

Isolasi dan Karakterisasi Selulase dari *Trichoderma Viride* dan *Rhizopus Spp* dengan Substrat Jerami Padi

Montesqrit

Jurusan Nutrisi Makanan Ternak Fakultas Peternakan Universitas Andalas, Padang

Abstract

The objectives of this study were to isolated and produce cellulase from soil molds and to characterize the enzyme. The strains of mold isolated from soil, namely *Rhizopus spp* and one cultured mold, *Trichoderma viride*, was used to produce the enzymes. Medium for enzyme production consisted of NH_4NO_3 , KCl, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ and rice straw as a sole source of carbon (pH = 5.45). Culture was done at 28°C for 5, 8, 11 and 14 days with shaking at 150 rpm. Using this method cellulase production was optimum at 14 days with substrat concentration of 1.5% for *T. viride* culture. However the optimum production of cellulase for *Rhizopus spp* culture were three days shorter than culture of *T. viride* with substrat concentration of 1.5 and 1% respectively. Temperature and pH optimal activity of cellulases were as follow : cellulase from *T. viride* at temperature 60°C and pH 5 and cellulase from *Rhizopus spp* at temperature 50°C and pH 5. While temperature and pH stability of cellulases were as follow : cellulase from *T. viride* at temperature 30 - 80°C and pH 3 - 7 and cellulase from *Rhizopus spp* at temperature 30 - 80°C and pH 3 - 6. It was concluded that molds can grow on rice straw as a sole source of carbon produce cellulases.

Key words : cellulases, mold, rice straw

Pendahuluan

Kemungkinan untuk mengekstraksi enzim dari mikroorganisme tanah di Indonesia cukup terbuka, hal ini disebabkan karena jenis tanah yang ada berbeda-beda dan juga karena banyaknya tersedia limbah hasil pertanian untuk media tumbuh dan substrat fermentasi. Hasil penelitian sebelumnya telah diisolasi kapang dari tanah dengan menggunakan jerami padi sebagai sumber karbon (Soetjiharto, 1997). Kapang tersebut dapat ditumbuhkan pada media yang mengandung limbah berserat hasil pertanian dan diduga dapat menghasilkan enzim selulase. Enzim selulase dapat dipakai untuk memecah ikatan lignoselulosa dari limbah berserat hasil pertanian sehingga dapat dimanfaatkan oleh ternak dengan baik. Selama ini belum banyak penelitian yang memanfaatkan enzim selulase yang

berasal dari kapang yang diisolasi dari tanah dengan menggunakan bahan limbah berserat sebagai satu-satunya sumber karbon dalam media tumbuh.

Enzim dapat diproduksi dengan cara mengekstraksi dari tanaman, hewan dan mikroorganisme. Memproduksi enzim dari mikroba lebih menguntungkan karena mudah dibiakkan, mempunyai kecepatan tumbuh yang tinggi dan mudah dikontrol pertumbuhannya (Darwis dan Sukara, 1990). Menurut Landecker (1972) diantara mikroorganisme tanah yang ada ternyata kapang merupakan spesies yang paling tinggi kemampuan hidupnya dan juga daya bersaing tinggi dibandingkan lainnya. Hal ini disebabkan oleh laju pertumbuhan dan germinasi yang tinggi, efisiensi tingkat metabolik yang tinggi dalam menghasilkan enzim serta mempunyai kemampuan memproduksi

senyawa tertentu seperti antibiotik yang bersifat toksik bagi mikroorganisme lainnya.

Mikroorganisme penghasil enzim selulase adalah kapang dan bakteri. Kapang merupakan penghasil enzim selulase dan ligninase yang paling sering diteliti. Kapang yang baik untuk memproduksi enzim selulase adalah *Trichoderma reesei*, *T. viride*, *T. koningii*, *Aspergillus terreus*, *A. niger*, *Penicillium verruculosum*, *P. fusiculosum*, *Fusarium sola* dan *Phanerochaeta chrysosporium* (Enari, 1983). Dibandingkan dengan kapang, spesies bakteri dianggap kurang efisien digunakan sebagai penghasil enzim selulase, selain itu sedikit sekali data tentang bakteri penghasil enzim ini. (Aunstrup, 1979).

Kondisi yang berpengaruh dalam produksi enzim dari mikroorganisme adalah pH dan suhu fermentasi. Nilai pH optimum untuk memproduksi enzim bervariasi, tergantung pada jenis kapang, macam fermentasi dan substrat yang digunakan. Bagi fermentasi cair selain macam substrat, jumlah selulosa yang digunakan perlu diperhatikan. Apabila digunakan terlalu banyak maka pengadukan media selama fermentasi kurang sempurna, sebaiknya digunakan selulosa maksimum sebanyak 10 % (Tangu et al., 1981).

Sebagai sumber karbon di dalam media tumbuh mikroorganisme penghasil selulase digunakan selulosa murni dan alami. Selulosa alami yang biasa digunakan merupakan limbah hasil pertanian, seperti serbuk gergaji, jerami padi, bagas tebu dan sebagainya (Chahal, 1985). Menurut Considine dan Coughlan (1989) hasil dan komposisi enzim yang diproduksi dari limbah

pertanian dipengaruhi oleh pemilihan mikroorganisme, jenis substrat dan sistem kultivasi. Selanjutnya Jorgensen dan Cowan (1989) menyatakan dalam eksplorasi enzim dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti komposisi substrat, konsentrasi substrat, ketersediaan substrat, dosis enzim, waktu, pH dan temperatur.

Teknologi pemanfaatan enzim mendapat prioritas untuk dikembangkan di Indonesia karena banyaknya limbah berserat hasil pertanian yang dapat digunakan sebagai media tumbuh mikroba. Hambatan utama pengembangan teknologi enzim terletak pada tingginya biaya produksi enzim, sehingga nilai ekonomi enzim yang dihasilkan menjadi sangat mahal. Pemanfaatan limbah industri hasil pertanian seperti jerami padi sebagai media tumbuh mikroorganisme pengganti bahan-bahan kimia sintetik yang mahal, merupakan salah satu cara untuk mengurangi biaya produksi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengekstraksi selulase dari kapang tanah dengan jerami padi sebagai media tumbuh serta untuk mempelajari sifat – sifat enzim tersebut.

Materi Dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan bahan-bahan kimia yang tersedia secara komersil meliputi: larutan mineral untuk medium fermentasi yang terdiri dari: NH_4NO_3 , KCl, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, CuSO_4 , ekstrak ragi dan pepton. Mikroorganisme yang digunakan dalam penelitian ini adalah 2 jenis kapang yakni kapang yang di isolasi dari tanah (kapang *Rhizopus spp*) dengan menggunakan jerami padi sebagai satu – satunya

sumber karbon dalam media tumbuhnya (Soetjiharto, 1997) dan kapang komersial *Trichoderma viride* yang diperoleh dari Laboratorium Bioteknologi LIPI Bogor.

Isolasi Enzim

Untuk isolasi enzim digunakan media yang terdiri dari 0,5 % NH_4NO_3 , 0,05 % KCl, 0,001 % $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,05 % $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan 0,0001 % $\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Ramli, 1995) dan sebagai satu-satunya sumber karbon digunakan jerami padi dengan konsentrasi 0,5, 1, 1,5 dan 2 %. Satu *lup* bahan kapang ditumbuhkan ke dalam tabung yang telah berisi media, di inkubasi selama 4 hari dengan goyangan pada suhu kamar, kemudian di transfer ke erlenmeyer 250 ml yang berisi media dan substrat jerami padi dan di inkubasi dengan goyangan selama 5, 8, 11 dan 14 hari pada suhu kamar. Supernatan sebagai enzim kasar diperoleh dengan cara sentrifugasi pada kecepatan 3000 rpm selama 20 menit dan kemudian di ukur aktivitas *carboxy methyl cellulase* (CMC-ase), β glukosidase dan filter paperase (FP-ase) menurut metode Mandels *et al* (1976a). Konsentrasi substrat dan waktu fermentasi yang dapat menghasilkan aktivitas optimum dipakai untuk metoda penelitian enzim selanjutnya.

Ekstraksi Enzim

Supernatan dari masing-masing enzim direaksikan dengan amonium sulfat dengan kejenuhan 50 – 60 % dan kemudian di sentrifugasi pada kecepatan 10.000 rpm selama 15 menit pada suhu 4°C. Endapan sebagai enzim kasar yang diperoleh dilarutkan dalam buffer phosfat 0,01

M (pH 7) dan siap digunakan untuk penelitian selanjutnya.

Pengaruh pH dan Suhu terhadap Aktivitas dan Stabilitas Enzim

Penentuan pengaruh pH terhadap aktivitas enzim optimum ditentukan dengan cara menempatkan enzim dalam berbagai pH antara pH 3 sampai 9 dan di ukur aktivitas enzimnya, sedangkan untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap aktivitas enzim optimum dilakukan dengan cara mengukur aktivitas enzim dalam berbagai suhu yaitu suhu 30, 40, 50, 60, 70 dan 80°C.

Pengamatan pengaruh pH terhadap stabilitas enzim dilakukan dengan cara menempatkan filtrat enzim dalam 0,05 M buffer-buffer pada berbagai pH selama 24 jam pada suhu 5°C kemudian di ukur aktivitasnya. Untuk melihat pengaruh suhu terhadap stabilitas enzim dengan cara menempatkan enzim pada suhu 30, 40, 50, 60, 70 dan 80°C selama beberapa menit dan kemudian di ukur aktivitasnya (Ramli, 1995). Pengukuran aktivitas enzim dilakukan sama seperti prosedur sebelumnya.

Dalam pengujian aktivitas enzim digunakan CMC, salisin, kertas whatman no.1, buffer sitrat, DNS (3,5. *Dinitro salicylic acid*). Penentuan pengaruh suhu terhadap aktivitas enzim digunakan berbagai buffer seperti buffer sitrat 0,05 M, buffer posfat 0,05 M dan buffer borat 0,05 M.

Hasil Dan Pembahasan

Penentuan Konsentrasi Substrat dan Lama Fermentasi

Pengaruh konsentrasi substrat jerami padi (0, 0,5, 1,0, 1,5 dan 2 %) dalam medium fermentasi terhadap

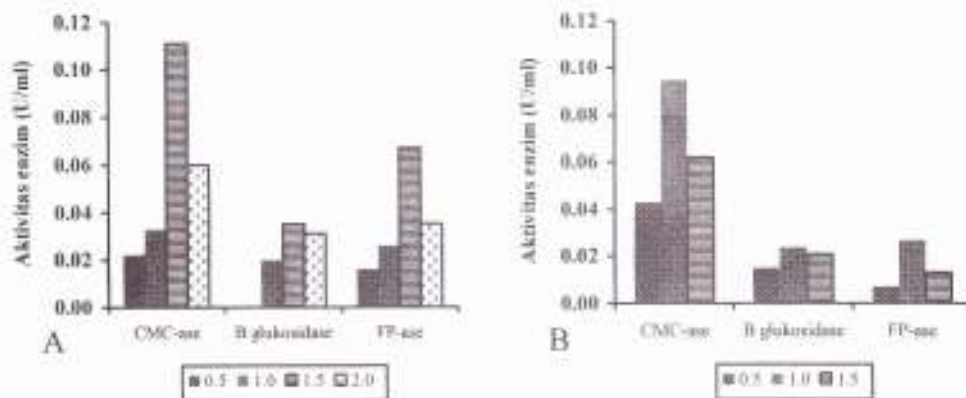
aktivitas carboxy metyl selulase (CMC-ase), β -glukosidase dan filter paperase (FP-ase) yang dihasilkan dari kapang *T. Viride*, dan *Rhizopus spp* dapat dilihat pada Gambar 1. Aktivitas selulase (CMCase, β glukosidase dan FP-ase) optimum dari kapang *T. viride* terjadi pada pemberian konsentrasi substrat 1,5 % (Gambar 1A) sedangkan pada kapang *Rhizopus spp* aktivitas selulase optimum terjadi pada pemberian konsentrasi substrat 1,0 % (Gambar 1B).

Pemberian konsentrasi substrat di atas 1,5 % untuk kapang *T. viride* dan 1,0% untuk kapang *Rhizopus spp* pada medium fermentasi menyebabkan terjadinya penurunan aktivitas selulase dari semua kultur yang digunakan. Hal ini kemungkinan disebabkan dengan meningkatnya konsentrasi jerami padi yang ditambahkan menyebabkan medium fermentasi menjadi agak kental serta pengadukan media selama fermentasi kurang sempurna sehingga menimbulkan masalah dalam sirkulasi oksigen, selanjutnya mengakibatkan pertumbuhan kapang terganggu dan produksi enzim perml supernatan rendah. Pemberian konsentrasi substrat dibawah optimum menyebabkan terbatasnya sumber karbon sehingga pertumbuhan kapang terganggu dan aktivitas enzim menurun. Mandels *et al.* (1976b) menyatakan produksi enzim selulase dari *T. reesei* dalam kultur batch akan mencapai hasil yang baik dengan menggunakan

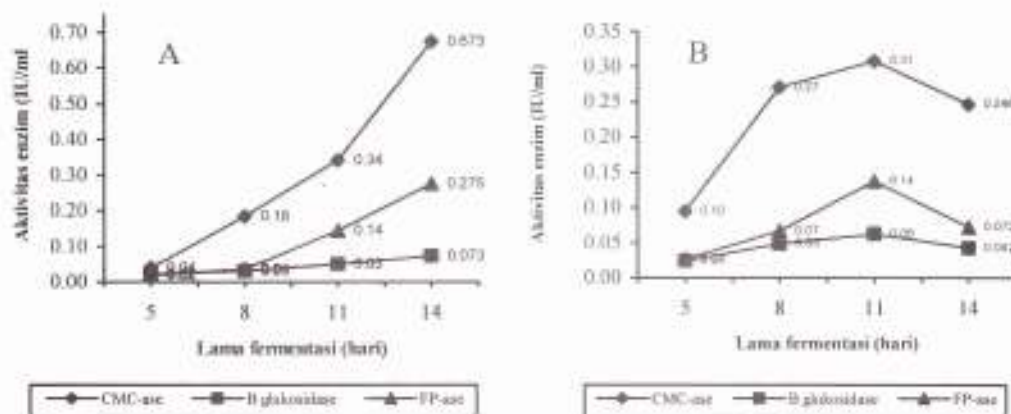
konsentrasi selulosa 1,5 % tanpa pengontrolan pH, dan penurunan pH akan diikuti dengan penurunan aktivitas enzim.

Pemakaian konsentrasi substrat 0 % ternyata tidak dapat menghasilkan enzim selulase (aktivitas CMC-ase, β -glukosidase dan FP-ase tidak dapat dideteksi). Hal ini menunjukkan bahwa kedua kapang tersebut dalam menghasilkan selulase perlu adanya *induser* untuk merangsang terbentuknya enzim. Menurut Gong dan Tsao (1979) *induser* terhadap sintesis enzim selulase pada mikroba yaitu selobiosa, selulosa, sophorosa dan laktosa, kesemuanya dapat digunakan sebagai sumber karbon oleh mikroba tersebut. Selanjutnya ditambahkan oleh Chalhal (1985) selulosa alami yang merupakan limbah hasil pertanian seperti: jerami padi, serbuk gergaji, ampas tebu dan sebagainya dapat digunakan sebagai sumber karbon oleh mikroba penghasil selulase.

Dari hasil pengukuran aktivitas selulase selama fermentasi terlihat bahwa fermentasi hari ke-14 pada kapang *T. viride* diperoleh aktivitas selulase maksimum (Gambar 2A), hal ini didukung oleh hasil penelitian Ekawati (1993) yang menyatakan bahwa aktivitas CMC-ase dan β glukosidase dari *T. reesei* sampai hari ke 11 masih mengalami peningkatan, sedangkan pada kapang *Rhizopus spp* aktivitas selulase maksimum diperoleh pada lama fermentasi 11 hari (Gambar 2B).



Gambar 1. Aktivitas CMC-ase, β Glukosidase dan FP-ase pada berbagai konsentrasi substrat dari kapang *T. viride* (A) dan kapang *Rhizopus spp* (B).



Gambar 2. Pengaruh lama fermentasi terhadap produksi enzim oleh kapang *T. viride* (A) dan kapang *Rhizopus spp* (B).

Dari kedua isolat kapang terlihat bahwa hasil pengukuran aktivitas CMC-ase lebih tinggi dibandingkan dengan aktivitas β -glukosidase dan FP-ase. Aktivitas CMC-ase terutama menunjukkan aktivitas endoselulase yang secara acak memutus ikatan pada bagian amorf selulosa yang sangat mudah mengalami hidrolisis (Irawadi, 1991). Selanjutnya Mandels *et al* (1976a) menyatakan bahwa bagian amorf selulosa dapat dihidrolisis dengan cepat dan kecepatan hidrolisis ini akan menurun dengan semakin banyaknya daerah kristal

selulosa yang diserang enzim selulase tersebut. Aktivitas FP-ase yang diperoleh juga lebih tinggi dibanding aktivitas β -glukosidase. Rendahnya aktivitas β -glukosidase yang diperoleh dari kapang *Trichoderma* didukung oleh pernyataan Stenberg (1976) yang melaporkan bahwa *Trichoderma* menghasilkan β -glukosidase dalam jumlah yang relatif rendah. Aktivitas β -glukosidase maksimum dari kapang *T. viride* diperoleh pada lama fermentasi 14 hari yaitu sebesar 0,073 IU/ml. Hasil ini mendekati hasil penelitian Peiji (1987) yang

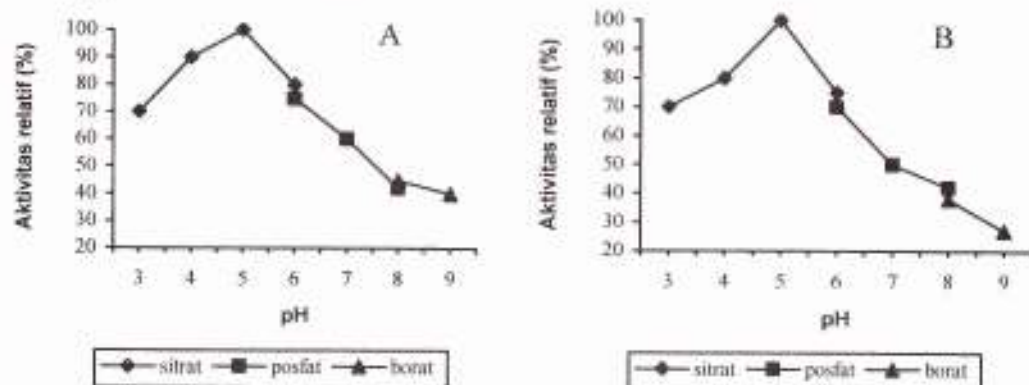
mendapatkan aktivitas β glukosidase dengan penggunaan substrat salisin pada enzim *T. reesei* mutan R-10 sebesar 0.092 IU/ml. Breuil *et al.* (1986) menyatakan salisin atau saligenin β -D-glukopiranoside sering dipakai sebagai substrat standar penentuan aktivitas β glukosidase. Aktivitas CMC-ase dari *T. viride* dengan lama fermentasi 14 hari didapatkan sebesar 0,673 IU/ml. Hasil ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian Sutopo (1987) yang mendapatkan aktivitas CMC-ase dari *T. viride* dengan substrat fermentasi jerami padi sebesar 0,5411 IU/ml. Dari kedua enzim tersebut terlihat aktivitas selulase dari kapang *Trichoderma viride* lebih tinggi dari aktivitas kapang *Rhizopus spp*.

Pengaruh pH terhadap Aktivitas dan Stabilitas Enzim

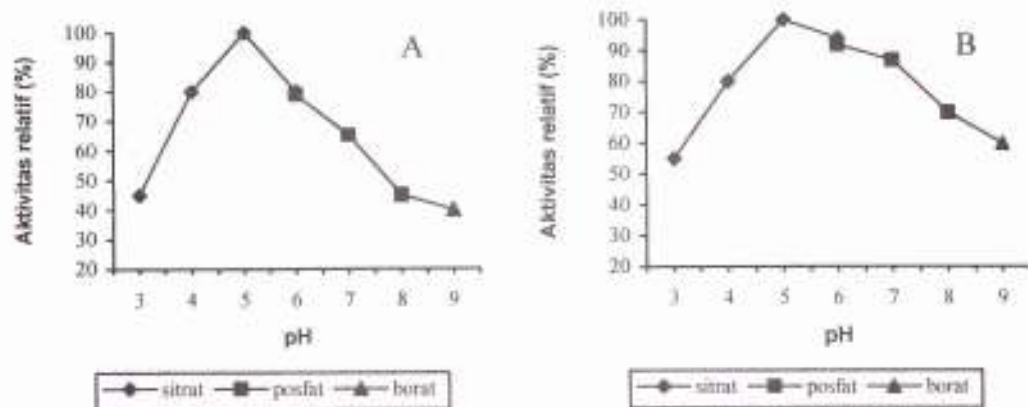
Dua macam enzim kasar (enzim dari kapang *T. viride* dan *Rhizopus spp*) yang telah diperoleh setelah diendapkan dengan amonium sulfat pada tingkat kejenuhan optimum, diuji aktivitas dan stabilitasnya terhadap pengaruh suhu dan pH. Pengaruh perubahan pH terhadap aktivitas CMC-ase dan FP-

ase yang dihasilkan enzim dari *T. viride* dan *Rhizopus spp* menunjukkan bahwa nilai pH yang menghasilkan aktivitas CMC-ase dan FP-ase optimum terjadi pada pH 5 untuk kedua enzim dari *T. viride* dan *Rhizopus spp* (Gambar 3 dan Gambar 4). Aktivitas selulase optimum yang diperoleh dari ke 2 macam enzim tersebut termasuk dalam kisaran yang dinyatakan Kulp (1975) bahwa pH optimum untuk aktivitas selulase adalah sekitar pH 4,5 – 6,5. Pada penelitian ini nilai pH yang menghasilkan aktivitas selulase optimum dari kapang *T. viride* adalah pada pH 5, hasil ini mendekati hasil penelitian Martin *et al* (1987) yang mendapatkan aktivitas enzim optimum dari kapang *T. reesei* yaitu pada kisaran pH 4,3 – 4,8.

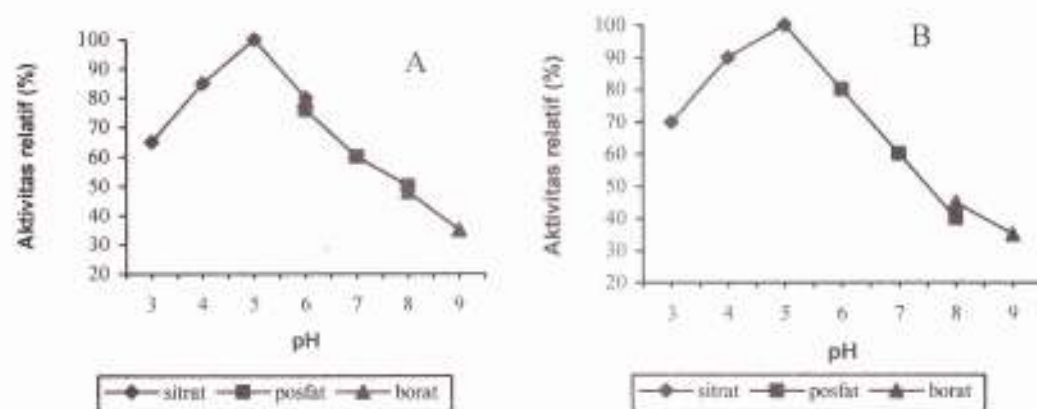
Pada umumnya enzim hanya aktif pada kisaran pH yang terbatas. Adanya pH optimum yang dimiliki enzim atau menurunnya aktivitas pada kedua sisi lainnya disebabkan oleh turunya afinitas atau stabilitas enzim. Pengaruh pH pada aktivitas enzim disebabkan oleh terjadinya perubahan tingkat ionisasi pada enzim atau substrat (Irawadi, 1991).



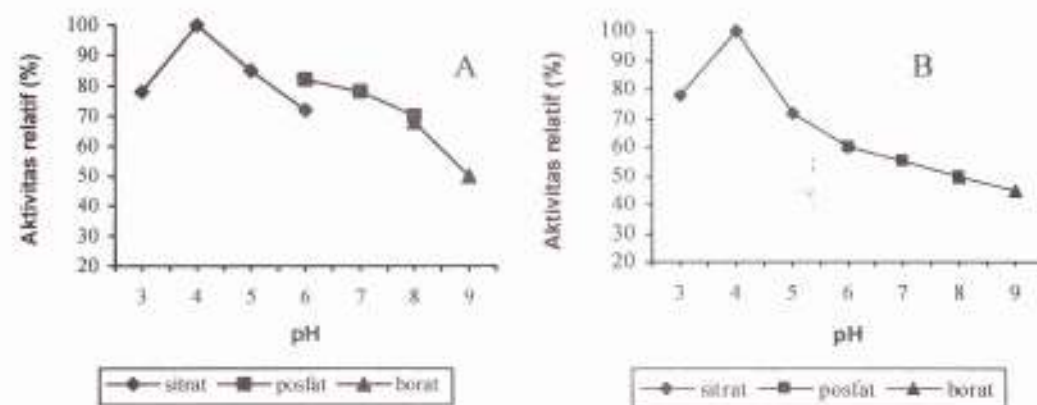
Gambar 3. Pengaruh pH terhadap aktivitas CMC-ase (A) dan FP-ase (B) pada kapang *T. viride*



Gambar 4. Pengaruh pH terhadap aktivitas CMC-ase (A) dan FP-ase (B) pada kapang *Rhizopus spp*



Gambar 5. Stabilitas enzim CMC-ase (A) dan FP-ase (B) pada berbagai pH dari kapang *T. viride*



Gambar 6. Stabilitas enzim CMC-ase (A) dan FP-ase (B) pada berbagai pH dari kapang *Rhizopus spp*

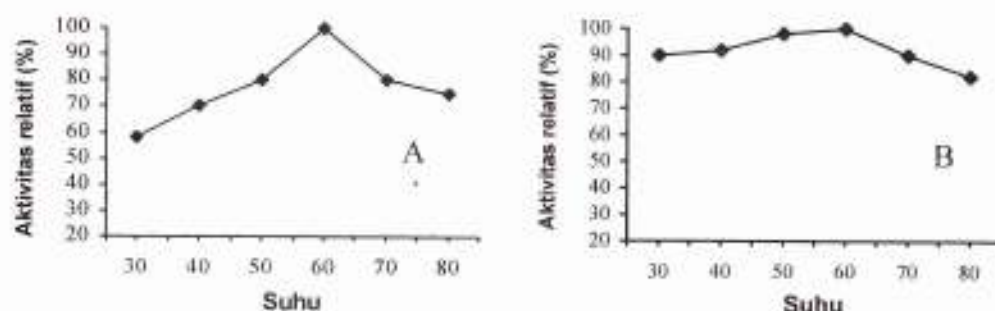
Pengaruh perubahan pH pada stabilitas enzim pada suhu 4°C selama 24 jam menunjukkan bahwa enzim dari kapang *Rhizopus spp* lebih stabil pada kisaran pH 3 – 6 (Gambar 6) dan enzim dari kapang *T. viride* akan stabil pada kisaran pH 3 – 7 (Gambar 5) dimana dapat menghasilkan aktivitas CMC -ase dan FP-ase optimum. Hasil ini mendekati dengan hasil penelitian Okada (1985) yang mendapatkan aktivitas CMC-ase yang dihasilkan oleh *A. niger* dapat stabil selama 24 jam pada suhu 4°C pada kisaran pH 5 sampai 8.

Pengaruh Suhu terhadap Aktivitas dan Stabilitas Enzim

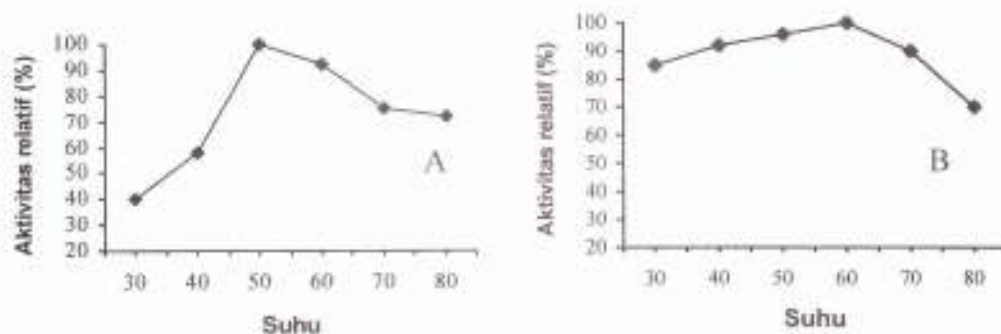
Untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap aktivitas enzim, maka enzim ditempatkan pada pH dan bufer yang menghasilkan aktivitas optimum, kemudian enzim tersebut diinkubasikan pada suhu 30 sampai suhu 80°C dan diukur aktivitas enzimnya pada kondisi standar. Aktivitas CMC-ase dan FP-ase dari enzim *T. viride* akan mencapai optimum pada suhu 60°C (Gambar 7) sedangkan enzim dari *Rhizopus spp* aktivitasnya akan mencapai optimum pada suhu 50°C (Gambar 8). Mandels *et al* (1976a) menyatakan

bahwa suhu optimum untuk kerja enzim selulase bervariasi tergantung pada jenis mikroba penghasil enzim tersebut, tetapi pada umumnya selulase menunjukkan suhu optimum antara 50 - 60°C. Aktivitas enzim selulase optimum dari kapang *T. reesei* adalah antara 50 dan 55°C (Martin *et al*, 1987). Selanjutnya Mandels *et al*. (1976a) mendapatkan bahwa aktivitas selulase dari *T. viride* pada suhu 60°C lebih tinggi bila dibandingkan dengan pada suhu 50°C dan 40°C.

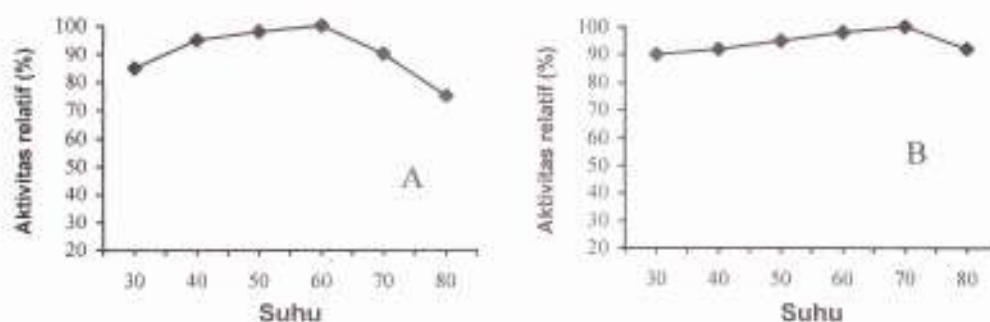
Turunnya aktivitas pada suhu dibawah suhu optimum diduga disebabkan rendahnya afinitas antara enzim dengan substrat atau rendahnya kecepatan awal pemutusan kompleks enzim substrat. Sedangkan turunnya aktivitas pada suhu diatas suhu optimum terutama disebabkan menurunnya stabilitas enzim akibat panas. Pemberian panas dapat menyebabkan putusnya sebagian besar ikatan-ikatan yang kurang kuat pada struktur protein enzim, misalnya ikatan hidrogen yang membentuk tersier protein, yang akhirnya dapat menyebabkan denaturasi pada enzim (Irawadi, 1991).



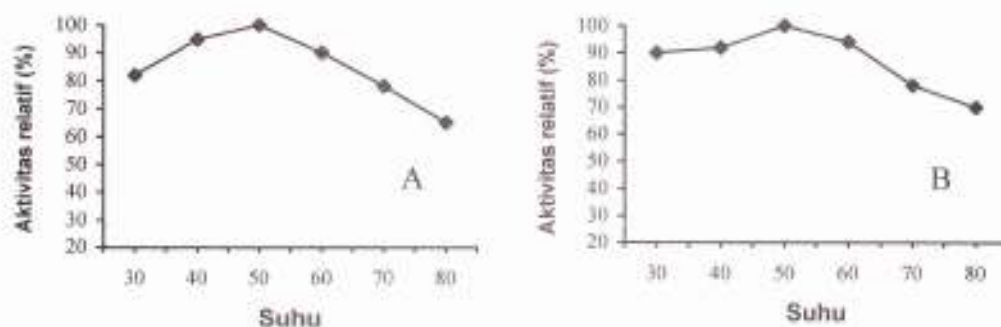
Gambar 7. Pengaruh suhu terhadap aktivitas CMC-ase (A) dan FP-ase (B) pada kapang *T. viride*



Gambar 8. Pengaruh suhu terhadap aktivitas CMC-ase (A) dan FP-ase (B) pada kapang *Rhizopus spp*



Gambar 9. Stabilitas enzim CMC-ase (A) dan FP-ase (B) pada berbagai suhu dari kapang *T. viride*



Gambar 10. Stabilitas enzim CMC-ase (A) dan FP-ase (B) pada berbagai suhu dari kapang *Rhizopus spp*

Enzim dari kapang *T. viride* dan *Rhizopus spp* akan stabil jika dipanaskan pada suhu 30 - 80°C selama 10 menit (Gambar 9 dan 10). Kulp (1975) menyatakan bahwa enzim selulase sering menunjukkan sifat tahan panas, sebagai contoh enzim selulase dari *Myrothecium*

verrucaria masih menunjukkan aktivitas 20 % setelah dipanaskan pada suhu 100°C selama 10 menit, sedangkan enzim selulase dari *Rhizopus stolonifer* masih aktif setelah dididihkan selama 10 - 15 menit.

Luasnya kisaran stabilitas enzim terhadap suhu memungkinkan enzim tersebut dapat ditambahkan ke pakan dan memudahkan enzim tersebut dalam penyimpanan. Enzim-enzim yang mempunyai ketahanan terhadap suhu tinggi dapat digunakan lebih luas dalam industri pakan ternak, enzim-enzim tersebut dapat digunakan dalam proses pemeletan bahan pakan. Simon (1996) menyatakan bahwa enzim-enzim yang digunakan untuk pakan ternak mempunyai sifat-sifat ketahanan terhadap suhu yang tinggi. Selanjutnya Roxen (1980) menyatakan enzim dapat digunakan dalam pemeletan jika temperatur dalam pemeletan tidak melebihi 70°C sehingga enzim tersebut dapat digunakan lebih luas pada pemeletan. Enzim yang dihasilkan oleh kedua kapang diduga dapat bertahan aktivitasnya di dalam rumen, mengingat suhu rumen berada pada kisaran suhu kestabilan enzim. Jika demikian maka teknologi pemakaian enzim dalam ransum ternak ruminansia dapat diterapkan untuk mendukung keterbatasan enzim endogenous dalam rumen dalam memecah pakan berserat.

Kesimpulan

Kapang yang ditumbuhkan pada substrat jerami padi sebagai satu-satunya sumber karbon dalam media dapat menghasilkan selulase. Aktivitas selulase maksimum dari *Trichoderma viride* diperoleh pada hari ke-14 dengan konsentrasi substrat 1,5 %, sedangkan kapang *Rhizopus spp* diperoleh pada hari ke-11 dengan konsentrasi substrat 1,0 %.

Enzim selulase dari kapang *T. viride* dan *Rhizopus spp* akan mendapatkan aktivitas selulase yang

optimum masing-masing pada pH 5 suhu 60°C dan pada pH 5 suhu 50°C.

Saran

Perlu diteliti lebih lanjut aktivitas enzim pemecah serat lainnya yang diproduksi oleh *Rhizopus spp* dan *Trichoderma viride* serta perlu diteliti lebih lanjut pengaruh penambahan enzim tersebut ke dalam pakan ternak yang memakai limbah pertanian dan industri sebagai komponen utama dalam ransumnya.

Daftar Pustaka

- Aunstrup, K. 1979. Production, isolation and economic of extracellular enzymes. Dalam L. E. Wingart, E. K. Katzir dan Godstein (Ed.). Applied Biochemistry Bioengineering Enzymes Technology. Academic Press, New York
- Breuil, C. P., Mayers, dan J. N. Sadler. 1986. Substrate conditions that influence the assays used for determining the β -glukosidase activity of cellulolytic microorganisme. Biotechnol. Bioeng. 28 : 1653 - 1656.
- Chahal, D. S. 1985. Solid state fermentation with *Trichoderma reesei* for cellulase production. Appl. Environ. Microbiol. 49 : 205 -210
- Considine, P.J and Coughlan, M .P. 1989. Production of carbohydrat hydrolysis enzymes blends by solid state fermentation. Dalam

- Coughlan, M. P. (ed.)
Enzymes Sistem for
Lignocellulose Degradation.
Elsevier Applied Science.
London.
- Darwis, A. A., E. Sukara. 1990.
Penuntun Praktikum Isolasi,
Purifikasi dan Karakteristik
Enzim. PAU Bioteknologi
IPB. Bogor.
- Ekawati, I Gusti Ayu. 1993.
Pemanfaatan Bonggol Pisang
untuk Produksi Enzim
Selulase dari *Aspergillus
niger* dan *Trichoderma reisei*
. Thesis. Program
Pascasarjana. Institut
Pertanian Bogor. Bogor.
- Enari, T. M. 1983. Microbial
Cellulases. *Dalam* W.M.
Fogarty (ed.). Microbial
Enzymes and Biotechnology.
App. Sci. Publ. New York.
- Gong, C. S. and G. T. Tsao. 1979.
Cellulase and Biosynthesis
Regulation. *Dalam* D.
Pearlman (ed.). Annual
Report on Fermentation
Process. Academic Press.
New York.
- Irawadi, T. T. 1991. Produksi
Enzim Ekstraselular (Selulase
dan Xilanase) dari
Neurospora sithopila pada
Substrat Limbah Padat
Kelapa Sawit. [Disertasi]
Program Pascasarjana IPB.
Bogor.
- Jorgensen, O. B, and D. Cowan.
1989. Use of enzyme in feed
and ensiling pp : 347 - 355.
Dalam Coughlan M. P (Ed.)
Enzyme System for
Lignocellulose Degradation.
ed. M.P. Coughlan. Elsevier
Appl Sci pp: 347 - 355.
- Kulp, K. 1975. Carbohydrases.
Dalam G. Reed (ed.)
Enzyme and food Processing.
Academic Press, New York.
- Landecker, E. M. 1972. Fundamental
of the fungi . Prentice Hill
Mc. New York University.
- Mandels, M., R. Andreotti dan C.
Roche. 1976a. Measurement
of saccharifying cellulase.
Biotechnol. Bioeng. Symp.
no. 26 : 21 -33
- Mandels, M. D. Sternberg and R. E.
Andreotti, 1976b in Symp. on
enzymatic hydrolysis of
cellulase. M. Baylei (Ed). 81.
- Martin C., M. J. Negro, M. Alfonsel
and R. Saez. 1987. Enzymatic
hydrolysis of lignocellulasic
biomass from onopardum
nervosum. Biotechnol and
Bioeng. Vol 32 : 341 - 344
- Okada, G. 1985. Purification and
properties of cellulase from
Aspergillus niger. Agric. Biol
- chem 49 (5) : 1257 - 1265
- Peiji, G. 1987. A Simple method for
estimating cellobiase activity
by determination of reducing
sugar. Biotechnol and Bioeng
29 : 903 - 905
- Ramli, N., M. Fujinaga., M.
Tabuchi., K. Takagawa dan
S. Iwahara. 1995. Isolation an
characterization of a novel
endo β galactofuranosidase

- from bacillus sp. Biosci. Biotech. Biochem. 59 (10) 1856 - 1860
- Roxen, 1980. Use of enzymes biomass in the feedstuff industry in Linko an Larinkari, Food process engineering vol 2 Applied sci publishers. Lodon.
- Simon, O. 1996. Enzymes nature's catalysts. Feed mix vol 4, Number 1 : 20 - 28
- Soetjiharto, M. 1997. Isolasi Kapang Tanah Pendegradasi Lignoselulosa Dalam Memperbaiki Nilai Nutrisi Pakan Berserat. Skripsi.
- Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sutopo, T. 1987. Pemanfaatan jerami padi pada fermentasi *Trichoderma viride* untuk menghasilkan selulase. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Tangnu, S.K., H.W. Blanch and C.R. Wilke. 1981. Enhanced production of cellulase, hemicellulase and β -glucosidase by *Trichoderma reesei* (Rut c-30). Biotechnol. Bioeng. 23 : 1837 - 1849.

Alamat korespondensi : Dr. Montesqrit SPt, MSi.
Jurusan Nutrisi dan Makanan Ternak
Fakultas Peternakan Universitas Andalas
Padang

Diterima: 30 April 2007, Disetujui: 22 Mei 2007