

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Bekatul dan Komposisi Kimianya

Padi (*Oryza sativa* Linn) merupakan salah satu budi-daya tanaman pangan yang dimaksudkan untuk memperoleh beras sebagai produk utama, sedangkan bagian luar seperti jerami, sekam serta dedak dianggap sebagai ikutan. Bekatul dihasilkan sebesar 5-9 % dari jumlah beras hasil giling (Syamsudin *dkk.*, 1985). Sebagian besar hasil samping ini digunakan sebagai pakan ternak dan bahan baku yang akan diproses lebih lanjut.

Menurut Lubis (1958), berdasarkan jenisnya dedak padi dibedakan menjadi tiga macam : (1) dedak padi kasar, yang terdiri dari pecahan-pecahan sekam yang agak kasar dan sebagian lagi adalah kulit ari beras yang terluar; (2) dedak padi halus ("rice bran"), yang terdiri dari kulit ari beras, pecahan lembaga dan masih tercampur sedikit hancuran sekam dan; (3) bekatul ("rice polish") yang terdiri dari endosperm dan sedikit kulit keras.

Bekatul merupakan bahan makanan ternak yang mengandung nutrisi terdiri dari protein, vitamin, lemak, dan karbohidrat. Adanya beberapa tipe alat penggilingan padi menyebabkan komposisi kimiawi bekatul padi sangat bervariasi (Syamsudin *dkk.*, 1985). Karbohidrat merupakan komponen utama dalam bekatul yaitu sebesar 40-49 %. Karbohidrat bekatul sebagian besar dalam bentuk pati.

Monosakarida penyusun karbohidrat terdiri dari glukosa, galaktosa, xylosa, dan fruktosa, selain itu bekatul juga mengandung vitamin dan vitamin yang terbanyak dalam bekatul adalah thiamin (West dan Cruz, 1953). Kandungan thiamin pada bekatul adalah 24,7 mg/kg bekatul (Cea dan Sutaria, 1967). Kandungan zat makanan pada bekatul bila dibanding dengan bahan lainnya tercantum pada Tabel 01 sebagai berikut:

Tabel 01. Kandungan zat-zat makanan bahan pakan berdasarkan kering udara

Zat Pakan	Bahan pakan					
	1	2	3	4	5	6
Air (%)	8,35	10,18	9,05	5,44	4,60	9,41
Abu (%)	10,36	1,54	5,75	5,32	18,98	4,64
Lemak (%)	13,68	4,50	2,05	11,82	8,31	2,19
Protein (%)	10,82	8,55	40,94	18,53	53,89	10,57
SK (%)	8,67	0,71	5,01	8,28	-	15,03
BETN (%)	48,12	74,52	37,20	50,61	14,22	58,16
Ca (%)	0,97	0,50	1,29	0,98	7,11	1,65
P (%)	0,68	0,40	0,79	0,58	2,64	0,82

Keterangan : 1. bekatul
 2. jagung kuning
 3. bungkil kedelai
 4. bungkil kelapa
 5. tepung ikan
 6. ampas pepaya
 SK : Serat Kasar
 BETN : Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen

Sumber : Analisis Balai Penelitian dan Pengembangan Industri Semarang(1995)

B. Hidrolisis Pati

Pati adalah salah satu jenis polisakarida yang banyak terdapat di alam. Dalam tanaman amilum terdapat terutama pada akar, umbi atau biji tumbuh-tumbuhan. Dilihat dari susunan kimianya pati merupakan polimer dari glukosa. Zat pati ini terdiri dari amilosa dan amilopektin. Amilosa mempunyai struktur molekul tidak bercabang serta tersusun atas unit-unit glukosa dengan ikatan glukosida α 1,4. Amilopektin mempunyai rantai bercabang dan tersusun atas unit-unit glukosa dengan ikatan glukosida α 1,4 pada rantai tidak bercabang dan ikatan α 1,6 pada titik percabangannya. Perbandingan antara amilosa dan amilopektin di dalam pati sangat bervariasi, tergantung dari jenis tumbuhan penghasilnya. Secara umum kadar amilosa dalam berbagai jenis pati berkisar 10 - 25 % (Winarno, 1984 dan Tjokroadikoesoemo, 1986).

Pati dapat dihidrolisis menjadi gula-gula reduksi dengan bantuan asam atau enzim. Perlakuan dengan asam pada suhu 120 - 140°C (pH 1,8 - 2). Enzim yang banyak digunakan dalam hidrolisis pati adalah α amilase, β amilase dan glukoamilase. Masing-masing berbeda pola kerjanya terhadap pemutusan rantai pati (Smith, 1989).

C. Fermentasi

Di dalam proses fermentasi terdapat suatu kehidupan yang membutuhkan udara dan tidak membutuhkan udara. Pengertian ini kemudian diistilahkan sebagai fermentasi

aerob dan anaerob. Fermentasi anaerob merupakan proses pembentukan energi melalui katabolisme senyawa organik yang tidak melibatkan rangkaian transport elektron dan oksigen sebagai penerima elektron terakhir. Di bawah kondisi anaerob, proses pertumbuhan menjadi lambat. Proses pembentukan energi melalui katabolisme senyawa organik yang melibatkan oksigen sebagai penerima elektron terakhir pada rangkaian reaksi oksidasi-reduksi, diartikan sebagai fermentasi aerob. Dalam kondisi aerob, proses penghasilan energi dan perbanyakan sel dapat berlangsung dengan cepat (Pelczar, *et al.*, 1993).

Aplikasi proses fermentasi pada skala industri atau komersial, dapat dikelompokkan menjadi empat macam :

- a. Proses fermentasi untuk memproduksi sel mikroba
- b. Proses fermentasi untuk memproduksi enzim
- c. Proses fermentasi untuk memproduksi metabolit primer dan sekunder.
- d. Proses fermentasi untuk memodifikasi senyawa kimia tertentu menjadi produk yang lebih mempunyai nilai ekonomi.

Produksi Protein Sel Tunggal (PST) merupakan jenis fermentasi oleh mikroba yang kondisi fermentasinya harus diusahakan sedemikian rupa sehingga kecepatan pertumbuhan sel setinggi mungkin. Fermentasi untuk memproduksi PST ini pada umumnya bersifat aerob (White, 1954 dan Djoko *dkk.*, 1988).

D. PROTEIN SEL TUNGGAL

D. 1. Prospek Protein Sel Tunggal

Protein Sel Tunggal (PST), dapat diartikan sebagai bahan pangan manusia atau bahan pakan ternak, yang dihasilkan oleh mikroba melalui proses fermentasi (Nicol, 1973). Protein Sel Tunggal bernilai nutrisi tinggi karena tingginya kandungan protein, vitamin dan lipid serta kompleks kandungan asam amino essensialnya, sehingga PST sangat potensial sebagai sumber asam amino, protein, vitamin, dan mineral (Crueger dan Crueger, 1984).

Produksi PST ini memiliki prospek yang cukup baik untuk dikembangkan lebih lanjut, mengingat hal-hal sebagai berikut: untuk memproduksi PST diperlukan areal yang luasnya lebih kecil daripada metode pertanian konvensional; produksi PST tidak dipengaruhi oleh cuaca dari luar karena kondisi fermentasi dapat diatur; produksi PST relatif mudah dan tidak menimbulkan masalah penanganan limbah, sebab hampir semua produk PST dapat dikonsumsi serta limbah yang dihasilkan hanya dalam bentuk panas; dalam proses produksinya, PST memiliki laju pertumbuhan yang cepat, reproduksi mikroba seperti bakteri dan khamir dapat memberikan hasil yang berlipat ganda setiap waktunya; prosesnya fleksibel karena dapat digunakan berbagai substrat dan mikroba (Frazier dan Westhoff, 1978; Buckle, 1985; Tjokroadikoesoemo, 1986).

Selain menguntungkan, produksi dan penggunaan PST juga memiliki kelemahan-kelemahan sebagai berikut :

memiliki kandungan asam nukleat yang tinggi, sehingga memungkinkan timbulnya penyakit batu ginjal bagi yang mengkonsumsi; dinding sel mikroba terkadang mengandung komponen yang tidak dapat dicerna sehingga menimbulkan kesulitan pada saluran pencernaan dan kemungkinan mengandung senyawa-senyawa beracun (Crueger dan Crueger, 1984; Tjokroadikoesoemo, 1986).

Adanya kelemahan dan munculnya berbagai tantangan tentang penggunaan PST sebagai pangan manusia, maka PST hanya akan berperan secara tidak langsung dalam upaya peningkatan gizi manusia, yaitu digunakan sebagai pakan ternak (Crueger dan Crueger, 1984).

Di Indonesia sekarang ini sedang diusahakan pengembangan PST yang ditujukan sebagai pakan ternak, sebagai protein pengganti dalam campuran pakan ternak untuk unggas dan ternak ruminansia. Penganekaragaman sumber protein pada pakan ternak ini, karena bahan pakan ternak konvensional dominan yaitu kedelai dan tepung ikan tidak mencukupi kebutuhan proteinnya bagi kebutuhan ternak (Said, 1987).

D.2. Peranan Mikroba Dalam Industri PST

Mikroba yang dapat dikembangkan dalam pembuatan PST, harus memenuhi beberapa persyaratan yaitu : sesuai dengan bahan baku yang digunakan; tidak menghasilkan racun; dapat hidup pada kultur media yang minimal; cepat beradaptasi dengan lingkungan baru; cepat tumbuh dan berkembangbiak;

mudah dipanen; memiliki nilai-nilai gizi (Frazier dan Weshoff, 1978; Ansori, 1989).

Mikroba yang mampu melakukan fermentasi di dalam memproduksi PST adalah bakteri, ragi, jamur maupun alga. Mikroba yang paling banyak digunakan pada pembuatan PST adalah khamir.

Candida tropicalis merupakan khamir yang dapat menghasilkan enzim amilase, sehingga mampu mendegradasi pati menjadi gula-gula reduksi. Di dalam proses fermentasi, gula-gula reduksi tersebut digunakan sebagai sumber karbon oleh *C. tropicalis* (Berry, 1982).

Candida tropicalis memperbanyak diri dengan cara pertunasan, kadang-kadang dapat membentuk pseudomiselium. Sel *C. tropicalis* mempunyai bentuk oval pendek dengan ujung membulat, berukuran 5 - 9 x 6 - 12 mikron, koloninya berwarna putih kekuningan, bersifat mesofil dengan suhu optimum 30°C, aerob, dapat hidup pada pH 3,5 - 6, pH optimumnya adalah 4 - 5 (Berry, 1982; Kockova-Kratochvilova, 1990). Klasifikasi *C. tropicalis* menurut Pelczar (1993) adalah sebagai berikut :

- Divisi : Mycota
- Kelas : Deuteromycetes (Fungi imperfecti)
- Ordo : Cryptococcales
- Familia : Cryptococcaceae
- Genus : *Candida*
- Spesies : *Candida tropicalis*

Candida tropicalis dapat memfermentasi dan menggunakan sumber karbon dari glukosa, galaktosa, maltosa, sukrosa dan xylosa (Kockova - Kratochvilova, 1990).

D. 3. PROSES PRODUKSI PROTEIN SEL TUNGGAL

Dalam memproduksi PST, penekanan diutamakan pada kondisi untuk propagasi, seperti penyediaan medium, kontrol suhu dan pH, kondisi aerasi dan agitasi serta pemanenan sel.

a. Penyediaan Medium

Medium fermentasi harus menyediakan semua nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroba untuk memperoleh energi, bahan pembentuk sel, dan pertumbuhannya, seperti: sumber karbon, sumber energi, sumber nitrogen, sumber vitamin, sumber mineral dan air.

Karbohidrat merupakan sumber karbon yang paling banyak digunakan dalam proses fermentasi (Ansori, 1989). Biaya yang dibutuhkan untuk sumber karbon dalam memproduksi PST sebanyak 60-70% maka dalam hal ini diusahakan sumber karbon yang murah (Djoko *dkk.*, 1988).

Nitrogen merupakan unsur penyusun sel mikroba terbesar setelah unsur karbon. Sebagai sumber nitrogen dapat menggunakan senyawa organik maupun anorganik. Sumber nitrogen anorganik antara lain adalah gas amonia, garam ammonium dan nitrat, sedangkan yang merupakan sumber nitrogen organik adalah urea, protein dan asam amino

(Ansori, 1989). Urea merupakan sumber nitrogen organik yang paling banyak dan mudah diserap oleh sel (Timotius, 1982).

Kebanyakan sumber karbon dan sumber nitrogen alami yang digunakan dalam media fermentasi, sudah mengandung vitamin yang dibutuhkan oleh sel mikroba sebagai faktor pertumbuhan. Sumber mineral biasanya menggunakan magnesium, potasium, sulfur, kalsium dan klorin. Air merupakan komponen utama dalam medium fermentasi, sebab air ikut berperan dalam semua proses kimia dari sel (Djoko *dkk.*, 1988 dan Ansori, 1989).

b. Kontrol suhu dan pH

Untuk mencapai produktivitas yang optimal, perlu adanya pengendalian pH dan suhu selama proses fermentasi. Kontrol pH dapat dilakukan secara manual atau otomatis. Untuk pengendalian pH biasanya ditambahkan senyawa buffer ke dalam medium fermentasi, larutan penyangga atau buffer ini dapat mengambil atau melepaskan ion hidrogen jika terjadi kenaikan atau penurunan pH. Suhu sangat mempengaruhi aktivitas metabolisme sel. Hal ini berhubungan dengan adanya pengaruh suhu terhadap aktivitas enzim, sehingga pengendalian suhu selama proses fermentasi sangat penting (Djoko *dkk.*, 1988 dan Ansori, 1989).

c. Aerasi dan Agitasi

Dalam fermentasi aerob oksigen merupakan komponen penting dalam pengendalian laju pertumbuhan dan produksi metabolit. Pada kultur terendam teknik pemberian oksigen

dilakukan dengan sistem aerasi dan agitasi. Tujuan utama aerasi adalah memberikan oksigen yang cukup pada sel mikroba dalam kultur terendam untuk kebutuhan metabolisme, sedangkan agitasi berfungsi mempertahankan keseragaman suspensi sel mikroba di dalam kultur. Untuk fermentasi berskala kecil, aerasi dan agitasi dapat dilakukan dengan menggunakan "shaker" (Ansori, 1989).

d. Pemanenan sel

Untuk mengambil sel-sel yang dihasilkan dapat dilakukan dengan cara sentrifugasi, filtrasi, flokulasi dan pengeringan semprot (Said, 1987). Cara yang lebih sering digunakan adalah sentrifugasi, untuk menggantikan cara filtrasi yang memberikan hasil kurang memuaskan. Sentrifugasi dengan kecepatan 1000 - 6000 rpm dapat memisahkan partikel yang mengendap dengan cepat, misalnya sel darah merah, partikel kasar dan sel khamir. Biasanya untuk mengendapkan sel khamir digunakan kecepatan sentrifugasi 3000 rpm selama 10 menit (Djoko dkk., 1988).

E. Protein Sel Tunggal dari substrat Pati

Pati dari tanaman sering digunakan sebagai substrat dalam memproduksi Protein Sel Tunggal. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan antara lain adalah peningkatan kadar protein tepung singkong oleh *C. tropicalis*, dari penelitian ini tepung singkong yang semula kadar proteinnya 0,12% dapat ditingkatkan sampai

17% dengan konsentrasi substrat 5% (b/v) dan waktu inkubasi 72 jam (Hermanto, 1994).

Penelitian lain, menggunakan ubi kayu dengan mikroba *C. utilis*, didapatkan peningkatan kadar protein ubi kayu tertinggi sebesar 10 kali dari kadar protein mula-mula. Kadar protein awal adalah 3,5 ug/ml, setelah fermentasi didapatkan protein ubi kayu sebesar 34,44 ug/ml dengan konsentrasi substrat 7,5% (b/v) dan waktu inkubasi 96 jam (Windarti, 1995).

