF dengan *Neurospora crassa*

Perlakuan (LSATF dalam ransum)	Lemak kuning telur (%)
A (0% LSATF)	33,01 ^a
B (10% LSATF)	32,13 ^b
C (20% LSATF)	31,61 ^c
D (30% LSATF)	30,89 ^d
E (40% LSATF)	30,68 ^e
SE	0.23

Keterangan: Superkrip pada kolom menunjukkan pengaruh berbeda sangat nyata ($P < 0,01$)

Rendahnya kadar lemak kuning telur pada penggunaan produk LSATF sampai level 40% dengan kandungan β -karoten 124.30 mg/ kg berkaitan dengan kandungan kolesterolnya yang juga rendah. Terjadinya penurunan pada kolesterol maka terjadi penurunan juga pada kandungan lemak. Kolesterol yang rendah karena kandungan β -karoten LSATF (270.60mg/kg) lebih tinggi dari pada kontrol. Meningkatnya β -karoten pada ransum dapat menurunkan kolesterol dan kandungan lemak pada kualitas telur itik.

4.1.3.8 Warna Kuning Telur Itik

Warna kuning telur itik dengan pemberian produk LSATF dapat dilihat pada Tabel 34. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa nilai/skor warna kuning telur tertinggi terdapat pada perlakuan 40% LSATF dalam ransum yaitu skor 10.25 dan yang terendah terdapat pada 0% LSATF yaitu skor 8.25. Tingginya warna kuning telur pada penggunaan produk

LSATF sampai level 40% dengan kandungan β -karoten 124.50 mg/ kg.

Tabel 34. Warna kuning telur itik yang diberi LSATF dengan *Neurospora crassa*

Perlakuan (ASATF)	Warna Kuning Telur
A (0% LSATF)	8.25 ^c
B (10% LSATF)	8.50 ^{bc}
C (20% LSATF)	9.25 ^{abc}
D (30% LSATF)	9.50 ^{ab}
E (40% LSATF)	10.25 ^a
SE	0.32

Keterangan : Superkrip pada kolom menunjukkan pengaruh yang berbeda sangat nyata ($P < 0,01$)

Peningkatan warna kuning telur pada penggunaan produk LSATF sampai 40% dalam ransum disebabkan kandungan β -karoten LSATF (270.60mg/kg) tinggi sehingga warna kuning telur yang dihasilkan juga akan semakin kuning pekat. Menurut Harboune (1987) bahwa β -karoten merupakan senyawa golongan karotenoid yang tidak stabil karena mudah teroksidasi akan berubah menjadi xantophyl.

Pada tabel terlihat bahwa warna kuning telur berkisar antara skor 8.25 -10.25. Kisaran ini berada dalam kisaran warna kuning telur yang disukai konsumen yaitu menurut Sudaryani (2003) warna kuning telur yang disukai kosumen berada pada kisaran skor 9 - 12. Selanjutnya hasil penelitian Nuraini dkk, (2008) penggunaan produk onggok ampas tahu fermentasi (OATF) dengan *Neurospora crassa* sebanyak 30% dalam ransum ayam ras petelur memberikan warna kuning telur pada skor 10.40.

4.1.3.9 *Income Over Feed Cost* Itik Petelur

Pendapatan kotor itik petelur dengan menggunakan limbah sagu dan ampas tahu fermentasi selama penelitian tertera pada Tabel 35. *Income over feed cost* pada Tabel 35 terlihat bahwa pada perlakuan E menunjukkan *income over feed cost* yang tertinggi yaitu Rp. 297,7/butir.

Tabel 35. Rataan *income over feed cost* itik petelur umur 6 bulan.

Perlakuan	<i>Income Over Feed Cost</i> (Rp)
A. (0% LSATF)	156,3
B. (10% LSATF)	185,3
C. (20% LSATF)	235,6
D. (30% LSATF)	266,0
E. (40% LSATF)	297,7

Hal ini disebabkan oleh penggunaan produk campuran limbah sagu ampas tahu yang difermentasi dengan kapang *Neurospora crassa* sampai level 40% yang dapat mengurangi penggunaan jagung sebesar 52,55% dan konsentrat sebesar 33,10% dalam ransum, ternyata dapat meningkatkan *income over feed cost*. Tingginya pendapatan ini dipengaruhi oleh harga ransum pada perlakuan E yang lebih murah dibandingkan perlakuan A. Hal ini berkaitan dengan semakin tinggi pemakaian LSATF semakin berkurangnya pemakaian jagung dan konsentrat yang harganya lebih mahal dibanding LSATF dalam ransum. Rasyaf (1990) menyatakan bahwa *income over feed cost* adalah pendapatan usaha peternakan itu dibandingkan dengan biaya makanan.

Penurunan harga ransum dengan pemakaian limbah sagu dan ampas tahu yang difermentasi dengan *Neurospora*

crassa akan menekan biaya produksi. Rendahnya biaya produksi dan tingginya harga penjualan telur mengakibatkan meningkatnya *income over feed cost* itik petelur. Hal ini sesuai dengan pendapat Behrends (1990) apabila harga ransum dapat ditekan sebanyak 2% saja, maka keuntungan dari produk peternakan meningkat sebanyak 8%.

4.2 Penggunaan Limbah Sagu Fermentasi dengan *Monascus purpureus* Terhadap Unggas

4.2.1 Penggunaan Limbah Sagu Fermentasi dengan *Monascus purpureus* Terhadap Puyuh petelur

4.2.1.1. Pengaruh Perlakuan Terhadap Konsumsi Ransum

Konsumsi ransum puyuh petelur selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 36.

Tabel 36. Konsumsi ransum puyuh petelur yang diberi LSATF dengan *Monascus purpureus*

Perlakuan (ASATF)	Konsumsi Ransum (g/ekor/hari)
A (0% LSATF)	21,73 ^b
B (5% LSATF)	22,17 ^{ab}
C (10% LSATF)	22,39 ^a
D (15% LSATF)	22,61 ^a
SE	0.19

Keterangan : Superskrip yang berbeda menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata ($P < 0,05$)

Pada tabel diatas menunjukkan bahwa konsumsi ransum yang tinggi pada perlakuan 15% LSATF dan 10% LSATF menunjukan bahwa produk LSATF dengan *Monascus purpureus* disukai (palatable) sampai level 15% dalam ransum

puyuh walaupun terjadi lebih banyak pengurangan jagung dan bungkil kedelai pada perlakuan tersebut.

Ini disebabkan fermentasi dengan *Monascus purpureus* dapat menghasilkan aroma dan rasa yang khas sehingga lebih disukai puyuh petelur (palatable). Sesuai dengan pendapat Murugesan dkk (2005), bahwa produk fermentasi mempunyai flavour yang lebih disukai dan memiliki beberapa vitamin (B1, B2, dan B12) sehingga lebih palatable (disukai) bila dibandingkan bahan asalnya.

Konsumsi ransum banyak juga dipengaruhi oleh warna ransum. Pada perlakuan penggunaan produk fermentasi dengan *Monascus purpureus* mengakibatkan warna ransum lebih terang yang merupakan sumbangan warna merah yang dihasilkan dari fermentasi dengan *Monascus purpureus* sehingga warna ransum lebih terang dibandingkan ransum dengan perlakuan A. Menurut Rasyaf (1990), warna ransum mempengaruhi konsumsi ransum dan ternak lebih menyukai ransum yang berwarna terang.

Konsumsi ransum puyuh petelur diperoleh selama penelitian yaitu 22,61 g/ekor/hari. Angka ini tidak terlalu berbeda dengan konsumsi ransum puyuh petelur menurut hasil penelitian Nuraini dkk (2009) melaporkan bahwa konsumsi ransum puyuh petelur adalah 23,03 g/ekor/hari dengan pemberian 12% LSATF yang di fermentasi dengan *Neurospora crassa* pada puyuh petelur umur 10 minggu. Hasil penelitian Eka (2008) melaporkan bahwa konsumsi ransum puyuh petelur adalah 22,89 g/ekor/hari dengan pemberian blondo (ampas vco) jemur dalam ransum terhadap performa puyuh periode layer.

4.2.1.2. Produksi Telur Harian

Rataan produksi telur harian (*quail day production*) puyuh petelur dengan pemberian produk campuran limbah sagu dan ampas tahu fermentasi dengan *Monascus purpureus* (LSATF) pada umur 17 minggu dapat dilihat pada Tabel 37.

Tabel 37. Produksi telur harian / *quail day production* (%) puyuh yang diberi LSATF dengan *Monascus purpureus*

Perlakuan	Produksi Telur Harian (%)
A (0% LSATF)	68,00 ^b
B (5% LSATF)	70,00 ^{ab}
C (10% LSATF)	74,00 ^a
D (15% LSATF)	80,00 ^a
SE	2,24

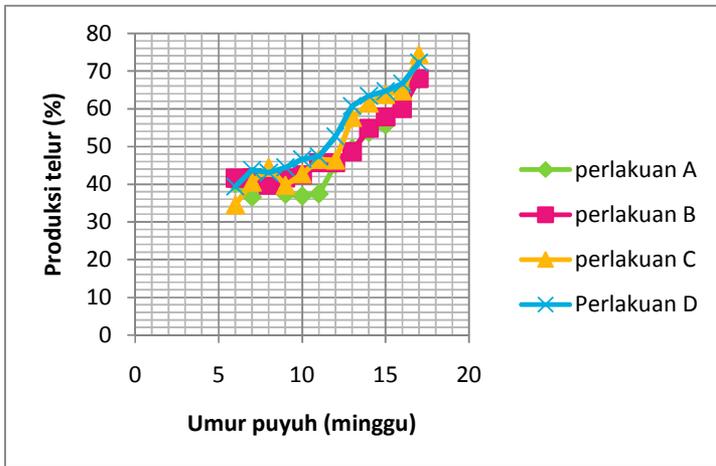
Keterangan : Superskrip yang berbeda menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata ($P < 0,05$)

Dari tabel tampak bahwa produksi telur tertinggi terdapat pada penggunaan LSATF dengan *Monascus purpureus* yaitu sebesar 80.00% dan terendah pada perlakuan kontrol yaitu 68%. Tingginya produksi telur pada penggunaan 15% LSATF dalam ransum ini disebabkan oleh konsumsi ransum yang tinggi.

Konsumsi ransum yang tinggi berarti jumlah zat makanan yang terkandung di dalam ransum yang diperlukan dalam pembentukan telur juga banyak, sehingga dapat meningkatkan produksi telur. Menurut Rasyaf (1991), produksi telur dipengaruhi oleh konsumsi ransum terutama konsumsi protein.

Produksi telur yang tinggi juga menunjukkan bahwa pemberian produk LSATF sampai level 15% dalam ransum yang mengurangi penggunaan jagung sampai 21,43% dan bungkil kedelai sebesar 22,86% ternyata masih disukai (palatable) oleh ternak puyuh. Palatabilitas ransum yang tinggi ini menyebabkan meningkatnya jumlah ransum yang di konsumsi, yang akan diiringi dengan peningkatan produksi telur. Hal ini sesuai dengan pendapat Murugesan dkk., (2005) bahwa produk fermentasi mempunyai flavour yang lebih disukai dan memiliki beberapa vitamin (B1, B2 dan B12) sehingga lebih palatable (disukai) oleh ternak bila dibandingkan dengan bahan asalnya.

Tingginya produksi telur pada perlakuan penggunaan LSATF dalam ransum berkaitan fermentasi dilakukan dengan *Monascus purpureus* menghasilkan asam lemak tak jenuh yaitu asam oleat (omega 9), asam linoleat (omega 6) dan asam linolenat (omega 3) (Agnesia, 2010). Anggorodi (1995) menyatakan sebanyak 1,5% sampai 2% asam linoleat dibutuhkan untuk unggas yang sedang bertelur selama fase produksi tinggi periode bertelur. Kekurangan asam linoleat dalam ransum pada unggas yang sedang bertelur dapat menurunkan produksi telur, bentuk telurnya kecil dan daya tetasnya rendah. Produksi telur puyuh setiap minggu dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Produksi telur puyuh (%) setiap minggu selama penelitian

Nilai produksi telur yang didapat pada penggunaan 15% LSATF dengan *Monascus purpureus* adalah 80%. Nilai ini lebih tinggi dibanding dengan hasil penelitian Nuraini dkk (2009) yang mendapatkan produksi telur harian 65% dengan pemberian LSATF yang di fermentasi dengan kapang *Neurospora crassa* pada puyuh petelur umur 13 minggu.

4.2.1.3. Berat Telur Puyuh

Berat telur puyuh dengan pemberian campuran limbah sagu dan ampas tahu fermentasi dengan *Monascus purpureus* (LSATF) dengan selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 38. Berat telur tinggi pada penggunaan 15% LSATF dengan *Monascus purpureus* disebabkan oleh konsumsi protein yang juga tinggi.

Tabel 38. Berat telur puyuh yang diberi LSATF dengan *Monascus purpureus*

Perlakuan	Berat Telur (gram/butir)
A (0% LSATF)	9,36 ^b
B (5% LSATF)	9,52 ^{ab}
C (10% LSATF)	9,58 ^a
D (15% LSATF)	9,70 ^a
SE	0,06

Keterangan: Superskrip pada kolom menunjukkan pengaruh berbeda nyata ($P < 0,05$)

Konsumsi protein yang tinggi berarti jumlah protein yang dikandung didalam ransum yang diperlukan untuk pembentukan telur juga lebih tinggi. Menurut Rasyaf (1991), berat telur dipengaruhi oleh konsumsi ransum terutama protein. Konsumsi protein tinggi juga disebabkan konsumsi asam amino esensialnya juga tinggi akibatnya nitrogen yang diretensi (tertinggal) tinggi. Sesuai dengan pendapat Mukhtadi (1989) makanan yang difermentasi dengan mikroorganismenya mempunyai kandungan asam amino yang lebih tinggi dibanding bahan asalnya, yang berasal dari asam amino yang dihasilkan mikroorganismenya. Scott *et al.* (1982) menambahkan bahwa nitrogen yang diretensi dalam tubuh tergantung pada keseimbangan atau banyaknya asam amino dari protein bahan yang digunakan.

Meningkatnya berat telur pada perlakuan yang menggunakan produk fermentasi dibandingkan dengan kontrol dikarenakan LSATF yang difermentasi dengan kapang *Monascus purpureus* dapat menghasilkan asam lemak tak jenuh

(Agnesia, 2010) salah satunya adalah linoleat. Wahju (1997) menyatakan bahwa faktor yang paling penting yang mempengaruhi besar telur adalah protein, asam amino dalam ransum yang cukup dan asam linoleat. Menurut Yuwanta (2004) beberapa kandungan nutrisi pakan yang menentukan berat telur adalah kandungan energi pakan, kandungan protein pakan, asam lemak tidak jenuh terutama asam linoleat, mineral khususnya phosphor dan antinutrisi. Penambahan asam lemak tak jenuh esensial, khususnya asam lemak linoleat 1 g/ekor/hari, mampu meningkatkan berat telur.

Berat telur puyuh dengan penggunaan LSATF dengan *Monascus purpureus* adalah 9,70 gram/butir, sedangkan hasil penelitian Nuraini dkk (2009) mendapatkan berat telur sebesar 9,86 gram/butir pada puyuh petelur yang diberi LSATF dengan kapang *Neurospora crassa*. Menurut Djulardi (1995) berat telur puyuh umur 4 - 6 minggu produksi adalah 10 gram/ekor. Selain itu Abidin (2002), menyatakan rata-rata berat telur yang di hasilkan oleh puyuh sekitar 10 gram/butir atau kira-kira 7 % dari bobot tubuhnya, berat telur yang dihasilkan puyuh memiliki grafik meningkat seiring dengan bertambahnya umur dan stabil setelah umur diatas 150 hari.

4.2.1.4. Pertambahan Berat Badan Puyuh Petelur

Pertambahan berat badan puyuh dengan pemberian produk campuran limbah sagu dan ampas tahu fermentasi dengan (LSATF) dengan *Monascus purpureus* tercantum pada Tabel 39.

Tabel 39. Pertambahan berat badan puyuh yang diberi LSATF dengan *Monascus purpureus*

Perlakuan	Pertambahan Berat Badan (g/ekor)
A (0% LSATF)	50.54 ^c
B (5% LSATF)	51.34 ^{bc}
C (10% LSATF)	55.50 ^{ab}
D (15% LSATF)	56.12 ^a
SE	1.48

Keterangan: Superskrip pada kolom menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata ($P < 0,05$)

Pemberian produk LSATF dengan *Monascus purpureus* dalam ransum sampai level 15% dalam ransum memberikan pertambahan bobot badan puyuh petelur lebih tinggi. Pertambahan berat badan tinggi disebabkan oleh konsumsi ransum yang juga tinggi. Hal ini sesuai dengan pendapat Wahju (1997) yang menyatakan pertambahan berat badan juga ditentukan oleh jumlah ransum yang dikonsumsi, semakin tinggi tingkat konsumsi ransum semakin tinggi pula pertambahan berat badan yang dihasilkan dan sebaliknya semakin rendah konsumsi semakin rendah pula pertambahan berat badan.

Pemberian LSATF dengan *Monascus purpureus* yang semakin tinggi yang menyebabkan berkurangnya penggunaan jagung sebanyak 21,43% dan bungkil kedelai sebanyak 22,86% dalam ransum ternyata masih disukai (palatable) oleh puyuh. Palatabilitas yang tinggi menyebabkan meningkatnya jumlah ransum yang dikonsumsi, yang akan diiringi dengan

peningkatan berat badan. Konsumsi ransum tinggi pada penggunaan 15%, 10% dan 5% LSATF dikarenakan warna ransum lebih terang yang merupakan sumbangan warna merah yang dihasilkan dari fermentasi dengan *Monascus purpureus*. Menurut Rasyaf (1990) warna ransum mempengaruhi konsumsi dan ternak menyukai ransum yang berwarna terang.

Pertambahan berat badan meningkat pada penggunaan 15% LSATF juga disebabkan retensi protein yang tinggi. Menurut Maynard dan Loosly (1979) retensi nitrogen yang bernilai positif menunjukkan bahwa hewan memperoleh pertambahan berat badan karena tenunan otot-ototnya bertambah. Selanjutnya Wahyu (1972) menyatakan bahwa terdapat hubungan yang nyata antara retensi nitrogen dengan pertambahan berat badan.

4.2.1.5. Massa Telur (Egg Mass)

Massa telur puyuh petelur dengan penggunaan LSATF *Monascus purpureus* dalam ransum disajikan pada Tabel 40. Massa telur puyuh tinggi pada penggunaan 15% LSATF ini disebabkan oleh berat telur dan produksi telur yang juga tinggi. Sesuai dengan pendapat North (1990) bahwa egg mass erat kaitannya dengan berat telur dan produksi telur yang dihasilkannya, selanjutnya dinyatakan bahwa berat telur dan produksi telur yang dihasilkan sangat mempengaruhi massa telur karena massa telur diperoleh dari hasil perkalian berat rata-rata telur dengan produksi telur yang dihasilkan. Amrullah (2003) menjelaskan bahwa massa telur (egg mass) diperoleh dengan rumus sebagai berikut: Massa telur

(g/ekor/hari) = jumlah produksi telur (quail day) selama satu bulan dikalikan dengan berat telur rata-rata (g/butir/hari).

Tabel 40. Massa telur puyuh yang diberi LSATF dengan *Monascus purpureus*

Perlakuan (LSATF)	Massa telur (g/ekor/hari)
A (0% LSATF)	4,60 ^c
B (5% LSATF)	4,84 ^b
C (10% LSATF)	4,91 ^b
D (15% LSATF)	5,15 ^a
SE	0,06

Keterangan: Superskrip pada kolom menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata ($P < 0,05$)

Massa telur puyuh dengan penggunaan 15% LSATF dengan *Monascus purpureus* adalah 5,15 g/ekor/hari. Angka ini tidak terlalu berbeda dengan massa telur menurut hasil penelitian Nuraini dkk (2009), bahwa massa telur yang diperoleh adalah 5,03 g/ekor/hari dengan pemberian 12% LSATF yang di fermentasi dengan *Neurospora crassa* pada puyuh petelur umur 10 minggu. Hasil penelitian Sari (2007), melaporkan massa telur diperoleh adalah 4,24 g/ekor/hari dengan penambahan enzim sintetik dalam ransum burung puyuh (*Coturnix-coturnix japonica*) periode produksi.

4.2.1.6. Konversi Ransum Puyuh Petelur

Efisien atau tidaknya penggunaan ransum dalam suatu usaha peternakan puyuh petelur dapat diketahui dengan

menghitung angka konversi ransum. Konversi ransum puyuh petelur dapat dilihat pada Tabel 41.

Rendahnya konversi ransum pada perlakuan D disebabkan oleh konsumsi ransum dan massa telur berbeda nyata ($P < 0,01$). Menurut Prihatman (2000), konversi ransum merupakan perbandingan antara ransum yang dihabiskan dalam menghasilkan sejumlah telur. Puyuh yang baik akan makan sejumlah ransum dan menghasilkan telur yang lebih banyak.

Tabel 41. Konversi ransum puyuh yang diberi LSATF dengan *Monascus purpureus*

Perlakuan	Konversi Ransum
A (0% LSATF)	4,71 ^b
B (5% LSATF)	4,57 ^b
C (10% LSATF)	4,56 ^{ab}
D (15% LSATF)	4,38 ^a
SE	0,06

Keterangan: Superskrip yang berbeda menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata ($P < 0,05$)

Pada Tabel dapat dilihat bahwa puyuh yang mendapat ransum mengandung LSATF sampai level 15% lebih efisien dalam memanfaatkan ransum sehingga mampu memproduksi telur dengan konversi ransum yang lebih rendah dari pada ransum kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa puyuh semakin efisien dalam memanfaatkan ransum yang semakin banyak menggunakan ASATF walaupun mengakibatkan semakin banyak pula terjadi pengurangan jagung dan bungkil kedelai. Menurut Rasyaf (1991), konversi ransum dapat digunakan

sebagai gambaran koefisien produksi, semakin kecil nilai konversi semakin efisien penggunaan ransum dan demikian sebaliknya.

Konversi ransum puyuh petelur dengan penggunaan 15% LSATF dengan *Monascus purpureus* adalah 4,38. Angka ini tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian Nuraini dkk (2009) yang menyatakan bahwa konversi ransum puyuh petelur 4,58 dengan pemberian 12% ASATF yang di fermentasi dengan *Neurospora crassa* pada puyuh petelur umur 10 minggu.

4.3. Penggunaan Limbah Sagu Fermentasi dengan *Pennicilium* sp Terhadap Broiler

4.3.1. Konsumsi Ransum Broiler

Konsumsi ransum broiler dengan penggunaan LSATF dengan *Pennicilium sp* dapat dilihat pada Tabel 42.

Tabel 42. Konsumsi ransum broiler yang mengkonsumsi LSATF dengan *Pennicilium sp*

Perlakuan	Konversi Ransum (g/ekor)
A (0% LSATF)	1742,60
B (5% LSATF)	1721,45
C (10% LSATF)	1718,60
D (15% LSATF)	1714,70
E (20% LSATF)	1707,15
SE	13,65

Pada Tabel dapat dilihat bahwa konsumsi ransum broiler dengan penggunaan LSATF dengan *Pennicilium sp* adalah sama. Konsumsi ransum dipengaruhi oleh palatabilitas ransum. Produk fermentasi campuran limbah dan ampas tahu

lebih palatable/disukai broiler dibandingkan dengan kulit pisang batu saja, karena campuran kulit pisang batu dan ampas tahu fermentasi dapat dikonsumsi oleh broiler dengan level pemberian sampai 20% walaupun terjadi pengurangan jagung sebesar 23,33% dan bungkil kedelai 38,89%, sementara hasil penelitian sebelumnya dengan penggunaan limbah sagu saja hanya bisa digunakan sebanyak 7%.

Fardiaz (2002) menyatakan produk fermentasi mempunyai nilai gizi yang lebih baik dari bahan asalnya karena telah mengalami perubahan-perubahan yang menguntungkan seperti dihasilkan flavour, vitamin dan asam amino serta dapat meningkatkan daya cerna. Mikroorganisme dengan enzim yang dihasilkannya dapat merombak senyawa kompleks seperti karbohidrat, protein dan lemak menjadi senyawa yang sederhana seperti glukosa, asam amino dan asam lemak.

Konsumsi ransum yang sama juga dipengaruhi oleh bentuk fisik ransum yang diberikan. Bentuk fisik ransum yang diberikan berupa LSATF berbentuk butiran pecah yang sama bentuknya dengan jagung dan bungkil kedelai. Hidayat (2007) melaporkan bahwa proses fermentasi dapat memberikan perubahan fisik dan kimia yang menguntungkan seperti aroma, rasa, tekstur, dan daya cerna lebih baik dari bahan asalnya.

4.3.2. Pertambahan Bobot Badan Broiler

Rataan pertambahan bobot badan broiler yang mengkonsumsi LSATF dengan *Penicillium sp* dapat dilihat pada Tabel 43. Dari Tabel 43 terlihat bahwa pertambahan bobot badan broiler berkisar antara 911,63 - 940,69 g/ekor.

Pertambahan bobot badan broiler dengan pemberian LSATF *Pennicilium sp* sampai level 20% dalam ransum disebabkan jumlah ransum yang dikonsumsi broiler pada masing-masing perlakuan juga sama.

Tabel 43. Pertambahan bobot badan broiler yang mengkonsumsi LSATF dengan *Pennicilium sp*

Perlakuan	Pertambahan bobot badan (g/ekor)
A (0% LSATF)	940,69
B (5% LSATF)	932,25
C (10% LSATF)	924,38
D (15% LSATF)	919,56
E (20% LSATF)	911,63
SE	12,03

Keterangan: Berbeda tidak nyata ($P > 0,05$)

Konsumsi ransum yang sama mengakibatkan jumlah zat-zat makanan yang dimanfaatkan untuk pembentukan jaringan tubuh sama, sehingga pertambahan bobot badan yang dihasilkan juga sama.

Samanya konsumsi ransum disebabkan dengan dilakukan fermentasi menggunakan kapang *Pennicilium sp* dapat menyebabkan perubahan sifat substrat sebagai akibat pemecahan kandungan zat makanan yang kompleks yaitu protein, lemak dan karbohidrat dapat dihidrolisis menjadi lebih sederhana sehingga LSATF yang dihasilkan mempunyai pencernaan yang tinggi.

Fermentasi dengan *Pennicilium sp* dapat memungkinkan terjadi perubahan bahan yang sulit dicerna menjadi lebih

mudah dicerna misalnya selulosa dan hemiselulosa menjadi gula sederhana sehingga meningkatkan nilai gizi dan energi metabolisme (Sembiring, 2006). Pertambahan bobot badan dipengaruhi oleh jumlah ransum yang dikonsumsi dan kualitas dari protein ransum (Wahju, 1997). Samanya pertambahan bobot badan menunjukkan bahwa kualitas protein ransum yang sama antara ransum kontrol dengan ransum yang menggunakan LSATF dengan *Pennicilium sp.*

4.3.3. Konversi Ransum Broiler

Konversi ransum broiler yang diberi produk LSATF dengan *Pennicilium sp* dalam ransum dapat dilihat pada Tabel 44. Konversi ransum broiler berkisar antara 1,85 - 1,87.

Tabel 44. Konversi ransum broiler yang mengkonsumsi LSATF dengan *Pennicilium sp*

Perlakuan	Konversi ransum
A (0% LSATF)	1,85
B (5% LSATF)	1,85
C (10% LSATF)	1,86
D (15% LSATF)	1,86
E (20% LSATF)	1,87
SE	0,02

Keterangan: Berbeda tidak nyata ($P > 0,05$)

Konversi ransum broiler yang diperoleh sama, disebabkan konsumsi ransum dan pertambahan bobot badan antara perlakuan kontrol sampai perlakuan penggunaan 20% LSATF

dengan *Pennicilium sp* sama, sehingga konversi ransum yang dihasilkan juga sama.

Konversi ransum adalah perbandingan antara jumlah ransum yang dihabiskan broiler dengan penambahan bobot badan dalam waktu tertentu. Anggorodi (1995) menyatakan bahwa kualitas ransum sangat menentukan besar kecilnya konversi yang dihasilkan, ransum yang bermutu baik dengan kandungan gizi yang seimbang dan mempunyai palatabilitas tinggi menjadikan konversi ransum yang dihasilkan semakin baik, sebaliknya ransum yang bermutu rendah dengan palatabilitas yang rendah menghasilkan konversi yang rendah.

BAB V

PENUTUP

Limbah sagu (*Metroxylon sago* Rotb) merupakan limbah hasil pertanian yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan alternatif bagi ternak. Potensi ketersediaan limbah sagu di Sumatera Barat cukup banyak terutama di daerah Mentawai dan Pesisir Selatan. Limbah sagu dari segi kandungan gizi berpotensi cukup besar sebagai pakan sumber energi dengan kandungan BETN 72,59%, tetapi kandungan protein kasarnya rendah yaitu 3,29% dan kandungan zat makanan lainnya adalah lemak kasar 0,97% dan serat kasar yang tinggi yaitu 18,50%. Ini berakibat pemanfaatannya dalam ransum terbatas unggas hanya 7-10 %.

Peningkatan kualitas ampas sagu secara biologi dapat meningkatkan kandungan dan kualitas gizi. Fermentasi dengan kapang karotenoid *Neurospora crassa*, *Monascus purpureus*, *Penicillium sp* dan *Phanerochaete chrysosporium* dapat meningkatkan kandungan protein, menurunkan serat kasar dan menghasilkan karotenoid yaitu B karoten (*Neurospora crassa*), monakolin (*Monascus purpureus*). Selain itu dapat meningkatkan retensi nitrogen, pencernaan serat kasar dan energy metabolisme produk fermentasi.

Penggunaan masing-masing produk fermentasi pada broiler, puyuh petelur dan ayam petelur dapat mengurangi penggunaan jagung dan bungkil kedelai serta diperoleh kelebihan yaitu dapat menurunkan kolesterol darah, daging, telur (apabila fermentasi dengan kapang karotenoid *Neurospora crassa* (adanya B karoten) dan *Monascus purpureus* (adanya monakolin)).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada Dirjen Pendidikan Tinggi (DIKTI) Kementerian Pendidikan Nasional yang telah mensupport penelitian dengan bantuan dana skim Hibah Bersaing 2007-2008, Strategis Nasional 2009-2010 dan Strategis Nasional 2012-2013 dan Hibah Kompetensi 2014-2015, serta kepada pimpinan Universitas Andalas dan Fakultas Peternakan yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan penelitian ini serta semua pihak yang telah membantu dalam proses penelitian dan penyelesaian penulisan buku ini.

REFERENSI

- Amrullah, I.K. 2002. Nutrisi Ayam Petelur. Lembaga Satu Gunung Budi Bogor
- Amrullah, I.K. 2003. Nutrisi Ayam Pedaging. Lembaga Satu Gunung Budi Bogor
- Anggorodi, R. 1995. Nutrisi Aneka Ternak Unggas. Gramedia Jakarta.
- Behrends, B.R. 1990. Nutrition economics for layers. *Poultry International* 29(1): 16 -20.
- Bell, D.D and J.R. Weaver. 2002. Commercial Chicken Meat and Egg Production. 4th ED. Kluwer Academic Publishers. USA.
- Bergquist, A., D.A. LaBrie and R.P. Wagner. 1989, Amino acid synthesis by the mitochondria of *Neurospora crassa*: I. Dependence on respiration of mitochondria. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 134: 401-407
- Biro Pusat Statistik. 2007. Sumatera Barat dalam Angka. Biro Pusat Statistik Sumatera Barat Padang.
- Buckle, K.A., R.A. Edwards, G.H. Fleet and M. Wooton. 1985. Ilmu Pangan. Diterjemahkan oleh Adiono dan H .Purnomo. 1985. Penerbit Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Carlile, M.J and S.C. Watkinson. 1995. The Fungi . Academic Press Inc. London .
- Catalina, S., A. María, O. Margarita, A.Velayos, A.P. Eslava and E.P. Benito. 2002. Interallelic complementation provides genetic evidence for the multimeric organization of the *Phycomyces blakesleeanus* phytoene dehydrogenase. *J. Biochem.* 269: 902-908.

- Cedar, J. , S.B. Hastings and L. Kohlmeier. 2000. Antioksidant from carrot in cardiovascular and cancer disease prevention. *The American Journal of Clinical Nutrition* 82: 175 -180.
- Cherry, J. A., P. B. Siegel and W. L. Beane. 1998. Genetik nutritional relationship in growth and carcass characteristic of broiler. *Poultry Science* 77: 1495 - 1500
- Crueger, W. and A. Crueger. 1989. Biotechnology: A Textbook of Industrial Microbiology. Sinauer Associates Inc Sunderland.
- Corzo, A., C.A. Fritts, M.T. Kidd and B.J. Kerr. 2005. Response of broiler chicks to essential and non-essential amino acid supplementation of low crude protein diets. *Animal Feed ScienceandTechnology*118:319-327
- Daghir, N.J. 1997. Poultry Production in Hot Climate. CAB International. The University Press, Cambridge, Wallingford-UK
- Deshpande, V., S. Keskar, C. Mishra. and M. Rao. 1986. Direct conversion of cellulose/ hemicellulose to ethanol by *Neurospora crassa*. *Enzyme and Microbial Technology*. 45:149-152
- Dreosti, I.E. 1993. Vitamin A, C, E and β carotene as protective factors for some cancers. *Journal of Clinical Nutrition*. 3 (1): 125-128
- Doelle, H.W., D.A. Mitchell and C.E. Rolz. 1992. Solid Substrate Cultivation. Elsevier Aplied Science, London NewYork.
- Fadilah, S Distanitina, E.K. Artati, dan A. Jumari. 2008. Biodelignifikasi batang jagung dengan jamur pelapuk

- putih (*Phanerochaeta chrysosporium*). *Ekulilibrium* Vol. 7(1):7-11
- Fardiaz, S. 1992. *Fisiologi Fermentasi*. PAU Pangan dan Gizi IPB Bogor.
- Fardiaz, S. 2002. *Mikrobiologi Pangan 2*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Griffin, D.H. 1994. *Fungal Physiology*. 2 Ed. A John Wiley & Sons, Inc. Publication. New York.
- Guignard R. and Body. 1993. Conidium formation and germination in *Neurospora crassa*: *Experimental Mycology*, 27:54-57.
- Gurnadi, K. 1984. Pengaruh imbalanced protein dan energi dalam ransum terhadap performans dua galur ayam petelur tipe medium. Disertasi. Fakultas Pasca Sarjana. IPB Bogor.
- Hajjaj, H, A. Kläbe, G. Goma, P. J. Blanc, Barbier, and J. Francois. 2000. Medium Chain Fatty Acids Affect Citrinin Production in the Filamentous Fungus *Monascus ruber*. *Appl Environ Microbiol*. 2000 March;66(3):1120-1125.
- Harbouene, J. B. 1987. *Metoda Fitokimia Penentuan Cara Modern Menganalisa Struktur*. Ed 2. ITB, Bandung
- Hausmann, A and G. Sandmann. 2000. A single five-step desaturase is involved in the carotenoid biosynthesis pathway to beta-carotene and torulene in *Neurospora crassa*. *J.Genet.Biol.*30(2):147-53.
- Heinz, V., R. Buckow, and D. Knorr 2005. Catalytic Activity of Amylase from Barley in Different Pressure/Temperature Domains. *Biotechnol. Prog.*, 21 (6): 1632 -1638.

- Heryandi, Y. 2004. Efisiensi penggunaan ransum pada ayam ras petelur melalui perubahan waktu pemberian dan kandungan metionin. Disertasi. Sekolah Pasca Sarjana IPB Bogor.
- Hidayat, N. 2007. Teknologi Pertanian dan Pangan. <http://www.PikiranRakyat.com/cetak/0604/24/Cakrawala/indeks.hmt>.
- Hirschberg, J. 2001. Carotenoid biosynthesis in flowering plants. *Curr Opin Plant Biol* 4: 210-218
- Howard, R. T., Abotsi, E., Jansen van Rensburg, E. L, and Howard, S., 2003, Lignocellulose Biotechnology : Issue of bioconversion and enzyme production, *African Journal of Biotech.*, 2:602-612
- Hsieh,C. and F.C. Yang. 2003. Reusing soy residue for the solid-state fermentation of *Ganoderma lucidum*. *Bioresource Technology* 80:21-25
- Hussein, S. A. 2000. The use of step down and modified constant protein feeding systems in the developing pullet reared in hot climates. *Animal Feed Science and Technology* 85 (2000) 171 - 181
- Irawadi, T.T., Darwis, A. Sailah dan I. Safriani. 1995. Kajian kondisi fermentasi pada produksi selulase dari limbah kelapa sawit oleh *Neurospora sitophila*. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 5(3): 199- 207.
- Johjima, T., Itoh, N., Kabuto, M., Tokimura, F., Nakagawa, T., Wariishi, H., and Tanaka, H., 1999. Direct Interaction of Lignin and Lignin Peroxidase from *Phanerochaete chrysosporium*, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 96. 1989-1994
- Kohlmeier,L. and S.B. Hastings. 1995. Epidemiologic evidence of a role carotenoids in cardiovascular disease

- prevention. *The American Journal of Clinical Nutrition* 62 (6): 120-125
- Lerch. 1978. Amino acid sequence of tyrosinase from *Neurospora crassa*. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 75(8): 3635-3639.
- Leeson, S. and J. D. Summers. 2001. Nutrition of the chicken. 4th Ed. University Books. Guelph, Ontario, Canada.
- Litchfield, J.H. 1992. Single Cell Protein dalam Encyclopedia of Mikrobiology. Vol. 4 Academic Press. New York.
- Liu, F., S. Tachibana., T. Taira, M. Ishihara and M Yashuda. 2005. Purification and characterization of a new type of serine carboxypeptidase from *Monascus purpureus*. *Journal of Industrial Microbiology and Bitechology.* Vol. 31 (1):23-28.
- Marathe, S., Y.G. Yu, G.E. Turner, C. Palmier and R.L. Weiss. 1998. Multiple forms of Arginine and Metionine from single locus in *Neurospora crassa*. *Journal of Biological Chemistry* 273 : 29776-29785
- Maynard, L.A. and T. K. Loosly. 1980. Animal Nutrition. 7th Ed. Tata Mc. Graw Hill Publishing Co. Inc. New Delhi, India
- McNab, R. and L. A. Glover. 1991. Inhibition of *Neurospora crassa* cytosolic chitinase by allosamidin *FEMS Microbiology Letters*, 82: 79-82
- Mukhtadi, T. R. 1989. Teknologi Proses Pengolahan Pangan. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi IPB, Bogor.
- Murray, R. K., Granner, D. K., Mayes, P. A., Rodwell, V. W. 1999. Biokimia Harper. Edis 24. Jakarta.

- Murtidjo. B.A. 1990. Pedoman Beternak Ayam Broiler. Kanisius, Yogyakarta.
- Murugesan, G.S., M. Sathishkumar, K. Swarninathan. 2005. Supplementation of waste tea fungal biomass as a dietary ingredien for broiler chicken. *Bioresource Technology* 96: 1743- 1748.
- North, M. O. 1990. Commercial Chickens Production Manual. The Avi Publishing Company Inc. Westport Connecticut.
- Nuraini, Harnentis dan Sabrina. 1999. Pemanfaatan Ampas Sagu Fermentasi untuk meningkatkan Produktifitas Sapi Potong di daerah Pesisir Selatan. Laporan IPTEK. Lembaga Pengabdian Universitas Andalas, Padang.
- Nuraini dan Y. Marlida. 2005. Isolasi dan identifikasi kapang karotenogenik untuk memproduksi pakan sumber β karoten. Laporan Penelitian Semi Que. Fakultas Peternakan Universitas Andalas Padang.
- Nuraini. 2006. Potention of carotenogenic fungi to produce high β -caroten feed and its application on broiler and laying poultry. Disertation. Pasca Sarjana Universitas of Andalas, Padang
- Nuraini, Sabrina dan S.A. Latif. 2008. Performa dan kualitas telur ayam dengan penggunaan fermentasi dengan *Neurospora crassa*. *Jurnal Media Peternakan* 31 (3), Des 2008:195-202. ISSN 0126-0472.
- Nuraini. 2009. Performa broiler dengan ransum mengandung campuran ampas sagu dan ampas tahu yang difermentasi dengan *Neurospora crassa*. *Jurnal Media Peternakan* 32 (3),Des 2009 :213-219. ISSN 0126-0472.
- Nuraini, Sabrina and S.A.Latif. 2009. Improving the quality of tapioca by product through fermentation by *Neurospora*

- crassa* to produce pakan kaya β Carotene. Pakistan Journal of Nutrition 8(4): 487-490.
- Nuraini, Sabrina and S.A.Latif. 2012. Fermented product by *Monascus purpureus* in Poultry diet: Effects on laying performance and egg quality. Pakistan Journal of Nutrition 11(7): 605-608.
- Nuraini., M. E. Mahata and Nirwansyah. 2013. Response of broiler fed cacao pod fermented by *Phanerochate chrysosporium* dan *Monascus purpureus* in the diet. Pakistan Journal of Nutrition 12(9):889-896
- Nurdin, H. 1994. Penarikan β karoten dari limbah minyak kelapa sawit dan efeknya terhadap penurunan kolesterol. Laporan Penelitian Hibah Bersaing Universitas Andalas.
- Palmier, C. 1999. Purification and Characterization amino acid from *Neurospora crassa*. Thesis (PhD) University of California Los Angeles.
- Pattanagul, P., R. Pinthong, A. Phianmongkhol and N. Leksawasdi. 2007. Review of angkak production (*Monascus purpureus*). Chiang Mai J. Sci. 34(3): 319-328.
- Perkins, D.D., R.H. Davis and K.H. Steinkraus. 2002. Fungal Genetics and Biology, Fermented foods, feeds, and beverages. *Biotechnology Advances*. 4 : 419-423.
- Rasyaf, M. 1990. Mengkaji Formula Ransum Ayam dan Itik dari Tahun ke Tahun. Trinity Press Jakarta.
- Rasyaf, M. 1990. Memelihara Burung Puyuh. Penerbit Yayasan Kanisius, Yogyakarta.
- Rasyaf, M 1991. Bahan Makanan Unggas di Indonesia. Penerbit Kanisius. Jakarta.
- Ratledge, C. 1994. Biochemistry of microbial degradation. Kluwer Academic. Publishers. London

- Rhodes, W. G. ,R.A. Lindberg and H. Drucker. 1983. Purification and characterization of an extracellular acid protease from *Neurospora crassa*. *Biochemistry and Biophysics*.223:514-520
- Romero, M. D., J. Aguado, L. González and M. Ladero. 1999. Cellulase production by *Neurospora crassa* on wheat straw. *Enzyme and Microbial Technology*, 25: 244-250.
- Sabrina, Nuraini, H. Abbas, Boyon dan R. Zein. 2001. Peningkatan kualitas bungkil inti sawit melalui pendekatan bioteknologi dengan berbagai jenis kapang. Laporan Penelitian Hibah Bersaing Tahun I. Lembaga Penelitian Universitas Andalas Padang.
- Sabrina, Nuraini, H. Abbas, Boyon dan R. Zein. 2002. Peningkatan kualitas bungkil inti sawit melalui pendekatan bioteknologi dengan berbagai jenis kapang. Laporan Penelitian Hibah Bersaing Tahun II. Lembaga Penelitian Universitas Andalas Padang.
- Saerang, J. L. P. 1995. Pengaruh minyak nabati dan lemak hewani dalam ransum puyuh petelur terhadap performans, daya tetas, kadar kolesterol telur, dan plasma darah. Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sembiring, P. 2006. Biokonversi limbah minyak inti sawit dengan *Phanerochaete chrysosporium* dan aplikasinya terhadap performans broiler. Universitas Padjajaran, Bandung
- Scott, M. L., M. C. Nesheim and R. J. Young. 1982. Nutrition of the Chicken. 3rd Ed. M. L. Scott and Associates Publishers, Ithaca, New York.

- Sies,H and W. Stahl. 1995. Vitamins E and C, β carotene, and other carotenoids as antioxidants. *The American Jurnal of Clinical Nutrition* Vol 62 No 6: 23-27
- Sihombing, S.H. 2006. Produksi karotenoid pada limbah cair tahu, air kelapa dan onggok dengan kapang *Neurospora sitophila*. Fakultas Teknologi Pertanian IPB Bogor
- Singh, B.C., A.S., Singh, and H.S. Singh. 1996. Mutagenesis for hyperproduction of the extracellular amylases by *Termomices lanuginosos*. 45: 31 - 36
- Smith, J.E. 1990. Prinsip Bioteknologi. Penerbit PT. Gramedia, Jakarta.
- Steinberg, D., S. Phartarasathy, H. Carew, J.C. Khoo and J.L. Witztum. 1989. Beyond cholesterol: modification of low density lipoprotein that increase its atherogenicity. *The England Journal of Medical*. 320: 915-924
- Stocker,R. 1993. Natural antioxidants and atherosclerosis. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*. 2: 15-20
- Su, Y. C., J. J. Wang, T. T. Lin and T. M. Pan. 2002. Production of The Secondary Metabolites - Aminobutyric Acid and Monakolin K by *Monascus*. *Jurnal of Industrial Microbiologi and Biotechnology*. Vol 30 (01) : 41 - 46.
- Sudaryani, T, 2003. Kualitas Telur. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Sumanti, D.M., C. Tjahjadi, M. Herudiyanto dan T. Sukarti. 2005. Mekanisme produksi minyak sel tunggal dengan sistem fermentasi padat pada media onggok-ampas tahu dengan menggunakan kapang *Aspergillus terreus*. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*.16 (1): 24-28.
- Tsai, H and S. R. Suskind. 1972. Enzymic properties of a mutant tryptophan synthase from *Neurospora crassa*.

Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Enzymology, 284:324-340

- Treviño, J., M. L. Rodríguez, L. T. Ortiz, A. Rebolé and C. Alzueta. 2000. Protein quality of linseed for growing broiler chicks. *Animal Feed Science and Technology*, 84: 155-166
- Udedibie, A. B. I. and C. C. Opara. 1998. Responses of growing broilers and laying hens to the dietary inclusion of leaf meal from *Alchornia cordifolia*. *Animal Feed Science and Technology*, 71: 157-164
- USDA. 1994. Poultry Year book. Statistical Bulletin No 916, Table 50:46. Economic Research Service, USDA, Washington, DC.
- Valli, K. Barry., J. Brock Dines., Joshi and H. MITchel., 1992. Degradation of 2,4 Dinitrotolune by the lignin - Degrading of Fungus *Phanerochaete chrysosporium*. Journal. Aplied and Enviromental Mikrobiology. Januari: 221 - 228.
- Wahju, J. 1997. Ilmu Nutrisi Unggas. Gajah Mada University Press. Yogyakarta
- Wang, G., Y. Weiss and J.D. Keasling, 2002. Amplification of HMG Coa reductase Production enhances carotenoid accumulation in *Neurospora crassa*. *Metabolic Engineering* J. 25: 124- 129
- Witono, J. 2001. Penggunaan ampas sagu fermentasi dengan oncom sebagai pakan alternatif pengganti jagung terhadap performa ayam broiler. Skripsi. Fakultas Peternakan Unand Padang

- Wolf, E.C. and R.L. Weiss. 1980. Acetylglutamat kinase by *Neurospora crassa*. *Journal of Biological Chemistry*. 225: 9189-9195
- Yunita, A. 1998. Produksi pigmen melalui fermentasi untuk bahan pewarna makanan menggunakan substrat limbah industri. Laporan Penelitian. Teknologi Pangan dan Gizi IPB Bogor
- Yusni. 1987. Pemanfaatan ampas sago (*Metroxylon sago*, Rottb) sebagai pakan alternatif pengganti sebagian jagung dalam ransum ayam broiler. Karya Ilmiah. Fakultas Peternakan IPB Bogor.
- Yu, Y.G. and R.L.Weiss. 1992. Arginine transport in mitochondria of *Neurospora crassa*. *Journal of Biological Chemistry*. 267(22):15491-5.
- Zainuddin,D., F.N. Hapsari dan P. Paulus. 2004. Pemanfaatan kulit pisang dan ampas tahu terhadap pertumbuhan ayam buras. *Proceeding Seminar Nasional Klinik Teknologi Pertanian Sebagai Basis Pertumbuhan Usaha Agribisnis Menuju Petani Nelayan Mandiri*. Hal. 1074-1080
- Zhang X, D. Zhu and D L Wang. 2003. Study on xylose fermentation by *Neurospora crassa*. *Acta Microbilica Sinica*. 43(4):466-72

SENARAI

1. Anti nutrisi adalah zat yang terdapat pada suatu bahan pakan ternak yang dapat menghalangi pencernaan, ataupun penyerapan an zat-zat makanan lainnya pada bahan tersebut.
2. Asam amino esensial adalah sebutan bagi asam amino yang tidak dapat disintesis di dalam tubuh dan harus didatangkan dari luar tubuh ternak (melalui makanan)
3. Asam lemak adalah senyawa alifatik dengan gugus karboksil
4. Ayam petelur adalah ayam yang secara genetika diarahkan sebagai penghasil telur yang unggul.
5. Bahan baku pakan adalah bahan-bahan pakan yang digunakan sebagai campuran dalam suatu ransum .
6. Bahan ekstrak tanpa nitrogen adalah bahagian dari karbohidrat, dan pada analisis proksimat tidak dapat larut di dalam larutan asam, sehingga nilai fraksi ini diperoleh dari pengurangan protein kasar , lemak kasar, serat kasar dari bahan organik.
7. Bahan kering adalah salah satu hasil dari pembagian fraksi yang berasal dari bahan pakan setelah dikurangi kadar air.
8. Berat badan adalah bobot badan ternak dalam satuan waktu tertentu. Berat badan merupakan salah satu parameter untuk mengukur pengaruh dari perlakuan dalam suatu percobaan bahan pakan pada ternak.
9. Berat karkas adalah berat seekor ternak setelah dikurangi dengan darah , bulu dan kulit, kaki, kepala, dan alat-alat pencernaan kecuali ginjal dan paru

(defenisi untuk ternak unggas)

10. Berat telur adalah salah satu parameter untuk mengukur pengaruh suatu perlakuan percobaan pada ayam petelur dengan mengukur berat telurnya (berat dinyatakan per butir telur)
11. Bungkil kedelai adalah limbah dari kacang kedelai setelah diambil minyaknya.
12. Daya cerna protein adalah jumlah atau persentase protein dalam suatu bahan pakan yang setelah dicerna tidak terbuang menjadi kotoran.
13. Daya cerna serat kasar adalah jumlah atau persentase serat kasar dalam suatu bahan pakan yang tidak dibuang bersama kotoran setelah dicerna.
14. Kandungan lemak daging paha broiler adalah lemak yang terdapat pada daging paha ayam broiler.
15. Kecernaan protein adalah jumlah protein yang dapat dicerna oleh ternak dan tidak dibuang bersama kotoran.
16. Koefisien cerna adalah suatu bilangan dalam bentuk persen yang menunjukkan persentase pencernaan zat-zat makanan yang dapat dikonsumsi oleh ternak.
17. Komposisi substrat adalah komposisi suatu bahan yang mengandung nutrisi
18. Konsumsi ransum adalah jumlah ransum yang dikonsumsi oleh seekor ternak.
19. Konversi ransum adalah jumlah ransum yang dibutuhkan (kg) untuk menghasilkan satu kg berat badan.
20. Kualitas nutrisi adalah kualitas zat-zat makanan dalam suatu bahan pakan
21. Persentase karkas adalah berat karkas ayam setelah

- dipersentasekan ke bobot hidupnya
22. Persentase lemak abdomen adalah berat lemak abdomen ayam setelah dipersentasekan ke bobot hidupnya.
 23. Persentase organ fisiologis adalah berat organ fisiologis ayam setelah dipersentasekan ke bobot hidupnya.
 24. Persentase protein kasar adalah kandungan protein kasar dalam suatu bahan pakan dalam satuan persen
 25. Pertambahan berat badan adalah selisih berat badan ayam yang dihitung pada waktu tertentu, misalnya dalam hitungan hari, minggu ataupun selama penelitian.
 26. Pewarna alami adalah zat warna yang berasal dari bahan alam misalnya dari tumbuh-tumbuhan , dan bukan dari zat kimia yang dihasilkan industri.
 27. Produk fermentasi adalah hasil akhir dari proses fermentasi suatu bahan.
 28. Protein bungkil kedelai adalah protein yang terdapat pada bungkil kedelai.
 29. Protein kasar adalah protein total yang terdapat dalam suatu bahan yang terdiri dari protein murni yaitu protein yang disusun dari asam-asam amino dan non protein nitrogen yaitu senyawa yang mengandung nitrogen tetapi bukan protein.
 30. Ransum unggas adalah makanan ternak unggas
 31. Retensi nitrogen adalah jumlah nitrogen yang dapat dimanfaatkan oleh tubuh ternak unggas yang tidak dikeluarkan bersama kotoran.
 32. Senyawa kompleks adalah suatu persenyawaan yang terdiri dari beberapa senyawa dan membentuk suatu senyawa yang kompleks.
 33. Senyawa metabolit adalah senyawa yang dihasilkan oleh

mikroba pada saat pertumbuhan fase eksponensial, misalnya menghasilkan antibiotik.

35. Serat kasar adalah karbohidrat struktural yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan ligoselulosa.
Sumber karbon adalah suatu senyawa atau bahan yang banyak mengandung unsur karbon yang dibutuhkan oleh mikroba untuk pertumbuhannya.
36. Tekanan uap panas adalah suatu tekanan yang ditimbulkan oleh energi uap panas, dan tekanan uap panas digunakan sebagai metode pengolahan bahan pakan secara fisika.
37. Warna kuning telur adalah warna dari kuning telur yang bervariasi sesuai dengan komposisi bahan penyusun ransum, semakin banyak kandungan karotenoid bahan penyusun ransum, semakin pekat warna kuning telur.
38. Zat-zat makanan adalah zat-zat yang terkandung dalam suatu bahan makanan dan dibutuhkan oleh ternak untuk kebutuhan hidupnya. Contoh zat-zat makanan adalah; air, karbohidrat, protein, lemak, mineral dan vitamin.

Indeks

A

Alat pencernaan	35
Anti nutrisi	6
Arginin	23, 50, 68
Asam-asam amino	6, 76, 78

B

Bahan ekstrak tanpa nitrogen	27
Bahan kering	9, 17, 50
Bakteri	6, 18
Biomassa	17, 20, 25
Broiler	3, 43, 45, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 78, 96, 97, 98, 99, 100

D

Daya cerna	5, 44, 97, 98
Degradasi	11, 12, 42, 43
Dicerna	4, 25, 35, 36, 39, 44, 50, 82, 99
Dosis inoculum	9, 13, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 36, 37, 40

E

Energi metabolisme	44, 99
Enzim	4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 17, 19, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 35, 39, 40, 41, 42, 43, 50, 59, 70, 80, 95, 97

F

Fermentasi	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 62, 63, 68, 72, 73, 74, 75, 79, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 95, 96, 97, 99
------------	---

G

Glukosa	5, 9, 13, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 40, 97
Glutamat	23, 50, 68

H

Hemiselulosa	9, 10, 13, 25, 39, 40, 50, 99
--------------	----------------------------------

J

Jamur 11

K

Kapang 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11,
13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22,
23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31,
32, 33, 38, 40, 43, 47, 48, 49, 50,
68, 73, 79, 85, 90, 91, 99

Karotenoid 4, 6, 9, 19, 32,
41, 72, 84

Kecernaan 12, 99

L

Lama Fermentasi 9, 12, 17, 18,
20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28,
29, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 40

Lemak 3, 4, 5, 8, 9, 27, 60

Limbah 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 13, 25,
26, 27, 32, 37, 41, 42, 45, 47, 49,
60, 62, 73, 75, 80, 81, 82, 84, 85,
87, 89, 91, 92, 96, 97, 99

Lipase 10

Lisin 50, 55, 67, 68, 76, 77

M

Metode 14, 55,

Mikroba 5, 8, 17, 18, 23, 35, 36,
39, 50

Molekul 6, 13, 19, 50

N

Nitrogen 3, 5, 9, 12, 13, 14, 15,
16, 27, 33, 43, 44, 51, 54, 55, 56,
62, 91, 93

Nutrisi 6, 45, 53, 69

P

Pencernaan 35

Pengolahan 4, 58

Performa 62, 72, 87

Pertumbuhan 4, 5, 7, 11, 13,
15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24,
25, 26, 27, 29, 30, 31, 34, 35, 36,
37, 38, 40, 41, 51, 52, 53, 57

Ph 5, 17, 28, 30

Pigmen 8, 9, 33

Polisakarida 4, 5

Produk 4, 5, 7, 13, 15, 17, 18,
20, 22, 23, 24, 26, 27, 30, 32, 33,
35, 36, 37, 38, 39, 40, 43, 46, 48,
49, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 58, 59,
61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 71,
72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 82

Protein 3, 4, 5, 6, 9, 10, 12, 14,
15, 16, 17, 22, 23, 24, 25, 27, 28,
30, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41,
42, 43, 44, 45, 49, 50, 51, 54, 55,
56, 62, 64, 65, 66, 68, 69, 76, 78,
88, 90, 91, 93, 97, 99

R

Ransum 1, 3, 8, 44, 45, 46, 47,
48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57,
58, 59, 76, 78, 89, 91, 92, 93, 94,
95, 96, 97, 98, 99, 100

Retensi nitrogen 12, 43, 44, 51,
54, 55, 62, 93

S

Selulase 6, 7, 11, 25, 26, 27, 28,
29, 31, 32, 40, 41, 42, 43

Selulosa 3, 9, 10, 12, 13, 25, 26,
30, 31, 39, 40, 42, 43, 50, 99

Sintesis 59, 80

Substrat 4, 5, 6, 7, 9, 10, 13, 14,
15, 16, 17, 18, 20, 21, 23, 24, 25,
26, 30, 31, 32, 34, 35, 37, 38, 40,
41, 47, 99

Suhu 5, 11, 17

T

Tirosin 23, 50