

OPTIMASI PRODUKSI PROTEIN SEL TUNGGAL DARI BAGASE TERHIDROLISA DENGAN FERMENTASI OLEH *SACCAROMYCES CEREVICEAE*

Oleh:

Isti Pudjihastuti, Margaretha T S, Wahyuningsih, Edy Supriyo*

*PSD 3 Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jln Prof Sudarto, SH Pedalangan Tembalang Semarang

Abstract

*The Came pulp (bagase) were main contained cellulose, through process delignification and hidrolized can be used to growing *saccaromyces cereviceae* yeast as fermented media, so can produced biomass microbial as known as single cell protein (SCP). Design experiment was random block with treatment nutrient added as long as fermented process. The measured parameter were protein contained in microbial biomass with Kehjdahl method. Optimum result were formed to 8 days fermentation and nutrient added $(NH_4)_2SO_4$:1 gr, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$: 0,5 gr, molase (tetes) 20% : 2 ml to media 50 gr.*

Key word: bagase, *Saccaromyces Cereviceae*, SCP

PENDAHULUAN

a. Latar Belakang

Istilah protein sel tunggal (PST) digunakan untuk menunjukkan bahwa protein sel dihasilkan dari organisme bersel tunggal atau banyak yang sederhana seperti: khamir, bakteri, ganggang dan protozoa (Tanembaun, 1968).

Produksi PST perlu dikembangkan dengan pertimbangan pertimbangan sebagai berikut:

- Untuk memproduksi PST diperlukan areal yang lebih kecil, dibandingkan terhadap metode pertanian konvensional. Menurut Humprey (1964) 10% pasokan makanan didunia dapat diproduksi dalam fermentor, yang setara dengan 0,5 mil tanah dipermukaan bumi.
- PST tidak tergantung pada pertanian dan musim.
- Produksi PST dari limbah tidak menimbulkan materi limbah baru, kecuali berupa panas.
- Produksi PST mempunyai laju pertumbuhan yang cepat, karena laju pertumbuhan bakteri atau khamir dapat memberikan jumlah yang berlipat ganda setiap jamnya, sedang apabila dipakai ganggang kurang dari 1 hari.

Hal ini merupakan keunggulan dibandingkan dengan pertanian sistem konvensional.

- Substrat yang digunakan bervariasi sesuai dengan mikrobia yang digunakan, bahkan dapat memanfaatkan berbagai limbah organik sebagai sumber karbon.

Penggunaan PST sebagai makanan ternak dianggap penting dan sangat potensial. Pembuatan PST untuk makanan ternak dilakukan untuk tujuan mengubah limbah yang dapat dipergunakan untuk mensubstitusi karbohidrat pakan yang harganya cukup mahal.

Limbah industri gula tebu yang berupa bagase sampai saat ini belum dimanfaatkan secara optimal. Jumlah bagase yang dihasilkan oleh industri gula cukup banyak, misalnya industri gula Madukismo bagase 100.037,8 ton/th, sedangkan pemanfaatannya belum menentu, dan merupakan masalah jika dibiarkan, sedangkan jika diolah lebih lanjut akan memberikan nilai tambah bagi industri yang bersangkutan, misalnya dengan mengolahnya menjadi protein sel tunggal.

Bagase mempunyai komposisi utama selulosa, hemiselulosa, protein, lemak, lignin, abu, sehingga dapat dimanfaatkan menjadi protein sel tunggal melalui proses delignifikasi, sakarifikasi dan fermentasi. Proses delignifikasi

bertujuan menghilangkan lignin yang merupakan senyawa pengganggu pada proses sakarifikasi dan fermentasi. Proses sakarifikasi bertujuan untuk memecah polimer sellulosa menjadi monomernya dengan dihidrolisa pada tekanan tinggi, dengan katalisator asam kuat yakni asam klorida atau dapat pula digunakan asam dan enzim sellulosa yang akan memecah menjadi monomernya (glukosa). Proses fermentasi dimaksudkan untuk mengubah glukosa menjadi protein sel tunggal dengan menggunakan yeast *saccharomyces cereviceae*. Komponen utama protein sel tunggal adalah berupa asam amino dan mineral yang dapat diukur kuantitasnya dengan metode Kehjdahl.

b. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mencari optimasi kondisi operasi pembuatan protein sel tunggal (PST) dengan proses fermentasi pada media bagase terhidrolisa dengan menggunakan mikobia *sacaromuces cereviceae*.

TINJAUAN PUSTAKA

Produksi PST merupakan salah satu teknologi pengolahan limbah dengan tidak menghasilkan limbah baru, karena semua hasil dapat dimanfaatkan. PST mengandung asam amino esensial dan mineral, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan makanan (untuk manusia) maupun bahan pakan (untuk hewan).

Operasi utama pada proses produksi PST adalah mengoptimalkan konversi substrat menjadi massa mikrobial, sehingga pemilihan massa mikrobial, jenis substrat dan kondisi operasi seperti pH, temperatur, komposisi nutrisi substrat, merupakan penentu keberhasilan produksi PST.

Produksi PST oleh khamir pada limbah industri gula tebu (bagase, ampas tebu) dapat berlangsung, sebab kandungan utama bagase adalah:

Tabel 1: Komposisi kimia bagase

Komponen	% berat kering
Protein	3,1
Lemak	1,5
Serat kasar	14,3
Ekstrak bebas nitrogen	51,7
Abu	8,8

Sumber Rexen.et.al.(1974) dalam Hardjo (1989)

Menurut tabel diatas kandungan serat kasar cukup tinggi, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbon oleh mikrobia yang dipergunakan.

Pemilihan jenis mikrobia didasarkan pada kemudahan pemeliharaan kultur, laju pertumbuhan kultur, komposisi pangan yang dihasilkan dan keamanan pangan.

Ragi atau khamir paling disukai dan paling umum dipakai, jenis ragi telah secara luas dipergunakan misalnya ragi roti, ragi tape.

Mikrobia yang mampu menggunakan karbonhidrat sebagai bahan makanannya ada bermacam macam. Menurut Pepler (1967) pada industri PST membedakan 3 macam ragi untuk substrat yang berbeda beda, yaitu *saccharomyces fragilis* untuk laktosa pada whey.

Pada produksi PST dari bagase dipilih *saccharomyces seceviceae* sebagai mikrobia yang akan "diternakkan", karena pada produksi PST ini bagase akan dirubah menjadi larutan gula, sedang *sacaromuces cereviceae* akan tumbuh dengan baik pada medium bergula, disamping itu ragi ini mengandung protein 50-55% berat kering. Tabel 2 berikut menunjukkan kandungan protein beberapa mikroorganisme.

Tabel 2:Kandungan protein beberapa mikroorganisme.

Jenis Mikroorganisme	Kandungan Protein (%)
Khamir/ragi	50-55
Bakteri	50-80
Ganggang	20-80
Kapang	15-45

Sumber Mateles dan Tanenbaum, 1968.

Tahapan Proses Produksi PST.

Tahapan proses produksi PST adalah sebagai berikut:

- Perlakuan pendahuluan atau delignifikasi.
- Sakharifikasi.
- Fermentasi.

Perlakuan pendahuluan atau delignifikasi.

Dale dan Mereira (1982), menyebutkan ada dua faktor perlunya perlakuan pendahuluan, yakni dalam bahan bersellulosa terikat oleh lignin yang berada dalam bentuk lignoselulosa kompleks, dan sebagian senyawa

selulosa dalam bahan berselulosa mempunyai struktur kristalin, yang tahan terhadap panas dan asam (Murdiyanto, 1984), untuk mengatasi hal tersebut dilakukan hidrolisa dengan menggunakan tekanan 3 atm (Margaretha, 1994).

Selulosa merupakan polisakarida, senyawa ini merupakan bahan penyusun utama dari jaringan serat dan dinding sel pada tumbuh-tumbuhan. Senyawa ini terdiri atas sejumlah besar glukosa yang saling bergandengan secara linier dengan ikatan glikosidik β -1,4, pada gugus glukosa yang satu dengan gugus glukosa yang lain. Setiap molekul selulosa tersusun oleh kira-kira 1000 molekul glukosa (Fenema, 1976).

Secara alamiah molekul selulosa tersusun dalam bentuk fibril yaitu susunan paralel molekul-molekul selulosa yang dihubungkan dengan ikatan hidrogen. Fibril-fibril tersebut membentuk susunan kristal dan amorf. Struktur kristal terbungkus oleh lignin yang berfungsi sebagai pelindung selulosa terhadap serangan enzim pemecah selulosa yang dihasilkan tumbuh-tumbuhan.

Selulosa dapat dihidrolisa menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana oleh enzim selulase dengan jalan pemutusan ikatan β -1,4 glikosidik, menjadi bentuk monomer monomer glukosa. Pemecahan selulosa merupakan pemecahan polimer anhidroglukosa kedalam polimer-polimer yang lebih kecil, hasilnya dapat berupa oligosakarida, disakarida, trisakarida, seperti selobiosa dan selotriosa, monomer glukosa dan hasil pemecahan lain seperti levulenat, apabila terdegradasi lebih lanjut.

Proses perubahan dapat dilakukan dengan cara hidrolisa asam atau hidrolisa enzimatik.

Perlakuan pendahuluan diperlukan untuk bahan yang berselulosa, dengan tujuan untuk mempermudah hidrolisa menjadi senyawa yang lebih sederhana yakni glukosa, yaitu dengan jalan mengubah struktur selulosa yang kristalin menjadi struktur amorf dan melarutkan senyawa lignin dan fenol yang dapat menghambat aktivitas mikroorganisme dalam menghidrolisa senyawa selulosa.

Proses Sacharifikasi.

Proses sacharifikasi merupakan proses yang bertujuan menghidrolisa selulosa dan polimer karbohidrat lainnya menjadi senyawa gula sederhana, seperti glukosa, silosa, dan selobiosa. Hidrolisa selulosa dan hemiselulosa yang terdapat dalam bahan-bahan berselulosa dapat digunakan asam kuat yaitu asam sulfat atau asam klorida atau menggunakan enzim selulase.

Penggunaan asam mempunyai beberapa kekurangan yaitu:

- Hidrolisa dengan asam memerlukan alat tahan korosi yang harganya cukup mahal.
- Struktur kristalin selulosa sangat tahan terhadap asam, sehingga untuk mengubah susunan kristalin menjadi susunan amorf diperlukan asam dengan konsentrasi tinggi dan temperatur tinggi.
- Asam bersifat tidak selektif, artinya dapat pula bereaksi dengan senyawa lain pada bahan yang dihidrolisa, dan menghasilkan produk-produk yang tidak dikehendaki, sehingga akan menurunkan kemurnian larutan gula yang dihasilkan (Dale, 1982).

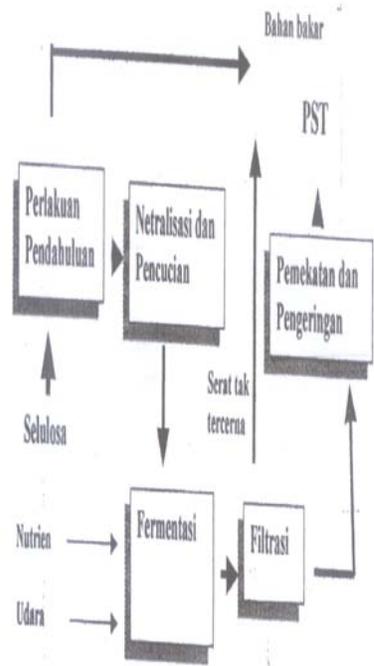
Reese (1976) menjelaskan bahwa perubahan struktur kristalin menjadi amorf terjadi melalui pemecahan ikatan kovalen rantai selulosa pada daerah kristalin. Rantai yang bebas tersebut kemudian menjadi hidrat (mengikat air) dan mengembang sehingga mudah dihidrolisa oleh asam atau enzim (Murdiyanto, 1984).

Mekanisme penyerangan substrat adalah sama, sekalipun penggunaan komponen alami dari sistem selulosa berbeda di antara organisme-organisme. Berdasarkan bahwa organisme mampu menggunakan bentuk selulosa yang dimodifikasi secara kimiawi yang mempunyai kekuatan hidrofilik pada selulosa asal.

Penelitian terakhir akan aktivitas substrat awal dan intermediate serta bentuk kegiatan komponen-komponen selulosa secara individual menunjukkan bahwa adalah layak untuk mengklasifikasikan komponen-komponen ini kedalam empat kategori yaitu endo- β -1,4-glukonase, exo- β -1,4-glukan selobiosilhidrolase dan β -glukosidase (Hardjo, 1980).

Fermentasi Selulosa Untuk Produksi Protein Sel Tunggal.

Aliran proses pembuatan PST didasarkan atas dua rancangan dasar seperti terlihat secara skematis seperti gambar 1, memperlihatkan fermentasi kultur tercelup ini dimana bahan berselulosa pertama tama mendapat perlakuan pendahuluan kemudian dinetralisir atau dicuci kemudian difermentasi dengan bakteri atau jamur aerob. Fermentasi mungkin dapat bersifat mesofilik atau termofilik tetapi selalu diinginkan agar dapat memecah sellulosa sesempurna mungkin.

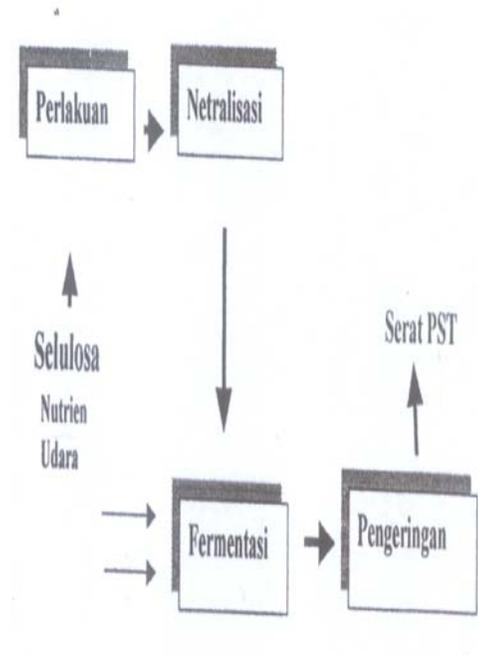


Gambar1: Proses fermentasi PST kultur tercelup

Pemanenan protwin sel tunggal dapat dilakukan dengan semua serat dihilangkan (jika menggunakan bakteri) atau organisme yang melakukan fermentasi dapat dipanen dengan serat yang tidak tercerna.

Bentuk kedua fermentasi sellulosa diperlihatkan pada gambar 2: teknik ini menggunakan tahapan perlakuan awal terhadap sellulosa yang sama dengan fermentasi tercelup tetapi disini kultur ditambahkan pada padatan lembab pada suatu pencernaan dalam beberapa bentuk, setelah fermentasi semi padat selesai,

serat serap dan organisme organisme yang menempel dipanen bersama sama (Dunlop, 1980)



Gambar 2: Proses fermentasi PST semi padat

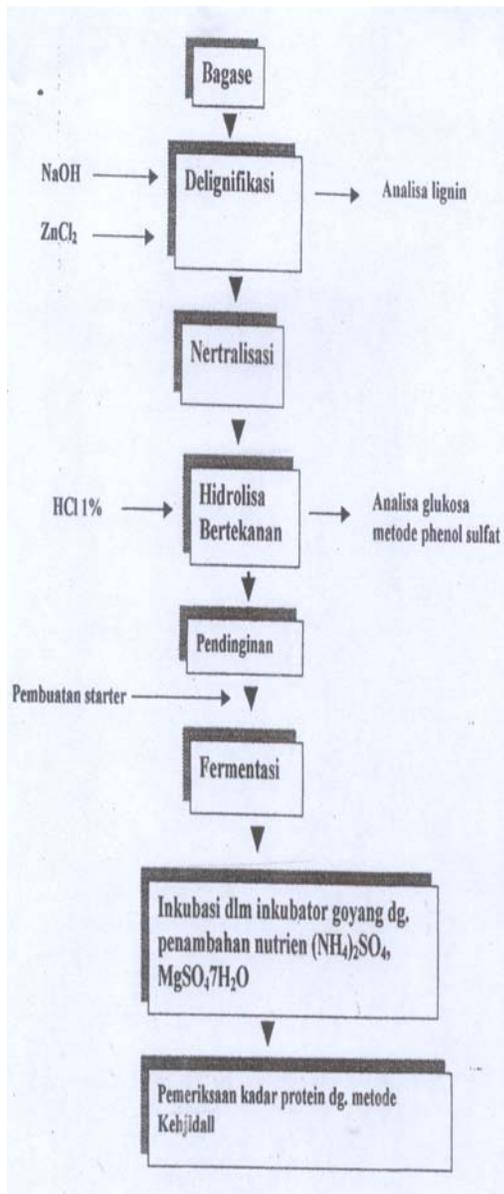
METODOLOGI PENELITIAN

Kondisi operasi proses fermentasi bagase terhidrolisa oleh khamir *saccharomyces cereviceae*, dapat diamati dari perbandingan antara berat bahan baku sebagai media dengan *saccharomyces cereviceae* pada temperatur tertentu, yang kemudian difermentasikan pada kondisi yang berbeda beda. Parameter yang diukur adalah kadar protein pada berbagai variasi nutrien sebagai perlakuan dan waktu fermentasi sebagai blok.

Pelaksanaan Percobaan.

Rancangan percobaan yang dipakai adalah rancangan acak lengkap berblok, dengan penambahan nutrien sebagai perlakuan (treatment) dan waktu fermentasi sebagai blok. Variabel tetap: pH = 5, temperatur: 30°C, konsentrasi glukosa 200 gr/lit, konsentrasi starter 10% (Kapti, 1988). Variabel tidak tetap:

konsentrasi $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (0,5-2 gr/lit), konsentrasi $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (0,5-1 gr/lit). Proses pembuatan tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 3: Proses pembuatan PST

Parameter Yang Diuji

Pada penelitian ini parameter yang diuji kandungan protei untuk setiap perlakuan dengan metode Kehjidal, sehingga hasil yang optimum dari perlakuan beberapa nutrisi diketahui, jika dibandingkan protei sebelum dan sesudah fermentasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kadar protei bagase terhidrolisa sebelum dan sesudah fermentasi ditunjukkan pada Tabel 3 dan 4 berikut:

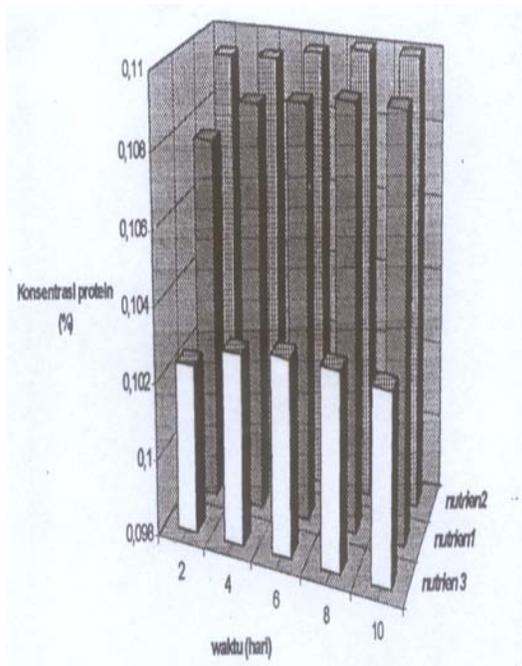
Tabel 3: Pengujian protei sebelum fermentasi.

	NaOH titran	
	Sampel	Blanko
	2,2	2,8
	2,1	2,7
	2,1	2,9
	2,0	2,8
	1,9	2,8
Rerata	2,06	2,8

Tabel 4: Pengujian protei sesudah Fermentasi

	Nutrien 1					
	NaOH	1,3	1,2	1,3	1,4	1,4
Titran	1,2	1,3	1,35	1,35	1,35	1,4
	1,35	1,35	1,4	1,4	1,35	1,4
	1,3	1,35	1,35	1,4	1,35	1,35
Rerata	1,27	1,3	1,34	1,38	1,37	1,39
	Nutrien 2					
	NaOH	3,5	3,5	3,8	4,0	4,5
Titran	3,9	3,6	4,0	4,5	4,5	4,4
	3,45	4,0	3,8	4,0	4,5	4,3
	3,6	4,0	3,8	4,0	4,0	4,3
Rerata	3,75	3,8	3,84	4,2	4,38	4,4
	Nutrien 3					
	NaOH	3,8	3,6	3,7	3,6	3,7
Titran	3,85	3,6	3,7	3,7	3,8	3,6
	3,4	3,7	3,6	3,8	3,85	3,6
	3,9	3,8	3,6	3,8	3,6	3,6
	3,4	3,6	3,7	3,8	3,6	3,6
Rerata	3,67	3,66	3,66	3,74	3,67	3,62

Dari data diatas dapat dihitung kadar protei pada berbagai nutrisi dan waktu fermentasi serta berbagai nutrisi yang ditambahkan selama fermentasi, seperti terlihat pada Gambar 4 dibawah.



Gambar 4: Diagram batang konsentrasi protein pada berbagai waktu dan berbagai nutrisi yang ditambahkan selama fermentasi.

Hasil protein sebelum fermentasi sebesar 0,0647%, harga ini lebih kecil dibandingkan kadar protein sesudah fermentasi untuk berbagai variasi nutrisi seperti Gambar diatas. Pada nutrisi 2 hasil paling optimum pada hari ke 8, dan pada hari ke 10, kadar protein relatif konstan. Pada nutrisi 3 hasil protein lebih sedikit disebabkan adanya gangguan absorpsi nutrisi pada larutan yang lebih pekat dibandingkan nutrisi 2 dan 1. pada kondisi optimum (nutrisi 2), menunjukkan bahwa fase log terjadi pada hari ke 4 sampai 8, sedang fase stasioner terjadi setelah hari kedelapan sampai 10, sedang pada nutrisi 1 fase kematian terlihat pada hari ke 8, untuk nutrisi 3 hari ke 8 merupakan fase stasioner, akan tetapi kadar protein lebih kecil, hal ini disebabkan karena pada konsentrasi media tinggi absorpsi nutrisi akan terhambat

KESIMPULAN

Bagase atau limbah padat industri gula tebu dapat dimanfaatkan menjadi protein sel tunggal dengan beberapa perlakuan pendahuluan yaitu: de lignifikasi dan hidrolisa.

Nutrien yang ditambahkan selama fermentasi mempengaruhi jumlah protein yang dihasilkan, nutrisi yang optimum adalah untuk 50 gr sampel, 1 gr $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,5 gr dan tetes 20% 2 ml.

DAFTAR PUSTAKA

- Dale, B.E, Mereira, H.J,** 1982, *Atreeze-explottation cellulose hydrolysis technique for increasing*, Biotechnology and bioengineering sym no 12.
- Dunlop, C.E, L,C, Chiang,** 1980, *Utilization and recycle of agriculture waste and sidues*, CRC Press, Inc, Boca Raton Florida.
- Fenema. R.D,** 1976, *Principle of food science*, Marcell Dekker Inc, New York.
- Hardjo Suhardi, N.S, Indrastti, T.Bantacut,** 1989, *Biokonversi pemanfaatan limbah industri pertanian*, IPB Bogor.
- Mateles, Ed RI, S, R Tanembaun,** 1968, *Single cell protein*, The M.I.T Massachuset Institut of technology, Cambridge, Massachuset.
- Margaretha,** 1994, *Kecepatan reaksi dan energi aktivasi hidrolisa ampas tapioka dengan asam khlorida encer*. Thesis, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Murdiyatmo Untung,** 1984, *Laporan penelitian, Pendayagunaan bahan bersellulosa untuk bahan baku proses fermentasi*. P3GI Pasuruan.

