

## Peningkatan Kadar Protein Limbah Padat Tapioka oleh *Aspergillus Niger* Uicc 159 dan Penentuan Energi Metaboliknya pada Ayam Broiler

Siswati Setiasih, Christiana Siallagan dan Naili Karima

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Indonesia, Kampus Baru Depok 16424, Indonesia  
*siswati@makara.cso.ui.ac.id*

### Abstrak

Onggok merupakan limbah padat tapioka yang masih mengandung kadar pati tinggi sehingga berpotensi sebagai pakan. Namun alternatif tersebut mempunyai kendala karena onggok mempunyai kandungan protein rendah, dan serat kasarnya tinggi serta adanya sianida yang dapat menyebabkan keracunan. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan perbaikan, misalnya melalui proses fermentasi menggunakan kapang *Aspergillus niger* UICC 159 yang mampu memecah pati menjadi glukosa sebagai sumber karbonnya. Sedangkan sebagai sumber nitrogennya digunakan campuran ammonium sulfat dengan urea. Pencapaian produk fermentasi (biomassa) dengan kadar protein tinggi diperoleh dengan memvariasi ketebalan media (1, 2, dan 3 cm), kadar air (30, 40, dan 50%), serta perbandingan antara ammonium sulfat dengan urea (1:4, 2:3, 3:2, dan 4:1). Kondisi optimum diperoleh pada ketebalan media 2 cm, kadar air 30% dan perbandingan ammonium sulfat dan urea 1 : 4. Biomassa yang dihasilkan memiliki kandungan protein 10,05%, lemak kasar 3,60%, serat kasar 19,00%, dan energi metabolis kimiawi 2806,10 kkal/kg serta energi metabolis biologi 3140,00 kkal/kg.

### Abstract

A fermentation of tapioca solid waste (onggok) by *Aspergillus niger* UICC 159 to enrich protein content was explored. The growth condition of fungi was carried out for six days incubation at room temperature with the addition of inorganic nitrogen compound such urea and ammonium sulphate in varying ratio from 1:4 to 4:1. The water content was varied from 30% to 50% with substrate thickness from 1 cm to 3 cm. The optimum condition was found in the ratio of urea and ammonium sulphate of 1:4; water content of 30% and substrate thickness of 2 cm. The crude protein and glucose content of onggok increased from 0,14% to 10,05% and 0,00% to 8,10%, respectively. Whereas, the fermented onggok had chemical energy metabolism of 2806,10 kcal/kg and biological energy metabolism of 3130,00 kcal/kg.

**Keyword:** *Aspergillus niger*, energi metabolisme, onggok

## I. PENDAHULUAN

Total produksi ubi kayu *Manihot esculenta* Cranz di Indonesia pada tahun 1992 adalah 16.525.815 ton. Menurut Biro Pusat Statistik (1994) dalam industri pengolahannya ubi kayu dapat menghasilkan tapioka sebesar 4.131.454 ton (25%) dan limbah padat tapioka berupa onggok sebesar 1.883.943 ton (11,4%). Dari limbah padat yang dihasilkannya baru dimanfaatkan sekitar 22%, seperti untuk campuran saos makanan, kerupuk, kertas dan sebagainya, tetapi pemanfaatan tersebut dirasakan belum optimal karena belum

sepenuhnya menyerap produksi, dan juga harga produk yang dihasilkannya relatif rendah. Selain itu, jika sisa limbah ini tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan masalah pencemaran lingkungan. Untuk itu, perlu dicari alternatif pemanfaatan onggok misalnya sebagai pakan ternak, karena onggok memiliki kandungan pati yang tinggi. Namun, onggok mempunyai keterbatasan bila digunakan untuk pakan ternak karena selain kandungan proteinnya sangat rendah juga kandungan sianidanya yang dapat menimbulkan keracunan. Untuk mengatasi kendala tersebut perlu dilakukan perbaikan, misalnya melalui proses

fermentasi. Onggok dapat dijadikan sebagai substrat, sumber karbon, bagi pertumbuhan kapang, sehingga akan dihasilkan produk biomassa dengan nilai gizi yang tinggi.

Protein mikroba sebagai sumber pangan manusia mulai dikembangkan di Jerman sejak Perang Dunia I. Protein mikroba sebagai produk biomassa sepenuhnya terdiri atas sel-sel mikroba tunggal. Biomassa yang dihasilkan dapat merupakan campuran substrat dengan sel mikroba yang diproduksi melalui fermentasi [1, 2].

Produk biomassa mempunyai nilai gizi yang tinggi, karena biomassa ini memiliki kandungan protein yang tinggi. Selain itu bahkan ada mikroba, seperti ragi, kapang, dan bakteri autotrof, dapat mensintesis vitamin biotin dan riboflavin, serta enzim yang mampu menyederhanakan senyawa-senyawa tertentu sehingga produk biomassa lebih mudah dicerna [2].

Mikroba yang dapat digunakan sebagai produk biomassa untuk pangan, sebagian besar termasuk dalam bentuk mikroalga seperti *Chorella*, *Scenedemus* dan *Spirulina*. Yang termasuk dalam genera bakteri adalah *Bacillus*, *Hidrogenomonas*, *Methanomonas*, *Aerobacter* dan *Pseudomonas*. Sedangkan dalam genera khamir adalah *Candida*, *Saccharomyces*, *Turoloopsis* dan *Kluyveromyces* dan dalam bentuk kapang adalah *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Penicillium* dan *Fusarium* [3].

Kapang *Aspergillus niger* termasuk dalam genus *Aspergillus*, famili Moniliales, ordo Moniliales, subdivisi Deuteromycetes dan divisi Eumycota. Kapang ini mempunyai kecepatan tumbuh yang tinggi dan sering ditemukan pada berbagai substrat seperti roti, daging, dan sayuran berupa bercak kehitaman. *Aspergillus niger* mampu menghasilkan banyak enzim diantaranya amilase, selulase, maltase, glukooksidase, protease, lipase dan urease. [4, 5]

Tujuan penelitian yang dilaporkan dalam tulisan ini adalah untuk mencari kondisi optimum proses fermentasi padat (*solid state fermentation*) dari limbah padat tapioka (onggok) oleh *Aspergillus niger* UICC 159 dengan variasi ketebalan media, kadar air, dan perbandingan ammonium sulfat dan urea. Onggok hasil fermentasi (produk biomassa) selanjutnya dievaluasi secara biologis untuk menentukan energi metabolisnya menggunakan ayam broiler.

Pembuatan produk biomassa tersebut diharapkan merupakan alternatif yang baik, karena selain meningkatkan gizi onggok dalam rangka pemenuhan gizi masyarakat disamping budidaya perikanan dan peternakan, juga merupakan pemanfaatan mikroba lokal yang ada di Indonesia.

## 2. METODE PENELITIAN

### Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini: buret, oven, lumpang, cawan porselin, labu Kjeldahl, perlengkapan soxhlet, perlengkapan destilasi, autoklaf, hot plate, jarum ose, tampah, spektrofotometer, kalorimeter bom, timbangan ayam, kantung ekskreta, kandang ayam dan perlengkapannya, kandang metabolis, dan peralatan lain yang digunakan di laboratorium.

### Bahan

- Onggok sebagai substrat padat diperoleh dari Pabrik Tapioka "Setia" Kedung Halang Bogor. Ampas tahu, sebagai sumber N, diambil dari pabrik tahu di Kelurahan Beji, Depok.
- Inokulum murni kapang *Aspergillus niger* UICC 159 merupakan koleksi Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi FMIPA UI.
- Bahan untuk media kultur kapang (toge, gula pasir, dan agar media fermentasi ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , KCl,  $\text{CaCl}_2$ , dan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )
- Ransum basal, ransum kontrol dan tambahan ransum percobaan diperoleh dari pabrik pakan ternak "Indofeed" Kedung Badak, Bogor. Ransum Komersil dari P.T. Jafta Comfeed Indonesia
- Broiler DOC strain Hubbard CP 707 dari P.T. Charoen Pokphand Jakarta
- Obat-obatan broiler dari P.T. Enlanco Animal Health Indonesia
- Pereaksi untuk analisis : kadar N total ( $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidrat,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat; kadar sianida ( $\text{NaOH}$ , dan  $\text{AgNO}_3$ ); kadar glukosa ( $\text{Cu}$ -tartrat,  $\text{CuO}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ , dan arseno molibdat); kadar pati ( $\text{HCl}$  25%,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Cu}$ -tartrat,  $\text{CuO}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ , dan arseno molibdat); kadar serat kasar ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  dan alkohol 95%); kadar lemak kasar (petroleum eter); kadar mineral ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{CaCO}_3$ , bubuk besi, bubuk Mg,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  dan larutan molibdovanadat)

### Preparasi dan Karakterisasi Onggok

Onggok di keringkan di udara terbuka selama kurang lebih 2 minggu, untuk menghindari tumbuhnya mikroba yang tak diinginkan dan untuk meningkatkan daya simpan onggok. Onggok yang telah dikeringkan dikarakterisasi menggunakan metode analisis standar AOAC [6]. Analisis kimiawi Onggok tersebut meliputi kadar N total, kadar pati, kadar N non protein, kadar air, kadar abu, kadar lemak kasar, kadar HCN, kadar serat kasar dan kadar mineral (Na, Ca, Fe, Mg dan P).

### Inokulum dan Medium Starter

Kapang *Aspergillus niger* UICC 159 dipelihara dalam medium agar miring toge pada suhu 4°C, sebagai *stock culture*. Spora kapang dari *stock culture* yang tumbuh pada suhu kamar selama 4 hari disuspensi dalam 15 mL air suling steril dan akan digunakan sebagai inokulum. Selanjutnya suspensi spora diinokulasikan ke dalam medium pengaktifan (starter) yang mengandung ampas tahu kering (200g/150 mL akuades), lalu diinkubasi pada suhu kamar selama 4 hari.

Miselium yang terbentuk diambil dan dicuci dengan akuades dan dipanaskan dalam oven pada suhu 45°C selama 2 jam kemudian ditumbuk sampai halus, disimpan dan siap untuk digunakan.

### Optimasi Kondisi Fermentasi

Media produksi dibuat dari 2 kg onggok halus yang dicampur dengan 1L media fermentasi ( berisi : 15 g NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; 15 g MgSO<sub>4</sub>.7 H<sub>2</sub>O; 1,5 g KCl; 0,5 g CaCl<sub>2</sub>; 0,75 g FeSO<sub>4</sub>.7 H<sub>2</sub>O), lalu disterilkan pada suhu 121°C, selama 15 menit.

Untuk mendapatkan kondisi optimum bagi pertumbuhan kapang dalam memproduksi biomassa pada media fermentasi, dilakukan percobaan dengan beberapa variabel. Percobaan ini dirancang berdasarkan rancangan acak lengkap dengan pola faktorial 3 x 3 x 4 dan dua kali pengulangan. Variabel yang digunakan adalah; variasi ketebalan media (1, 2, dan 3 cm); kadar air awal (30%, 40%, dan 50%) dan perbandingan berat amonium sulfat dan urea (1:4, 2:3, 3:2, dan 4:1)

Ke dalam masing-masing media ditambah 0,2% (b/b) inokulum dan diinkubasi pada suhu ruang, selama 6 hari dalam wadah tampah yang ditutup plastik berlubang. Penentuan hasil optimum didasarkan pada jumlah protein yang diperoleh paling tinggi. Data yang diperoleh diuji dengan sidik ragam dan uji perbedaan dengan Least Significant Difference (LSD). Selanjutnya produk biomassa diawetkan dengan cara dikeringkan pada suhu 105°C hingga beratnya konstan. [7].

### Penentuan Energi Metabolis Produk

Penentuan energi metabolis secara kimiawi (energi bruto) dilakukan dengan menggunakan alat kalorimeter bom, setelah komposisi kimia produk biomassa ditentukan. Energi metabolisnya dihitung dengan rumus Carpenter [2]. Penentuan energi metabolis secara biologis dilakukan melalui 2 tahapan percobaan sebagai berikut: [2, 8]

a. Penyusunan komposisi ransum basal dan ransum percobaan.

Dalam percobaan ini akan digunakan *ransum basal* berisi: 45,70% glukosa dan 54,30% campuran premix + Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, sedangkan *ransum percobaan* berisi: 15,70% glukosa, 54,39%

campuran premix + Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan 30,00% produk biomassa.

b. Penentuan energi metabolis onggok terfermentasi pada ayam broiler.

Dalam percobaan ini akan digunakan 6 ekor DOC (Day Old Chick) secara acak yang dibagi 2 kelompok, yaitu kelompok ransum basal dan kelompok ransum percobaan. Masing-masing ayam ditempatkan dalam kandang metabolis. Kedua kelompok ayam tersebut diberikan ransum basal selama 7 hari. Selanjutnya selama 7 hari ayam dari kelompok ransum basal tetap diberi ransum basal, sedangkan pada ayam dari kelompok ransum percobaan diberi ransum percobaan. Setelah itu, semua ayam dari kedua kelompok dipuasakan selama 24 jam, lalu kantung ekskreta ditempatkan pada anus masing-masing ayam. Ayam kemudian diberi ransum lagi sesuai dengan kelompoknya selama 24 jam. Setelah itu kantung ekskreta dicopot. Feses dan urin dikumpulkan, dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C, dan ditumbuk sampai halus. Energi feses ditentukan dengan menggunakan kalorimeter bom, kadar Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ditentukan dengan alat AAS, dan kadar nitrogennya ditentukan dengan metode Kjeildahl [6].

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kadar Protein dari berbagai variasi perlakuan

Pada percobaan ini dilakukan variasi ketebalan media, kadar air dan perbandingan amonium sulfat dan urea dengan kadar nitrogen total 4 %. Tujuan dari perlakuan variasi ketebalan media (1,2, dan 3 cm) adalah untuk melihat pengaruhnya terhadap kadar oksigen dan suhu media yang cocok untuk pertumbuhan kapang.

Variasi kadar air 30, 40, dan 50% dilakukan dengan alasan karena pada umumnya kapang tumbuh baik pada kadar air 50-60%. Selain itu, kapang selama pertumbuhan dapat meningkatkan kadar air media, sebagai hasil dari aktivitas kapang dalam menguraikan gula yang menghasilkan sisa metabolisme berupa CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O.

Perbandingan sumber nitrogen dari amonium sulfat dan urea, dilakukan dengan alasan bahwa amonium sulfat merupakan sumber nitrogen dan sulfur. Sulfur digunakan sebagai sumber untuk sintesis metionin yang penting bagi pertumbuhan *Aspergillus niger* Sedangkan penggunaan urea dilakukan karena urea harganya murah, dapat dipecah oleh kapang ini menjadi amoniak dan CO<sub>2</sub> yang selanjutnya digunakan untuk sintesis asam amino [9].

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa hasil optimum untuk peningkatan kadar protein adalah perlakuan

A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>, yaitu perlakuan dengan ketebalan media 2 cm, kadar air 30%, perbandingan amonium sulfat (75,43 g) dan urea (137,14 g) untuk 2 kg onggok dan dilakukan pada suhu kamar.

Tabel 1. Kadar Protein Biomassa hasil variasi ketebalan media, kadar air, dan sumber nitrogen

Ketebalan Media	Kadar Air	Perbandingan Amm.sulfat : urea	Kadar Protein Kasar (%)
A <sub>1</sub> (1 cm)	B <sub>1</sub> (30%)	C <sub>1</sub> (1:4)	10,05
		C <sub>2</sub> (2:3)	9,83
		C <sub>3</sub> (3:2)	9,60
		C <sub>4</sub> (4:1)	8,50
	B <sub>2</sub> (40%)	C <sub>1</sub> (1:4)	9,96
		C <sub>2</sub> (2:3)	9,73
		C <sub>3</sub> (3:2)	8,96
		C <sub>4</sub> (4:1)	8,75
	B <sub>3</sub> (50%)	C <sub>1</sub> (1:4)	9,80
		C <sub>2</sub> (2:3)	9,64
		C <sub>3</sub> (3:2)	8,94
		C <sub>4</sub> (4:1)	8,73
A <sub>2</sub> (2 cm)	B <sub>1</sub> (30%)	C <sub>1</sub> (1:4)	10,05
		C <sub>2</sub> (2:3)	9,83
		C <sub>3</sub> (3:2)	9,19
		C <sub>4</sub> (4:1)	8,81
	B <sub>2</sub> (40%)	C <sub>1</sub> (1:4)	9,83
		C <sub>2</sub> (2:3)	9,81
		C <sub>3</sub> (3:2)	9,41
		C <sub>4</sub> (4:1)	8,19
	B <sub>3</sub> (50%)	C <sub>1</sub> (1:4)	9,94
		C <sub>2</sub> (2:3)	9,70
		C <sub>3</sub> (3:2)	8,98
		C <sub>4</sub> (4:1)	8,15
A <sub>3</sub> (3 cm)	B <sub>1</sub> (30%)	C <sub>1</sub> (1:4)	9,83
		C <sub>2</sub> (2:3)	9,60
		C <sub>3</sub> (3:2)	8,90
		C <sub>4</sub> (4:1)	8,51
	B <sub>2</sub> (40%)	C <sub>1</sub> (1:4)	9,73
		C <sub>2</sub> (2:3)	9,61
		C <sub>3</sub> (3:2)	8,59
		C <sub>4</sub> (4:1)	8,43
	B <sub>3</sub> (50%)	C <sub>1</sub> (1:4)	9,83
		C <sub>2</sub> (2:3)	9,66
		C <sub>3</sub> (3:2)	8,60
		C <sub>4</sub> (4:1)	8,51

Gambar 1. Pengaruh variasi kadar air dan perbandingan amonium sulfat dan urea terhadap kandungan protein pada ketebalan media: 1 cm (a), 2 cm (b), dan 3 cm (c).

Ketebalan media 1, 2, dan 3 cm ternyata tidak memberikan perbedaan pada tingkat kepercayaan 95 dan 99%. Hal ini disebabkan karena sampai ketebalan 3 cm ternyata masih mencukupi kebutuhan oksigen bagi pertumbuhan kapang. Demikian juga dengan variasi kadar air, kadar air 30, 40 dan 50% tidak memberikan perbedaan yang nyata pada tingkat kepercayaan 95 dan 99%. Tidak adanya perbedaan tersebut disebabkan variasi kadar air masih dalam batas kebutuhan air bagi kapang, yaitu 10 - 60% [4].

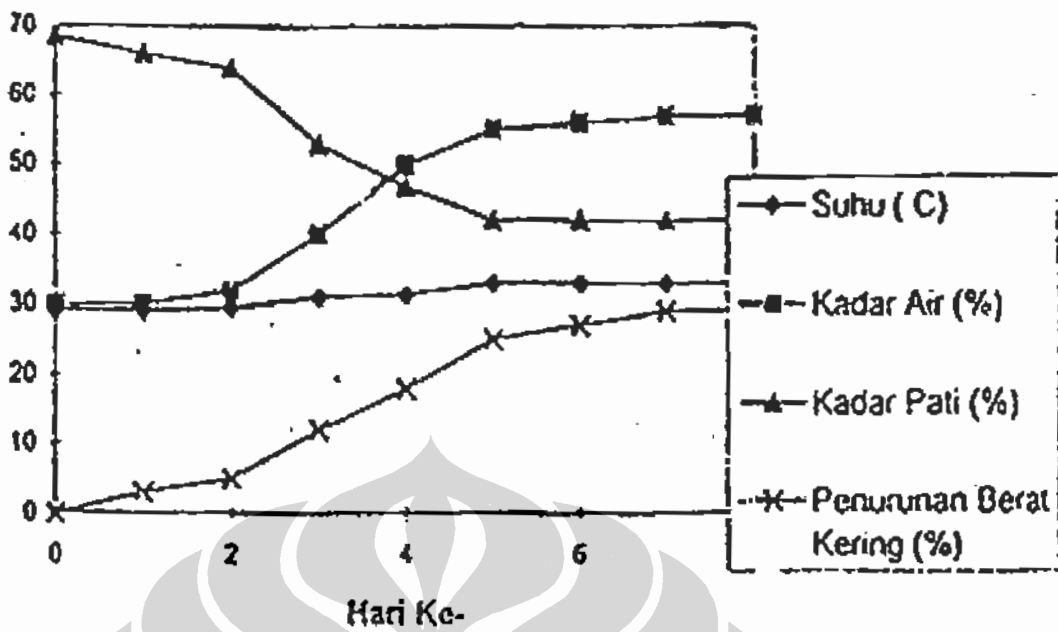
Untuk variasi kadar amonium sulfat dan urea memberikan perbedaan yang berarti pada tingkat kepercayaan 95%, kecuali pada perbandingan amonium sulfat dan urea 1:4. Sedangkan pada tingkat kepercayaan 99%, variasi sumber nitrogen memberikan perbedaan yang berarti untuk semua perbandingan. Gambar kurva hubungan antara kadar protein dengan variasi kadar air serta perbandingan amonium sulfat dan urea pada ketebalan media yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 1.

#### Kondisi Optimum Fermentasi Onggok

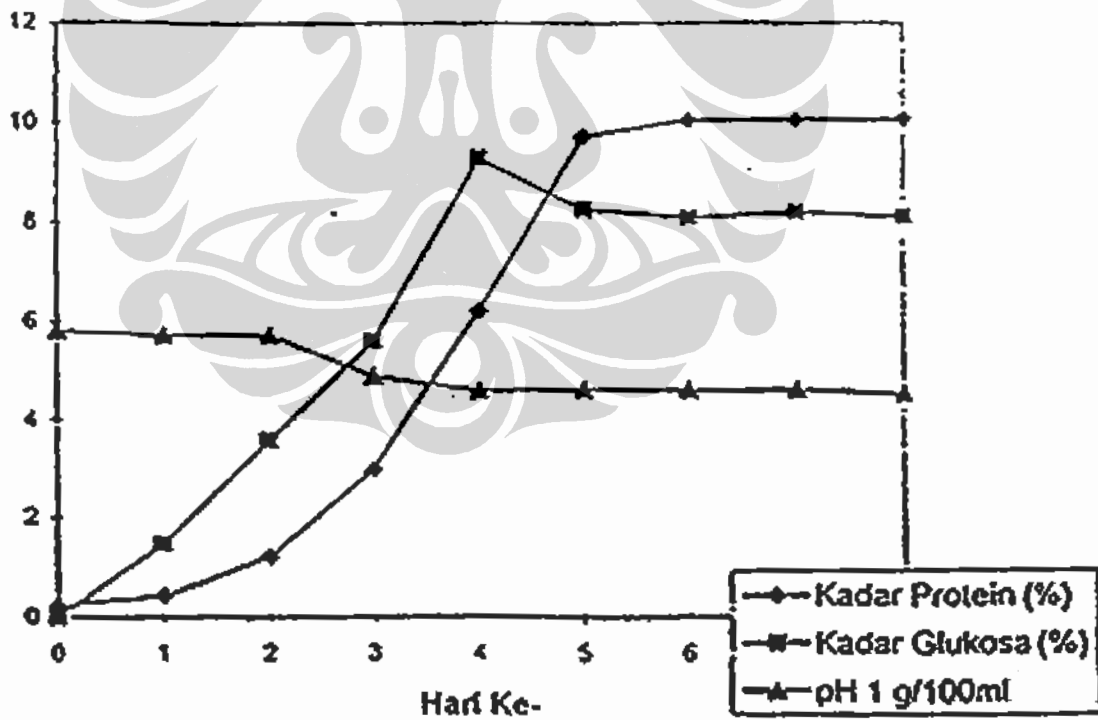
Pada optimasi kondisi fermentasi diperoleh variasi kadar air 30%, perbandingan amonium sulfat dan urea 1:4 dan ketebalan media 2 cm. Kurva hasil pengukuran terhadap beberapa variabel, protein kasar, suhu, kadar air, glukosa, pati, pH, dan penurunan berat kering, selama proses fermentasi pada kondisi optimum dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3. Perbandingan hasil analisis karakteristik onggok sebelum dan sesudah fermentasi (biomassa) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan karakteristik onggok dan biomassa.

Komposisi Bahan	Onggok	Biomassa
Abu (%)	1,50	3,00
Protein Kasar (%)	0,14	10,05
Lemak Kasar (%)	0,30	3,60
Glukosa (%)	0,00	8,10
Pati (%)	68,50	42,30
Serat Kasar (%)	12,30	19,00
BETN (%)	17,26	13,95
Na (ppm)	0,06	0,09
Ca (ppm)	0,01	0,05
Mg (ppm)	0,02	0,05
Fe (ppm)	0,01	0,03
P (ppm)	0,08	0,14
Sianida (ppm)	13,41	10,00
Energi Bruto (kkal/kg)	6.410,00	5.240,00



Gambar 2. Perubahan suhu, kadar air, kadar pati dan penurunan berat kering selama fermentasi



Gambar 3. Perubahan pH, kadar glukosa dan kadar protein selama fermentasi

Dari data yang diperoleh menunjukkan bahwa fermentasi dapat meningkatkan kenaikan kandungan protein kasar, glukosa, lemak kasar, serat kasar dan abu. Selain komposisi bahan yang tertera pada tabel tersebut, kandungan air onggok juga mengalami peningkatan sesudah proses fermentasi, yaitu dari 12,20% menjadi 57,16%. Sedangkan variabel yang mengalami penurunan selama fermentasi adalah kadar pati, berat kering, BETN (bahan ekstrak tanpa protein), energi bruto dan kadar sianida.

Peningkatan kadar protein ini disebabkan terjadinya penyusutan bahan kering yang merupakan zat gizi bagi kapang, serta adanya kenaikan jumlah massa sel kapang. Kenaikan massa sel kapang ini akibat sintesis asam amino oleh kapang yang menggunakan urease untuk memecah urea menjadi amonia dan CO<sub>2</sub> [9]

Pada percobaan ini, selama 6 hari fermentasi terjadi peningkatan suhu. Hal ini disebabkan oleh adanya proses metabolisme pada kapang yang menghasilkan energi. Selain energi, proses metabolisme juga menghasilkan CO<sub>2</sub> dan air, yang mengakibatkan peningkatan kadar air dan penurunan pH selama proses fermentasi.

Meningkatnya kadar glukosa pada biomassa, disebabkan karena amilum dalam onggok mengalami hidrolisis menjadi glukosa oleh adanya amilase dari kapang *Aspergillus niger*. Proses fermentasi ini selain dapat menurunkan kadar pati juga menyebabkan penurunan berat kering dan energi bruto. Amilum mempunyai energi yang lebih tinggi dari gula yang lebih sederhana, karena amilum merupakan polisakarida dengan berat molekul yang lebih besar. Penurunan energi bruto ini juga merupakan akibat dari penggunaan pati oleh kapang sebagai sumber energi untuk metabolisme.

Pada penelitian ini ternyata kadar lemak dan kadar serat mengalami peningkatan, berbeda dengan yang dilaporkan oleh Taram [7]. Menurut Taram, fermentasi pada substrat yang mengandung serat kasar tinggi dapat menurunkan serat kasar akibat penggunaan serat oleh kapang. Kenaikan kadar serat pada penelitian ini dimungkinkan oleh adanya pertumbuhan kapang yang menghasilkan dinding sel yang lebih tinggi, dibandingkan penggunaan serat oleh kapang tersebut.

Peningkatan kadar abu dalam percobaan ini dapat disebabkan oleh penambahan bahan anorganik berupa mineral seperti Fe, Mg, Ca, dan Na. Penurunan kandungan sianida pada biomassa disebabkan karena onggok mengalami proses fermentasi, dimana sianida digunakan sebagai nutrisi serta karena adanya peningkatan suhu sehingga sianida menguap.

#### Analisis Energi Metabolis

Energi metabolis biomassa secara kimiawi setelah dihitung berdasarkan rumus Carpenter diperoleh

sebesar 2806,1 kkal/kg. Sedangkan energi metabolis biomassa secara biologis diperoleh sebesar 3140 kkal/kg.

Perbedaan energi metabolis secara kimiawi dan biologis adalah (3140 -2806,1) kkal/kg = 334 kkal/kg. Selisih tersebut nilainya lebih besar dari yang ditetapkan, yaitu ± 190 kkal/kg, dan hal ini merupakan keterbatasan dari rumus Carpenter yang disebabkan oleh tingginya BETN dan kadar serat kasar pada biomassa [2].

Tabel 2. Hasil analisis penentuan energi metabolis secara biologis

	Komposisi	Ransum	Ekskreta
1	<i>Ransum Basal</i>		
	Nitrogen (g/g)	0,042	0,19
	Krom (mg/g)	2,830	16,17
	Energi Bruto (kal/g)	4.300,00	3.120,00
2	<i>Ransum percobaan</i>		
	Nitrogen (g/g)	0,066	0,13
	Krom (mg/g)	2,830	7,68
	Energi Bruto (kal/g)	4.933,25	3.400,00

#### 4. KESIMPULAN

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Kondisi optimum fermentasi limbah padat tapioka (onggok) oleh *Aspergillus niger* UICC 159 didapatkan pada ketebalan substrat 2 cm, kadar air substrat 30% dan perbandingan amonium sulfat terhadap urea 1 : 4.
- Kandungan protein dan glukosa dalam onggok sesudah mengalami proses fermentasi meningkat berturut-turut dari 0,14 menjadi 10,15% dan dari 0,00% menjadi 8,10%
- Produk biomassa memiliki kandungan energi metabolis kimiawi sebesar 2806,1 kkal/kg dan energi metabolis biologis sebesar 3140 kkal/kg.

#### DAFTAR ACUAN

- [1]. Noyes, Robert . *Protein Food Supplements*. Park Ridge, Noyes Development Corp., USA. (1969)
- [2]. Wahyu, Juju. *Ilmu Nutrisi Unggas*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta. (1988)
- [3]. Brock, Thomas D., Michae D.Madigan, *Basic Microbiology with application*. Englelwood Cliff, New Jersey, USA. (1991)

- [4]. Pelczar, Michael J., E.C.S. Chan, Noel R. Krieg, *Microbiology : Concepts and Application*. Mc. Graw-Hill Inc, New York. (1993)
- [5]. Ferdiaz, *Mikrobiologi Pangan*. Jilid 1. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. (1992)
- [6]. AOAC, *Official Methods of Analysis*, 13<sup>th</sup> Ed., *Association of Official Analytical Chemistry*, Washington, D.C. (1984)
- [7]. Taram, "Pengaruh Lama Fermentasi dan Jenis Kapang Terhadap Perubahan Zat-zat Makanan pada Limbah Organik Onggok". Skripsi sarjana Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor, Bogor. (1995)
- [8]. NCR. *Nutrient Requirements of Poultry*. National Reseach Council, National Academic of Science. Washington DC. (1995)
- [9]. Noomhorn, A., et al . *Protein Enrichment of Cassava by Solid-Substrate Fermentation*. *Biotechnology Food Science and Technology in Industrial Development*, p. 365 -371. (1988)

