

KAJIAN MEDIA PRODUKSI ENZIM PEKTINASE PADA FERMENTASI MEDIA PADAT OLEH KAPANG

Budiatman Satiawihardja¹⁾, Ade Kumalasari²⁾, dan Subarna¹⁾

ABSTRAK

Beberapa isolat kapang yang diisolasi dari buah-buahan rusak, yaitu jambu biji, pisang, jeruk, timun dan delima, diuji kemampuannya dalam menghasilkan dua jenis enzim pektinase (yaitu poligalakturonase, PG, dan pektinesterase, PE) pada medium padat dedak padi. Dua isolat terbaik hasil seleksi ini diuji lagi sifat produksinya, yaitu apakah bersifat inducibel atau constitutive pada medium padat onggok yang mengandung pektin antara 0,25 - 1,5%. Selanjutnya dilakukan substitusi sebagian onggok dengan dedak padi antara 0-7% dari bahan padat yang diperlukan pada medium dengan kadar pektin yang menunjukkan induksi terbaik pada percobaan sebelumnya disertai dengan variasi jenis larutan mineral.

Hasil-hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut : (1) dua isolat terbaik dalam menghasilkan PG maupun PE adalah isolat kapang DL-1 dan JB-2, (2) Komposisi medium optimum yang dibutuhkan oleh kapang DL-1 dalam menghasilkan PG adalah onggok dengan dedak padi 7%, pektin 1,5%, urea 2% dan larutan mineral -2; sedangkan untuk menghasilkan PE adalah onggok dengan dedak padi 1%, pektin 1,5%, urea 2% dan larutan mineral -3, (3) komposisi medium optimum untuk kapang JB-2 dalam menghasilkan PG adalah onggok dengan dedak padi 5%, pektin 1,5%, urea 2% dan larutan mineral -1; sedangkan untuk menghasilkan PE adalah onggok dengan dedak padi 1%, pektin 1,5% urea 2% dan larutan mineral -1.

PENDAHULUAN

Penelitian tentang produksi enzim pektinase pada media ampas tapioka telah dilakukan oleh Satiawihardja (1982). Disimpulkan bahwa ampas tapioka dapat dijadikan media fermentasi tetapi harus diberi zat gizi tambahan seperti urea, dedak gandum, atau bubuk jagung kuning. Pada penelitian tersebut penambahan larutan mineral yang komponennya terdiri dari $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ pada ampas tapioka tanpa penambahan lainnya ternyata tidak memberikan aktivitas enzim yang tinggi dibandingkan fermentasi menggunakan dedak gandum sebagai media. Sedang penelitian selanjutnya Satiawihardja (1984) mencoba lagi produksi pektinase pada media padat dengan menggunakan media yang bervariasi (dedak padi, dedak gandum,

¹⁾ Staf Pengajar pada Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi (TPG), Fakultas Teknologi Pertanian (FATETA), Institut Pertanian Bogor (IPB).

²⁾ Alumni Jurusan TPG - FATETA-IPB

pada bungkil kacang tanah). Penambahan mineral yang komposisinya sama dengan mineral pada penelitian sebelumnya memberikan aktivitas enzim yang cukup tinggi.

Widyanti (1990) mempelajari sifat-sifat pektinase *Aspergillus niger* yang ditumbuhkan pada fermentasi media padat, menyimpulkan bahwa penambahan larutan mineral -1 yang terdiri KH_2PO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, ekstrak kamir dan bakto pepton memberikan hasil aktivitas enzim yang lebih rendah dari pada mineral -2 yang terdiri dari $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, CaCl_2 , KCl , dan $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Taufik (1992) mengatakan bahwa produksi pektinase pada fermentasi media padat menggunakan kulit buah coklat, dengan penambahan larutan mineral (Na_2PO_4 , KCl , CaCl_2 , MgCl_2) meningkatkan aktivitas enzim.

Endopoligalakturonase yang diekstrak dari media padat dari kapang *Phanerochate chrysosporium* dimurnikan dengan elektroforesis pada kondisi denaturasi. Hasil pemurnian didapatkan bahwa endo-PG terdiri dari 3 isoenzim dengan pI masing-masing 4,42; 4,46; dan 4,64. Substrat enzim ini bisa asam poligalakturonat atau oligogalakturonat (Shanley et.al., 1993).

Tipe dan jumlah enzim yang dihasilkan oleh *Fusarium oxysporum* berbeda-beda tergantung apakah ada atau tidaknya pektin atau asam poligalakturonat di dalam medium pertumbuhan (Forgarty dan Kelly, 1983).

Penelitian Satiawihardja et.al. (1984) melaporkan bahwa enzim pektinase yang dihasilkan oleh *Mucor* yang diisolasi dari buah diinduksi oleh pektin dan dari sekian banyak sumber nitrogen yang dicobakan, urea memberikan hasil yang terbaik.

BAHAN DAN METODE

Bahan Dan Alat

Bahan baku yang digunakan sebagai media padat adalah ampas tapioka yang diperoleh dari pasar Bogor, dedak padi yang diperoleh dari pasar Bogor, pektin dan urea. Larutan mineral -1 terdiri dari 0,67 g $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,67 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,067 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, dan 133 ml HCl pekat yang kemudian diencerkan 10 kali. Larutan mineral -2 terdiri dari (g/l): 4,7 NaH_2PO_4 , 1 CaCl_2 , 0,2 KCl , 0,2 $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ yang

diencerkan 10 kali. Larutan mineral -3 terdiri dari campuran mineral -1 dan mineral -2 dengan konsentrasi yang tetap. Untuk analisa diperlukan Na_2CO_3 , larutan iod 0,1 N, H_2SO_4 2 M, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.05 N, NaCl 1,5 N, dan NaOH 0,02 N, PDA, asam D-poligalakturonat, asam monogalakturonat.

Alat yang digunakan adalah labu Erlenmeyer 500 ml dan 30 ml untuk inkubasi skala labu dan untuk ekstraksi, mesin pengocok (shaker), fermentor kabinet, beberapa alat yang digunakan untuk pengerjaan mikrobiologi dan beberapa alat gelas lainnya.

Metode Penelitian

Isolasi dan Seleksi Kapang

Pada tahap ini dilakukan isolasi kapang dengan cara membiarkan beberapa buah-buahan di udara terbuka sehingga buah-buahan tersebut ditumbuhi kapang. Lalu dilakukan isolasi dengan menumbuhkan pada media PDA, suhu 30°C dan tingkat kepadatan sel yang dapat memperlihatkan koloni tunggal.

Masing-masing isolat kultur murni kemudian diuji kemampuannya dalam menghasilkan pektinase dengan teknik fermentasi media padat. Fermentasi seleksi primer ini dilakukan pada media yang terdiri dari dedak sebanyak 50 gram didalam labu Erlenmeyer 500 ml dan ditamabah dengan 35 ml larutan mineral -1. Kemudian disterilisasi selama 1 jam di dalam otoklav. Setelah dingin media tersebut diinokulasi dengan suspensi spora kapang yang dilakukan secara aseptis.

Suspensi spora kapang dibuat dengan cara menambahkan air sebanyak 5 ml ke dalam agar miring yang ditumbuhi kapang, lalu dikerok dengan jarum ose dan dikocok sehingga spora kapang terlepas ke dalam cairan, diperoleh suspensi spora kapang. Ini dilakukan secara aseptis.

Pengujian aktivitas pektinase dan poligalakturonase dilakukan dengan prosedur yang akan dijelaskan kemudian. Untuk selanjutnya dipilih satu atau dua isolat yang menghasilkan enzim yang terbaik, dan diperbanyak pada agar miring. Kemudian digunakan untuk menguji apakah enzim yang dihasilkan bersifat indusibel atau tidak dengan cara menginokulasi kapang tersebut pada media yang terdiri dari onggok,

larutan mineral -1 dan pektin dengan persentase jumlahnya bervariasi dari 0,25 sampai 1,5 %.

Kemudian dibuat slide culture dari kapang yang terpilih tersebut dan diamati morfologinya untuk menduga genus kapang tersebut.

Optimasi Media fermentasi enzim pektinase.

Pada tahap ini dilakukan fermentasi pada skala labu yaitu dengan menumbuhkan isolat kapang terpilih masing-masing pada media pada yang terdiri dari ampas tapioka, dedak padi, urea 2%, larutan mineral dan pektin dalam jumlah yang sesuai dengan yang diperoleh dari tahap pertama. Untuk mengetahui komposisi yang optimum variabel komposisi dilakukan pada dedak padi dan larutan mineral yaitu pada dedak padi adalah 0, 1, 3, 5 dan 7% sedang larutan mineral adalah mineral -1, mineral -2 dan mineral -3. Fermentasi dilakukan selama lima hari kemudian dianalisa aktivitasnya enzim pektinesterase dan poligalakturonase.

Untuk pengujian aktivitas enzim poligalakturonase dan pektinesterase terlebih dahulu enzim yang ada di dalam media padat harus diekstrak. Ekstraksi dilakukan dengan cara mengambil media padat yang telah ditumbuhi kapang tersebut sebanyak 10 gram dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 ml dan ditambah 100 ml air suling. Erlenmeyer tersebut kemudian diletakkan di dalam mesin pengocok (shaker) selama 1 jam. Setelah itu disaring dengan kertas saring. Filtrat yang diperoleh adalah ekstrak enzim.

Prosedur analisa aktivitas enzim pektinesterase dikerjakan dengan metode titrasi keasaman akibat gugus metil yang dibebaskan dengan menggunakan NaOH (Kertezs, 1955). Satu unit PE didefinisikan sebagai mikromol ester yang dapat dibebaskan per menit per gram substrat padat. Sedang prosedur analisa aktivitas poligalakturonase dikerjakan dengan metode back titrasi (Kertezs, 1955), dimana iod mengoksidasi asam galakturonat yang dibebaskan dan sisanya dititrasi dengan larutan tio sulfat. Aktivitas poligalakturonase (PG) dinyatakan sebagai mikromol gugus pereduksi yang dibebaskan per menit per ml larutan enzim atau g substrat berkapang.

Pengujian Pada Alat fermentor Kabinet

Pada tahap ini dilakukan pengujian pada alat fermentor kabinet dengan menggunakan media ampas taipoka dengan komposisi media yang telah diuji pada skala labu Erlenmeyer. Fermentasi dengan media ampas tapioka pada fermentor kabinet dilakukan dengan jumlah bahan pada t yang diperbanyak 10 kali jumlah bahan padat skala labu.

Media padat yang komposisinya telah ditimbang dan diberi larutan mineral yang sesuai, distterilisasi selama 1 jam di dalam otoklav, setelah dingin diinokulasi dengan inokulum dalam bentuk substrat berkapang. Inkubasi dilakukan selama 7 hari dan diamati aktivitas enzim PG dan PE setiap hari. Inokulum substrat padat berkapang berasal dari media padat pada skala labu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap awal in pengamatan terhadap aktivitas enzim dilakukan pada waktu 4, 5, dan 9 hari. Penelitian-penelitian sebelumnya yang juga menggunakan ampas tapioka sebagai media pada fermentasi media padat untuk menghasilkan enzim pektinase melaporkan bahwa waktu inkubasi yang optimum 4-6 hari (Satiawihardja, 1982; Satiawihardja 1984; Widyanti, 1990);. Perpanjangan waktu inkubasi sampai 9 hari penelitian ini semata-mata untuk melihat apakah aktivitas yang dihasilkan masih tetap tinggi atau malah turun setelah inkubasi 4 dan 5 hari. Data hasil seleksi kapang dalam menghasilkan PE dan PG disajikan dalam Tabel 1 dan Tabel 2.

Dari lamanya waktu fermentasi terlihat bahwa aktivitas pektinesterase (PE) yang dihasilkan oleh beberapa isolat kapang relatif tidak banyak berbeda pada waktu inkubasi 4, 5, sampai 9 hari. Karena untuk kebanyakan isolat kapang inkubasi 5 hari tertinggi dari dua waktu pengamatan lainnya maka pada tahap seleksi ini waktu inkubasi 5 hari cukup beralasan. Adapun aktivitas poligalakturonase (PG) yang dihasilkan demikian juga keadaanya. Untuk tahap seleksi selanjutnya dipilih waktu selama 5 hari.

Tabel 1. Aktivitas pektinesterase yang dihasilkan beberapa Isolat Kapang.

Isolat	Aktivitas PE (U/g med, pdt)*		
	4 hari	5 hari	9 hari**
TM -1	6,74	6,50	8,58
JB - 1	5,72	7,56	7,56
JB - 2	7,03	8,17	7,35
DL - 1	8,91	7,56	10,21
PS - 1	4,70	11,03	6,95
JR - 2	6,05	8,37	6,74

* satu unit PE didefinisikan sebagai jumlah mikromol CH₃OH yang dibebaskan per menit.

** lama fermentasi

Tabel 2. Aktivitas pektinesterase yang dihasilkan beberapa Isolat Kapang.

Isolat	aktivitas PE (U/g med, pdt)*		
	4 hari	5 hari	9 hari**
TM -1	76,58	65,98	106,03
JB - 1	67,16	74,22	102,50
JB - 2	73,63	74,22	80,11
DL - 1	74,22	67,15	93,07
PS - 1	73,63	74,22	113,10
JR - 2	68,34	86,00	88,36

* satu unit PE didefinisikan sebagai jumlah mikromol CH₃OH yang dibebaskan per menit.

** lama fermentasi

Dari hasil pengujian tersebut diperoleh bahwa secara umum isolat kapang dari jambu biji (JB -2) dan Delima (DL -1) menghasilkan enzim poligalaturonase dan pektinase yang lebih baik dari pada isolat-isolat kapang lainnya.

Untuk penelitian tahap selanjutnya dicobakan sifat enzim yang dihasilkan oleh kedua kapang tersebut apakah bersifat inducibel atau tidak dengan perlakuan induksi pektin yang hasilnya disajikan pada Tabel 3.

Dari Table 3 tampak bahwa dengan meningkatnya jumlah pektin maka meningkat pula aktivitas enzim baik poligalaturonase maupun pektinesterase pada kedua jenis kapang DL-1 dan JB-2. Hal ini menunjukkan bahwa enzim poligalakturonase dan pektinesterase bersifat inducibel.

Karena enzim pektinase pada penelitian ini bersifat inducibel maka penelitian tahap selanjutnya pektin ditambahkan ke dalam media sebanyak 1,5% dari berat media.

Tabel 3. Aktivitas PG dan PE yang dihasilkan oleh dua isolat terbaik penghasil Pektinase pada media onggok, mengandung pektin dan mineral-1.

Isolat/Med.	PG (U/gm)	PE (U/gm)
DL - a	121,15	9,80
- b	121,5	8,99
- c	118,0	7,60
- d	111,0	6,37
JB - a	124,0	13,07
- b	112,0	12,42
- c	111,5	5,88
- d	106,0	3,27

Media dengan indeks a, b, c, dan d, masing-masing menunjukkan kadar pektin 1,5, 1,0, 0,5 dan 0,25%.

Hasil identifikasi terhadap kapang DL -1 diduga bahwa kapang tersebut kemungkinan besar adalah *Rhizopus* dan kapang JB -2 adalah *Geotrichum*.

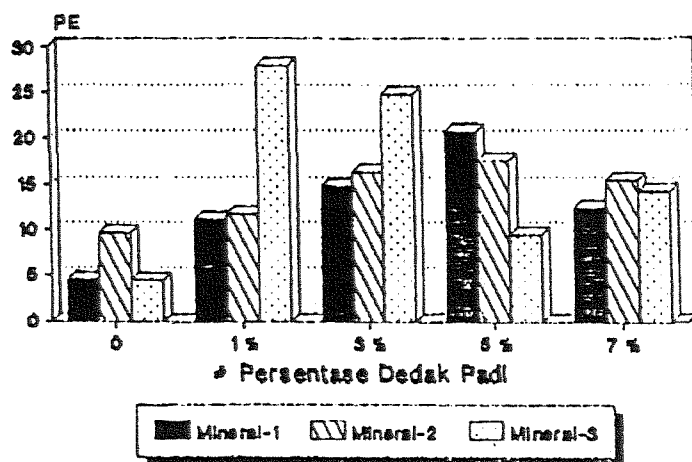
Optimasi media produksi pada skala labu

Pada tahap ini dilakukan perlakuan kombinasi penggunaan 3 jenis mineral dan konsentrasi dedak padi onggok. Hasil kombinasi perlakuan konsentrasi dedak padi dan mineral dapat dilihat pada Gambar 1.

Pada media yang mengandung mineral -1 dan mineral -2 aktivitas pektinesterase yang terbaik dihasilkan pada saat konsentrasi dedak padi 5%. Dengan meningkatnya konsentrasi dedak padi meningkat pula aktivitas enzim yang dihasilkan sampai pada konsentrasi 5% dan setelah ditambah menjadi 7% aktivitas menjadi turun. Hal ini diduga berhubungan dengan kandungan nutrisi dedak padi terutama mineralnya. Mineral -1 terdiri dari Fe, Zn, Cu S dan Cl, dan kandungan mineral dedak padi dapat dilihat pada Tabel 4.

Kemungkinan kapang DL -1 dalam menghasilkan enzim PE membutuhkan mineral-mineral sampai jumlah tertentu, apabila jumlah mineral melebihi dari yang dibutuhkan maka mengakibatkan penurunan aktivitas. Mineral -1 mengandung mineral mikro yaitu mineral yang hanya dibutuhkan makhluk hidup dalam jumlah

sedikit. Penambahan dedak padi ke dalam media yang mengandung mineral -1 berarti menambah jumlah mineral di dalam media sehingga menyebabkan peningkatan aktivitas enzim. Tetapi aktivitas enzim pektinesterase menurun pada konsentrasi dedak padi 7%. Diduga hal ini disebabkan karena terjadi kelebihan jumlah mineral dari yang dibutuhkan kapang untuk menghasilkan enzim pektinesterase.



Gambar 1 Aktivitas pektinesterase pada media yang mengandung mineral -1, mineral -2, dan mineral -3 dan dedak padi 0, 1, 3, 5, dan 7% berat bahan padat, yang dihasilkan oleh kapang DL -1.

Sebagaimana yang terjadi pada media yang mengandung mineral -1, pada media yang mengandung mineral -2 juga terjadi kenaikan aktivitas enzim pektinesterase dengan bertambahnya jumlah dedak padi.

Komponen mineral -2 terdiri dari Na, Ca, K, Mg, Cl dan P. Namun pada kenaikan jumlah dedak padi menjadi 7% aktivitas enzim pektinesterase menurun. Hal ini juga diduga karena terjadinya kelebihan jumlah mineral pada media fermentasi. Namun mineral yang memberikan aktivitas enzim pektinesterase yang tertinggi adalah mineral -3, karena mineral -3 komponennya terdiri dari komponen-komponen mineral -2 dan komponen mineral -2, dengan demikian mineralnya lebih lengkap sehingga kebutuhan kapang akan mineral terpenuhi lebih banyak, Konsentrasi dedak padi yang terbaik pada media yang mengandung mineral -3 adalah 1%. Hal ini dapat dipahami karena jumlah dan jenis mineral pada media tersebut sudah cukup bagi kapang untuk menghasilkan

enzim. Tidak dapat diketahui unsur mineral yang mana yang merupakan pembatas aktivitas enzim.

Tabel 4. Komposisi Kimia dedak padi *

Komponen	Jumlah
kadar air (%)	9,70
kadar protein (%)	13,30
kadar lemak (%)	15,80
kadar abu (%)	10,40
karbohidraat	
Total (%)	50,80
serat (%)	11,80
vitamin (mg/100)	
niacin	29,80
thiamin	2,26
riboflavin	0,29
piridoksin	2,50
mineral (mg/100 g)	
Ca	76,00
P	1386,00
Fe	19,40
K	1495,00

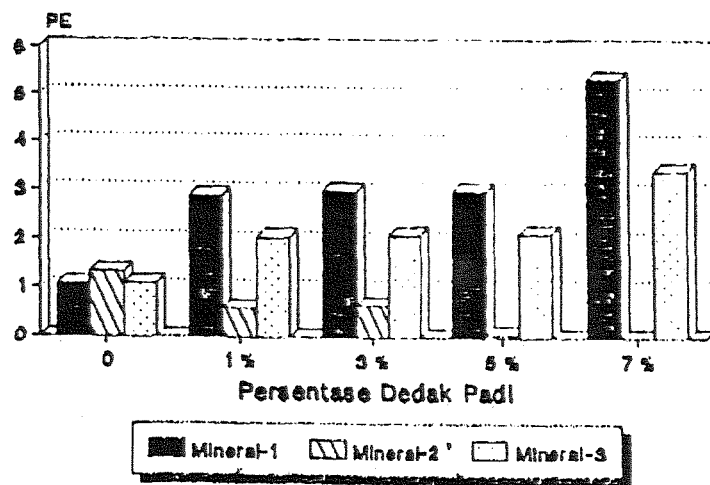
* Houston & Kohler di dalam Widyanti (1990)

Adapun pektinesterase yang dihasilkan oleh kapang JB -2 pada media yang mengandung mineral -1, mineral -2, mineral -3 dan beberapa persen dedak dapat dilihat pada Gambar 2. Ternyata respon isolat JB -2 terhadap ketiga jenis mineral dan dedak padi berbeda dari DL -1.

Kapang JB -2 hanya membutuhkan mineral makro yang sedikit saja di dalam media yang sudah mengandung mineral, sedang kapang DL-1 membutuhkan mineral makro yang lebih banyak. Terbukti bahwa pada kapang DL -1 aktivitas PE meningkat pada penambahan jumlah dedak padi sampai 5%. Aktivitas enzim pektinesterase tinggi apabila mengandung mineral -1 (mineral mikro) dan dedak padi.

Aktivitas poligalakturonase yang dihasilkan pada media yang mengandung mineral -1 dan mineral -2, oleh kapang DL-1 tertinggi ada pada media yang mengandung dedak padi 7%. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3.

Terdapat kecenderungan semakin tinggi kandungan dedak padi semakin tinggi pula aktivitas enzim poligalakturonase. Tidak dapat diketahui sampai berapa persen batas jumlah dedak padi dapat meningkatkan aktivitas poligalakturonase. Tetapi pada media yang mengandung mineral -3 jumlah dedak padi yang menghasilkan enzim tertinggi adalah 5%.

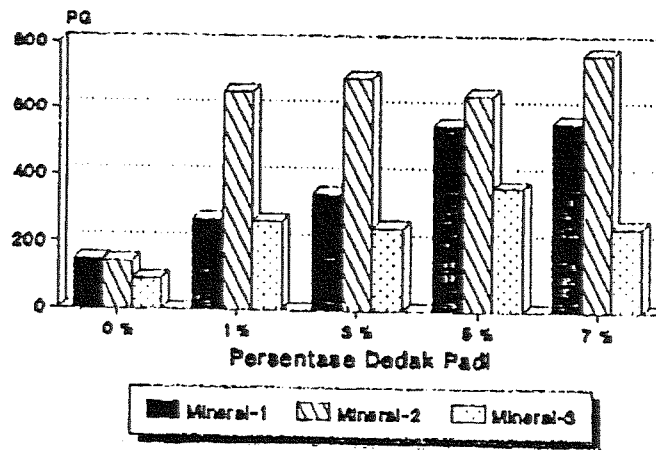


Gambar 2. Aktivitas pektinesterase pada media yang mengandung mineral -1, mineral -2, mineral -3 dan dedak padi 0, 1, 3, 5, 7% berat bahan padat yang dihasilkan oleh kapang JB -2.

Karena mineral -3 mengandung komponen mineral -1 dan mineral -2, sedangkan pada media yang mengandung mineral -2 memberikan aktivitas enzim yang tinggi maka kemungkinan besar adanya mineral mikro dan makro yang juga dikandung oleh dedak padi akan menurunkan aktivitas enzim yang dihasilkan.

Dari Gambar 3 terlihat bahwa mineral -2 merupakan mineral yang memberikan aktivitas poligalakturonase yang lebih baik dari pada mineral -1 dan mineral -3. Kandungan mineral -2 adalah mineral-mineral makro.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Widyanti (1990) disimpulkan bahwa $MgCl_2$, $CaCl_2$, $MnCl_2$ dan $CaCl_2$ dengan konsentrasi 2mM ternyata cenderung meningkatkan aktivitas enzim pektinase.



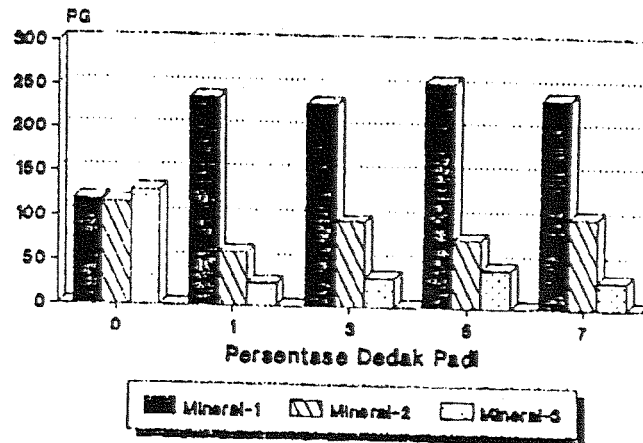
Gambar 3. Aktivitas poligalakturonase pada media yang mengandung mineral -1, mineral -2, mineral -3 dan dedak padi 0, 1, 3, 5, 7% berat bahan padat yang dihasilkan oleh kapang DL -1.

Adanya mineral -2 dalam media menghasilkan aktivitas poligalakturonase yang tinggi dibandingkan dengan mineral -1 dan mineral -3. Dalam menghasilkan PG kapang DL -1 tampaknya lebih menyukai mineral makro apabila ditambah dengan dedak padi. Mineral -1 yang komposisinya terdiri dari mineral mikro pun menghasilkan aktivitas poligalakturonase yang tinggi. Namun campuran dari mineral makro dan mikro justru menghasilkan aktivitas poligalakturonase yang lebih rendah di bandingkan dengan penambahan mineral makro dan mikro secara terpisah.

Kapang JB-2 membutuhkan kondisi media fermentasi yang berbeda dengan kapang DL -1 dalam menghasilkan poligalakturonase yang aktivitasnya dapat dilihat pada Gambar 4. Aktivitas poligalakturonase yang dihasilkan JB -2 meningkat dengan meningkatnya jumlah dedak padi yang mengandung mineral -1 (mineral mikro).

Peningkatan aktivitas PG terjadi sampai persen dedak padi mencapai 5%. Penambahan dedak padi sampai 7% menurunkan aktivitas PG. Pada media yang

mengandung mineral -2 atau mineral -3 tanpa penambahan dedak padi menghasilkan aktivitas PG yang tinggi dibandingkan media yang mengandung dedak padi. Kemungkinan terdapat inhibitor di dalam dedak padi yang dapat menghambat (menurunkan) aktivitas PG apabila bersama-sama dengan mineral makro.



Gambar 4 Aktivitas poligalakturonase pada media yang mengandung mineral -1, mineral -2, mineral -3 dan dedak padi 0, 1, 3, 5, 7% berat bahan pada yang dihasilkan oleh kapang JB -2.

Kapang yang berbeda membutuhkan kondisi yang tidak sama dalam menghasilkan enzim yang sama. Hal ini diduga karena jenis enzim PG maupun PE yang dihasilkan oleh kedua kapang tidak identik, kemungkinan dalam bentuk isoenzim. Shanley et al (1993) melaporkan endopoligalakturonase yang diekstrak dari media padat dari kapang *Phanerochate chrysosporium* dimurnikan dengan elektroforesis pada kondisi denaturasi. Hasil pemurnian menunjukkan bahwa endo-PG terdiri dari 3 isoenzim dengan pI masing-masing 4,42; 4,46 dan 4,64. Substrat enzim ini bisa asam poligalakturonat atau oligogalakturonat.

Kemungkinan lain hal ini berhubungan dengan perbedaan kemampuan menyerap mineral oleh kapang tersebut. Ada kapang yang dapat menyerap dengan sempurna mineral tertentu dan ada yang tidak, sehingga jenis mineral yang dibutuhkan juga berbeda.

Di lain pihak Satiawihardja dan Lonsane (1987) mendapatkan bahan-bahan seperti glukosa, tepung jagung, pektin dan larutan garam mineral pada media ampas tapioka yang menggunakan *Aspergillus sp.* MFT-B menghasilkan peningkatan aktivitas enzim yang tidak begitu nyata.

Lonsane et. al. (1985) mengatakan bahwa pada umumnya pertumbuhan mikroba pada fermentasi media padat ini ditandai oleh aktivitas enzim dalam memecahkan komponen media agar dapat diserap kedalam sel mikroba, sehingga proses penyerapan komponen yang dibutuhkan oleh kapang untuk menghasilkan enzim sangat besar peranannya.

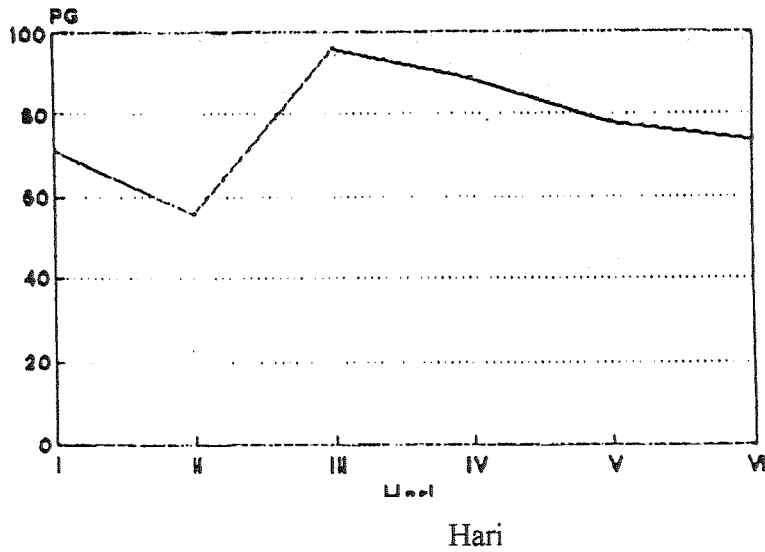
Pengujian pada fermentor kabinet

Diuji salah satu komposisi media yang ada pada skala labu yaitu dengan menggunakan larutan mineral -3, dedak padi 1%, pektin 1,5%, urea 2% dan onggok, yang berat media padat total seluruhnya adalah 500 gram (10 kali lebih besar dari pada skala labu). Profil produksi pektinesterase dan poligalakturonase setiap hari selama 7 hari dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.

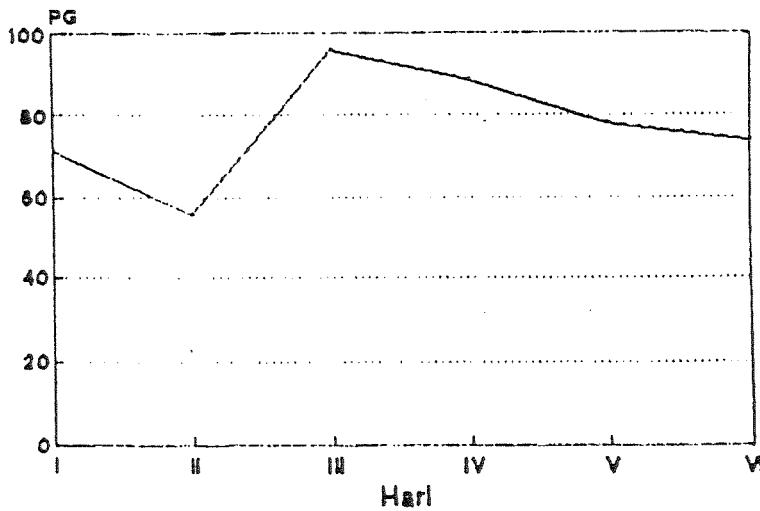
Waktu fermentasi berpengaruh terhadap aktivitas enzim yang dihasilkan, karena aktivitas enzim akan turun setelah puncak aktivitas enzim terlampaui (Thourton di dalam Wang et. al., 1979) sehingga waktu fermentasi yang optimum yang menghasilkan aktivitas enzim yang tertinggi perlu diketahui.

Aktivitas PE semakin hari semakin meningkat sampai hari keempat dan setelah hari kelima cenderung turun. Aktivitas PG pada fermentor tertinggi pada hari ketiga dan semakin turun setelah hari keempat, lima, enam dan tujuh hari.

Penurunan aktivitas tersebut kemungkinan disebabkan oleh produksi yang terhenti yang disebabkan oleh mekanisme regulasi umpan balik (feed back regulation) yaitu gangguan terhadap sisi aktif enzim maupun sintesis oleh produk hasil degradasi (Fogarty dan Kelly, 1983).



Gambar 5. Grafik hubungan antara aktivitas pektinesterase dengan lamanya waktu inkubasi pada fermentor kabinet



Gambar 6. Grafik hubungan antara aktivitas poligalakturonase dengan lamanya waktu inkubasi pada fermentor kabinet

KESIMPULAN

Diantara sekian banyak kapang yang disolasi dari buah0buahan isolat kapang DL-1 dan JB -2 menghasilkan enzim pektinase yang lebih baik.

Enzim pektinesterase dan poligalakturonase yang dihasilkan oleh kapang DL -1 maupun JB -2 bersifat inducibel.

Komposisi media optimum yang dibutuhkan oleh kapang DL-1 untuk menghasilkan pektinesterase adalah onggok yang ditambah dedak padi 1%, pektin 1,5% urea 2% dan ditambah dengan mineral -3.

Komposisi media optimum yang dibutuhkan oleh kapang JB -2 untuk menghasilkan pektinesterase adalah dedak padi 7%, pektin 1,5%, urea 2% dan onggok yang ditambah dengan mineral -1.

Komposisi media optimum yang dibutuhkan oleh kapang DL -1 untuk menghasilkan poligalakturonase adalah dedak padi 7%, pektin 1,5%, urea 2% dan onggok yang ditambah dengan mineral -2

Komposisi media optimum yang dibutuhkan oleh kapang JB -2 untuk menghasilkan poligalakturonase adalah dedak padi 5%, pektin 1,5%, urea 2% dan onggok yang ditambah dengan mineral -1.

Pada penggunaan fermentor waktu yang optimum bagi kapang DL-1 untuk menghasilkan enzim pektinesterase adalah 4 hari dan poligalakturonase adalah 3 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Kertezs, Z. I. 1955. The pectic Enzymes *di dalam* Sidney, P.C. and Nathan O.K. (eds). Methods in Enzymology. Vol. 1, Academic Press Inc., Publ. New York.
- Lonsane et. al. 1985. Engineering Aspects of Solid State Fermentation. J. Enzyme Microbe. Technol., Vol. 7.
- Rachman, A. 1989. Pengantar Teknologi Fermentasi. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi -IPB Bogor.
- Said, E.G. 1987. Penerapan Teknologi Fermentasi. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi -IPB Bogor.

- Satiawihardja, B. 1982. Production of Fungal Pectinase by Solid State Fermentation by Using Tapioca Waste. MSc Thesis. Univ. Mysore, India.
- Satiawihardja, B., and B. Lonsane. 1987. Cassava Fibrious Waste Residue : A Substitute to Wheat Bran in Solid State Fermentation. Biotechnology Letters. Vol. 9. 597 - 600.
- Shanley, N.A., L.A.M. Van dan Broek, A.G.J. Voragen and M.P. Coughlan. 1993. Isolation and Characterisation of an Endopoligalacturonase from *Phanerochaete chysosporium*. J. Biotechnol. 28. 179 - 197.
- Taufik, E. 1992. Fermentasi Media Padat pada Kulit Buah Coklat oleh *Aspergillus sp* untuk Produksi Pektinase. Skripsi Sarjana Teknologi Pangan dan Gizi FATETA-IPB Bogor.
- Wang, D.I.C, C.L. Conney, A.L. Demain, P. Dunhill, A.E. Humphaly and M.D. Lilly. 1979. Fermentation and Enzyme Technology John Willey and Sons, New York.
- Widyanti, E. 1990. Mempelajari Sifat-sifat Pektinase *Aspergillus niger* yang ditumbuhkan pada Fermentasi Media Padat. Skripsi Sarjana Teknologi Pangan dan Gizi FATETA-IPB Bogor.