

KEMAMPUAN TIGA ISOLAT KELOMPOK AKTINOMISET BERBEDA DALAM PRODUKSI ENZIM MANNANASE

PERFORMANCE OF THREE DIFFERENT SPECIES OF ACTINOMYCETES ON MANNANASE ENZYME PRODUCTION

Fahrurrozi¹, Yopi² dan Puspita Lisdiyanti²

¹Pusat Riset Bioindustri Laut dan Perairan Darat, Badan Riset dan Inovasi Nasional, BRIN

Jl. Raya Senggigi, Dsn. Teluk Kodek, Desa Malaka, Kec. Pemenang, Kab. Lombok Utara, NTB, 83352

²Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. Raya Bogor KM. 46, Cibinong 16911, Bogor, Jawa Barat, Indonesia

¹E-mail: fahr004@brin.go.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received 8 Agustus 2017

Received in revised 12 Agustus 2019

Accepted 20 Oktober 2022

Kata kunci:

Mannanase

S. flava

S. alboniger

S. lutealbus

Termostabil

Oligosakarida

Abstract

Three different species of Actinomycetes namely *Streptomyces alboniger*, *Saccharopolyspora flava*, and *Streptacidiphilus lutealbus* were investigated for the ability of producing mannanase enzyme. All isolates were able to hydrolyze mannan substrate differently. The mannanase activity from *S. flava*, *S. alboniger*, and *S. lutealbus* were 4.764; 0.110; 0.614 U/ml respectively. *S. flava* was also being predicted to produce cellulase and xylanase by its ability to grow in a wide range of media containing mannan, xylan, CMC, palm kernel, coconut kernel, and porang. The mannanase produced by *S. flava* was also maintained its activity at high temperature (50-60°C) therefore being considered as thermostable enzyme. TLC analysis revealed the occurrence of oligosaccharide as a product from substrate-enzyme reaction.

Keywords: Mannanase, *S. flava*, *S. alboniger*, *S. lutealbus*, thermostable, oligosaccharide

Abstrak

Tiga spesies aktinomiset yakni *Streptomyces alboniger*, *Saccharopolyspora flava*, dan *Streptacidiphilus lutealbus* diuji kemampuannya dalam menghasilkan enzim mannanase. Ketiga isolat dapat menghidrolisis substrat mannan dengan karakter yang berbeda. Aktivitas enzim mannanase dari *S. flava*, *S. alboniger* dan *S. lutealbus* berturut-turut adalah 4,764; 0,110; dan 0,614 U/ml. Dibandingkan dengan kedua isolat lainnya, *S. flava* mampu tumbuh dalam media yang mengandung substrat xilan, CMC, bungkil sawit, bungkil kelapa dan porang sehingga diprediksi memiliki kemampuan menghasilkan enzim selulase dan xilanase dengan aktivitas yang tahan pada suhu hingga diatas 50°C (termostabil). Hasil analisis berbasis KLT juga menunjukkan bahwa ketiga isolat menghasilkan oligosakarida sebagai produk hasil hidrolisis mannanase.

© 2022 Widyariset. All rights reserved

PENDAHULUAN

Hemiselulosa (terdiri dari xylan dan mannan) adalah salah satu komponen penyusun lignoselulosa pada tumbuhan yang merupakan sumber biomassa terbesar di bumi (Heck, De Barros Soares, and Záchia Ayub 2005; Saini et al. 2015). Hemiselulosa, terutama yang berasal dari limbah, dapat dimanfaatkan sebagai substrat untuk produksi mannanosa, sakarida dan

berbagai jenis oligosakarida lainnya yang memiliki nilai jual dan fungsional. Indonesia memiliki potensi dan sumber berupa biomassa limbah perkebunan, pertanian dan hasil hutan mengandung hemiselulosa. Contoh limbah hemiselulosa yang potensial adalah bungkil inti kelapa sawit (Palm Kernel Cake). Bungkil inti ini mengandung hetero-mannan dengan

persentase sebanyak 20-40% dan baru dimanfaatkan sebagai pakan ternak. Untuk setiap 1 ha kebun sawit setidaknya dapat dihasilkan hampir 600 kg PKC (Hidayanto 2008). Selain itu berbagai jenis limbah hasil pengolahan kopra, kopi dan biomasa umbi-umbian juga belum banyak dimanfaatkan untuk produksi oligosakarida.

Hetero- β -1,4 mannan merupakan penyusun polimer hemiselulosa yang dapat dihidrolisis menjadi mannanosa oleh enzim endo- β -1,4-mannanase dan exo- β -manosidase. Berbagai jenis mikroba telah dilaporkan menghasilkan mannanase salah satunya kelompok aktinomiset. Mannanase dari *Streptomyces galbus* dilaporkan dapat membantu proses *bio-bleaching* pada pulp tanaman kayu (Kansoh and Nagieb 2004). Mannanase juga merupakan salah satu enzim yang berperan penting dalam proses sakarifikasi berbasis enzimatik. Contoh produknya adalah manno-oligosakarida yang dapat dimanfaatkan sebagai senyawa aditif makanan (Puchart et al. 1999) hingga prebiotik (Ariandi et al. 2015).

Biokonversi mannan menjadi mannanosa oleh enzim mannanase akan lebih efektif jika berlangsung pada suhu tinggi. Hal ini disebabkan pada proses industri, penggunaan suhu tinggi akan mengurangi terjadinya kontaminasi dan reaksi enzimatik berlangsung lebih cepat. Enzim mannanase dengan aktivitas termofilik akan sangat menguntungkan untuk aplikasi industri. Aktinomiset adalah kelompok mikroorganisme dalam domain bakteri dengan habitat hidup yang luas dan mampu bertahan di lingkungan dengan kondisi ekstrem, termasuk suhu tinggi (Saini et al. 2015). Namun, upaya eksplorasi terhadap enzim mannanase termofilik dari aktinomiset belum banyak dilaporkan.

Penelitian ini bertujuan untuk menguji kemampuan isolat aktinomiset yang telah diisolasi sebelumnya dalam menghasilkan enzim mannanase dan enzim kelompok pendegradasi hemiselulosa lainnya. Karakterisasi suhu juga dilakukan untuk melihat aktivitas enzim yang optimal serta dilakukan analisis terhadap produk hasil reaksi enzim-substrat dalam penghasilan senyawa sakarida.

METODE

Isolat Aktinomiset dan Media

Tiga isolat aktinomiset merupakan koleksi kultur laboratorium Bioteknologi LIPI yang telah berhasil diisolasi dari tanah dan daun sehingga diprediksi mampu memanfaatkan limbah biomassa mengandung selulosa.

Media pengayaan isolat yang digunakan adalah media padat yang komposisinya terdiri sumber karbon termodifikasi berupa mannan yakni 0,3% *locust bean gum* (Sigma Aldrich, USA) dan bahan lainnya yang terdiri dari (per 100 ml): 0,07 g pepton; 0,05 g ekstrak ragi; 0,14 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 0,2 g KH_2PO_4 ; 0,03 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,03 g $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$; 0,03 g CaCl_2 ; 0,0005 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,00016 g $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,00014 g $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,0002 g CoCl_2 dan 1,5 g agar.

Deteksi Kemampuan Manolitik

Untuk menentukan kemampuan manolitik isolat secara kualitatif digunakan media pengayaan dengan *locust bean gum* sebagai sumber karbon dan indikator *congo red*. Isolat diinokulasikan pada media dan diinkubasi pada suhu ruang selama 2 hari. Isolat positif dengan aktivitas manolitik akan menghasilkan zona bening pada media disekitar koloni. Pengamatan zona bening diperjelas dengan penambahan *congo red* 1%. Pencucian dengan NaCl 1% dilakukan untuk memperjelas pengamatan zona bening.

Produksi Enzim Mannanase

Isolat yang menghasilkan zona bening kemudian ditumbuhkan dalam media pengayaan cair (tanpa agar) dan diinkubasi pada shaker inkubator pada suhu 30°C selama 4 hari. Selanjutnya dilakukan sentrifugasi pada *whole broth* kultur untuk memisahkan supernatan dengan pelet sel dengan kecepatan 7000 rpm, 4°C selama 10 menit. Supernatan yang diperoleh merupakan ekstrak kasar enzim yang akan digunakan untuk analisis aktivitas enzim dan kandungan proteinnya.

Pengukuran Aktivitas Enzimatik

Aktivitas enzim diukur dengan berdasarkan metode (Araújo and Ward 1990) dengan modifikasi. Substrat yang digunakan adalah

larutan mannan (*locust bean gum*) 0,5% dalam buffer fosfat sitrat 20 mM pH 7,2. Mannosa yang dihasilkan selanjutnya dideteksi dengan metode DNS (Miller 1959). Sebanyak 1 ml larutan enzim ditambah dengan 1 ml substrat diinkubasi pada suhu ruang selama 30 menit. Kemudian sebanyak 3 ml DNS atau asam dinitrosalisilik ditambahkan dan dipanaskan dalam air mendidih selama 15 menit. Pembacaan spektrofotometer dilakukan pada panjang gelombang 540 nm. Satu unit aktivitas enzim didefinisikan sebagai banyaknya enzim yang dapat memproduksi 1 μ mol mannose dalam satu menit.

Penentuan Kandungan Protein

Analisis kandungan protein dilakukan dengan menggunakan pembacaan dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 280 nm. Larutan standar protein yang digunakan adalah *Bovine Serum Albumin* (BSA) dengan rentang konsentrasi berbeda.

Ekstraksi Enzim dengan Aseton

Pengendapan protein dari ekstrak kasar enzim dengan aseton dilakukan secara bertahap. Mula-mula larutan ekstrak kasar enzim dan aseton masing-masing disimpan pada suhu -20°C selama 1 jam. Selanjutnya aseton ditambahkan kedalam larutan enzim kasar dengan menggunakan stirrer. Jumlah larutan aseton yang ditambahkan sesuai dengan dipilih pada rentang 30-80% dari total larutan (Scopes 1987). Setelah selesai campuran larutan ekstrak kasar enzim dan aseton tersebut diinkubasi dalam refrigerator selama ± 1 jam. Kemudian dilakukan sentrifugasi pada 7000 rpm selama 10 menit. Presipitat atau endapan mengandung protein yang diperoleh lalu dipisahkan dari supernatan dan dilakukan dialisis terhadap endapan tersebut selama semalam.

Uji Aktivitas Enzim pada Suhu Berbeda

Karakterisasi terhadap aktivitas optimal enzim pada berbagai suhu juga dilakukan untuk menentukan suhu yang tepat dalam memberikan aktivitas enzim yang paling baik. Analisis dilakukan dengan menggunakan ekstrak enzim

kasar yang direaksikan dengan substrat *locust bean gum* pada suhu 25, 30, 35, 40, 45 dan 50°C .

Analisis Protein berbasis SDS-PAGE

Elektroforesis protein dilakukan dengan menggunakan metode SDS-PAGE. Perkiraan berat molekul protein relatif dilakukan dengan membandingkan pola migrasi pita protein terhadap marker pita protein standar dengan ukuran 10-150 kDa. Elektroforesis protein dilakukan dengan menggunakan gel pemisah 10% poliakrilamida dan gel penahan 4% poliakrilamida (Laemmli 1970) kedalam tabung mikro dimasukkan 20 μ l sampel protein dan 5 μ l sampel buffer. Campuran dipanaskan dalam air mendidih selama 2 menit lalu dimasukkan kedalam gel. Perangkat elektroforesis kemudian dipasang dan dituangkan 500 ml 1X larutan buffer elektroforesis. Elektroforesis SDS-PAGE dilakukan pada 20-30 mA selama 2 jam.

Analisis Produk Hasil Reaksi dengan KLT

Sebanyak 15-20 μ l sampel diinjeksikan dengan pipet ke atas permukaan pelat KLT Silica gel 60 lalu dikeringkan dengan dryer. Plat KLT mengandung sampel kemudian dimasukan ke dalam tabung gelas chamber yang telah diisi eluen n-butanol:asam asetat: air dengan perbandingan tertentu. Pergerakan eluen diamati dan diusahakan tidak melebihi batas atas pelat KLT. Batas akhir yang digunakan adalah sekitar 0,5 cm dari bagian atas plat. Setelah itu, plat KLT disemprotkan dengan pelarut untuk melihat spot yang muncul di bawah cahaya UV pada panjang gelombang 254 nm. Standar yang digunakan adalah mannose dan glukosa. Spot yang muncul dibandingkan dengan standar dan dihitung nilai *Retention factor* (Rf)-nya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Isolat dengan Kemampuan Manolitik

Ketiga isolat aktinomiset *S. alboniger*, *S. flava*, dan *S. lutealbus* berhasil diisolasi dari sampel tanah dan serasah daun sehingga diprediksi

memiliki kemampuan mendegradasi biomassa yang mengandung selulosa dan hemiselulosa (xylan dan mannan). Melalui penapisan menggunakan media *locust bean gum* ditambah indikator warna *congo red*, ketiga isolat menunjukkan adanya zona bening yang terbentuk pada media yang berkorelasi dengan perbedaan tingkat aktivitas dari enzim mannanase yang dihasilkan masing-masing isolat (Tabel 1).

Tabel 1. Aktivitas enzim terhadap substrat *locust bean gum*

No	Kode isolat	Aktivitas enzim
1.	26 (5-323)	++
2.	76 (ID04-0555)	+++
3.	210 (ID05-A975)	++

Ket : 26 (*Streptomyces alboniger*), 76 (*Saccharopolyspora flava*), 210 (*Streptacidiphilus lutealbus*); banyaknya '+' menunjukkan pertambahan luas zona bening.

Optimalisasi Ekstraksi Enzim dengan Aseton

Presipitasi protein dari ekstrak kasar enzim yang diproduksi *S.alboniger*, *S. flava* dan *S. lutealbus* dilakukan dengan menggunakan aseton. Enzim mannanase dari *S. alboniger* dan *S. lutealbus* memiliki aktivitas tertinggi pada pengendapan 70% sedangkan enzim dari *S. flava* memiliki aktivitas tertinggi pada pengendapan 80% sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Aktivitas enzim dari *S. alboniger*, *S. flava* dan *S. lutealbus* pada konsentrasi pengendapan aseton berbeda

Aseton (%)	Aktivitas enzim (U/ml)		
	<i>S.alboniger</i>	<i>S.flava</i>	<i>S.lutealbus</i>
30	0,002	0,010	0,031
40	0,003	0,010	0,022
50	0,005	0,010	0,074
60	0,056	0,143	0,013
70	0,084	0,330	0,437
80	0,002	0,250	0,149

Analisis Aktivitas Mannanase Ketiga Isolat

Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran aktivitas enzim mannanase dari *S. alboniger*, *S. flava*, dan *S.lutealbus*. Dapat dilihat pada tabel tersebut bahwa enzim mannanase yang dihasilkan *S. flava* memiliki aktivitas yang paling tinggi yaitu 4.746 U/ml dengan aktivitas spesifik sebesar 1.113 U/mg. Pengukuran nilai aktivitas enzim ini lebih baik dibandingkan

hasil uji kemampuan manolitik isolat dengan metode *congo red* karena mampu memberikan hasil secara kuantitatif. Perbedaan aktivitas enzim yang dimiliki setiap isolat kemungkinan disebabkan perbedaan spesies dan kondisi lingkungan (media) yang diperlukan untuk produksi enzim oleh tiap isolat berbeda.

Tabel 3. Aktivitas enzim mannanase dari *S. alboniger*, *S. flava* dan *S. lutealbus*

No. isolat	Aktivitas enzim (U/ml)	Konsentrasi Protein (mg/ml)	Aktivitas spesifik (U/mg)
26	0,110	5,663	0,019
76	4,746	4,265	1,113
210	0,614	6,652	0,092

Suhu Optimum untuk Aktivitas Mannanase

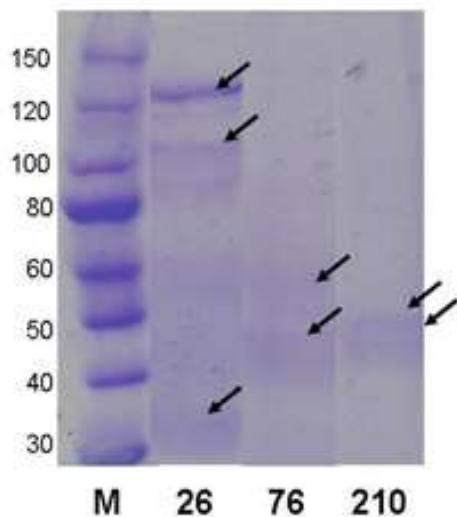
Uji aktivitas enzim pada rentang suhu yang berbeda dilakukan untuk mencari suhu optimum aktivitas enzim yang dihasilkan masing-masing isolat. Pada tabel 4 dapat dilihat bahwa enzim mannanase dari *S. flava* memiliki aktivitas tertinggi hingga lebih dari 50 °C sehingga dapat dikategorikan sebagai enzim yang termotabil. *S. alboniger* memiliki aktivitas optimum pada suhu 30-40 °C sedangkan aktivitas enzim dari isolat *S. lutealbus* tidak menunjukkan nilai berbeda pada setiap rentang suhu yang diujikan. Hal ini dapat disebabkan rendahnya aktivitas enzim yang dihasilkan sehingga data yang diperoleh kurang valid.

Tabel 4. Aktivitas enzim pada suhu berbeda dari *S. alboniger*, *S. flava* dan *S. lutealbus*

Suhu °C	Aktivitas enzim (U/ml)		
	<i>S.alboniger</i>	<i>S.flava</i>	<i>S.lutealbus</i>
25	0,023	0,148	0,033
30	0,037	0,179	0,046
35	0,036	0,371	0,043
40	0,038	0,705	0,038
45	0,024	0,756	0,041
50	0,021	1,094	0,065

Analisis Elektroforesis Protein dengan SDS-PAGE

Ekstrak kasar enzim dari ketiga isolat kemudian ditentukan berat molekul proteinnya dengan menggunakan metode SDS-PAGE. Hasil elektroforesis menunjukkan bahwa *S. alboniger* mempunyai tiga pita protein masing-masing berukuran 122, 105 dan 35 kDa; *S. flava* mempunyai dua pita protein masing-masing berukuran 55 dan 48 kDa sedangkan *S. lutealbus* mempunyai dua pita protein dengan ukuran 52 dan 48 kDa (Gambar 1). Hasil elektroforesis tidak menunjukkan adanya pita dominan, hal ini disebabkan pada larutan ekstrak kasar enzim yang digunakan produksi enzim mannanase tidak terlalu tinggi.



Gambar 1. Hasil elektroforesis dengan SDS-PAGE terhadap ekstrak kasar enzim mannanase. M: marker , 26: *S.alboniger*, 76: *S.flava*, 210 : *S.lutealbus*

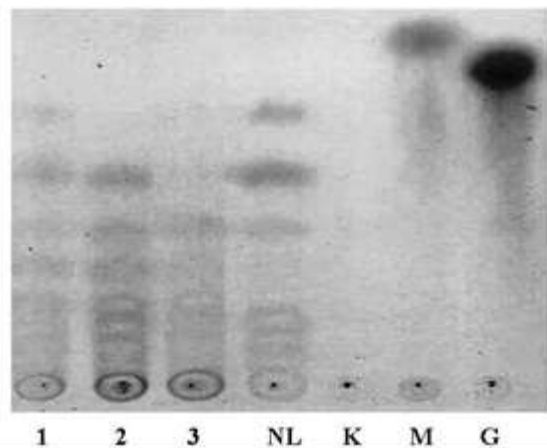
Analisis terhadap Produk Reaksi Enzim-Substrat

Analisis terhadap produk dari reaksi enzim-substrat yang dihasilkan dari ketiga isolat dilakukan dengan menggunakan kromatografi lapis tipis (KLT). Perbedaan aktivitas enzim pada masing-masing isolat ditunjukkan oleh spot berbeda yang muncul pada pelat (Gambar 2). Spot yang muncul dari reaksi enzim-substrat yang berasal dari *S. flava* terletak lebih tinggi pergerakannya pada pelat dibanding kedua isolat lainnya. Hal ini berkorelasi positif dengan hasil uji aktivitas enzim sebelumnya. Keberadaan produk hasil reaksi enzim-substrat pada pelat KLT juga menunjukkan bahwa isolat *S. alboniger* lebih banyak menghasilkan

monosakarida sedangkan *S. lutealbus* memproduksi oligosakarida. Hal ini juga menunjukkan bahwa enzim yang dihasilkan ketiga isolat yang digunakan memiliki karakter dan spesifikasi terhadap substrat yang berbeda.

Kemampuan Isolat dalam Mendegradasi Berbagai Substrat

Tabel 5 menunjukkan kemampuan ketiga isolat dalam mendegradasi berbagai substrat. Dari hasil tersebut terlihat bahwa *S. flava* selain menghasilkan enzim mannanase juga diprediksi mampu memproduksi enzim xilanase dan selulase karena mampu tumbuh dan mendegradasi berbagai jenis substrat yang diujikan. Adapun *S. alboniger* dan *S. lutealbus* hanya dominan menghasilkan enzim mannanase karena hanya mendegradasi substrat mannan dan umbi porang.



Gambar 2. Hasil KLT produk reaksi enzim mannanase dengan substrat locust bean gum, (1: *S.alboniger*, 2: *S. flava*, 3: *S.lutealbus*, NL: *Aspergillus niger* NRRL 377, K: kontrol, M: mannanosa, G: glukosa)

KESIMPULAN

Ketiga isolat *S. alboniger*, *S. flava* dan *S. lutealbus* mempunyai kemampuan untuk memproduksi enzim mannanase. *S. flava* adalah penghasil mannanase dengan aktivitas yang paling tinggi serta mampu memproduksi xilanase dan selulase jika dibandingkan dengan dua isolat lainnya. Ekstrak kasar enzim dari ketiga isolat dapat diendapkan dengan aseton secara maksimum pada konsentrasi yang berbeda: *S. alboniger* dan *S. lutealbus* pada konsentrasi aseton 70% (v/v) sedangkan *S. flava* 80%. *S. flava* menghasilkan enzim Mannanase yang aktivitasnya optimal pada suhu 50-60 °C

(termostabil). Analisis protein berbasis SDS-PAGE menunjukkan bahwa *S. flava* dan *S. lutealbus* mempunyai tiga pita protein dengan ukuran berbeda sedangkan *S. alboniger*

mempunyai dua pita protein. Dari hasil analisa menggunakan TLC diketahui bahwa ketiga isolat mampu memproduksi oligosakarida dan memotong enzim secara random.

Ternak, no. 2001: 84–90.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah mendanai penelitian dan penerbitan karya tulis ilmiah ini melalui skema Program Pusat Unggulan Iptek (PUI) Biorefinery Terpadu, Pusat Penelitian Bioteknologi, LIPI Tahun 2017.

DAFTAR ACUAN

Araújo, A., and O. P. Ward. 1990. "Hemicellulases of *Bacillus Species*: Preliminary Comparative Studies on Production and Properties of Mannanases and Galactanases." *Journal of Applied Bacteriology* 68 (3): 253–61.

ARIANDI, YOPI, and ANJA MERYANDINI. 2015. "Enzymatic Hydrolysis of Copra Meal by Mannanase from *Streptomyces* Sp. BF3.1 for The Production of Mannooligosaccharides." *HAYATI Journal of Biosciences* 22 (2). Institut Pertanian Bogor: 79–86. doi:10.4308/hjb.22.2.79.

Heck, Júlio Xandro, Luís Henrique De Barros Soares, and Marco Antônio Záchia Ayub. 2005. "Optimization of Xylanase and Mannanase Production by *Bacillus Circulans* Strain BL53 on Solid-State Cultivation." *Enzyme and Microbial Technology* 37 (4): 417–23. doi:10.1016/j.enzmictec.2005.02.015.

Hidayanto, M. 2008. "Limbah Kelapa Sawit Sebagai Sumber Pupuk Organik Dan Pakan Ternak." *Seminar Optimalisasi Hasil Samping Perkebunan Kelapa Sawit Dan Industri Olahannya Sebagai Pakan*

Kansoh, Amany L, and Zeinat A Nagieb. 2004. "Xylanase and Mannanase Enzymes from *Streptomyces Galbus* NR and Their Use in Biobleaching of Softwood Kraft Pulp." *Antonie van Leeuwenhoek* 85 (2): 103–14. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1003771318693%5Cnhttp://springerlink.metapress.com/openurl.asp?genre=article&id=doi:10.1023/B:ANTO.0000020281.73208.62>.

Laemmli, U K. 1970. "Cleavage of Structural Proteins during the Assembly of the Head of Bacteriophage T4." *Nature* 227 (5259): 680–85. doi:10.1038/227680a0.

Miller, Gail Lorenz. 1959. "Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar." *Analytical Chemistry* 31 (3): 426–28. doi:10.1021/ac60147a030.

Puchart, Vladimír, Petros Katapodis, Peter Biely, Lubomír Kremnický, Paul Christakopoulos, Mária Vršanská, Dimitris Kekos, Basil J. MacRis, and Mahalingeshwara K. Bhat. 1999. "Production of Xylanases, Mannanases, and Pectinases by the Thermophilic Fungus *Thermomyces Lanuginosus*." *Enzyme and Microbial Technology* 24 (5–6): 355–61. doi:10.1016/S0141-0229(98)00132-X.

Saini, Anita, Neeraj K. Aggarwal, Anuja Sharma, and Anita Yadav. 2015. "Actinomycetes: A Source of Lignocellulolytic Enzymes." *Enzyme Research* 2015. doi:10.1155/2015/279381.

Tabel 5. Analisa kemampuan *S. alboniger*, *S. flava* dan *S. lutealbus* dalam mendegradasi berbagai substrat

Isolat	Manan	Xilan	CMC	Bungkil sawit	Bungkil kelapa	Umbi porang
<i>Streptomyces alboniger</i>	++		-	-	-	+++
<i>Saccharopolyspora flava</i>	++++	++++	++++	++++	++++	+++
<i>Streptacidiphilus lutealbus</i>	++	-	-	++	-	+++

.