

**SELEKSI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI TERMOFILIK PENGHASIL
XILANASE DARI SUMBER AIR PANAS SAPAN SUNGAI ARO,
KABUPATEN SOLOK SELATAN**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Sains



**Oleh
DANANG PUJO SANTOSO
NIM. 1101337**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2015**

ABSTRAK

Seleksi dan Identifikasi Bakteri Termofilik penghasil Xilanase dari Sumber Air Panas Sapan Sungai Aro, Kabupaten Solok Selatan

Oleh: Danang Pujo Santoso, 1101337.
FMIPA/Pendidikan Biologi

Xilanase merupakan salah satu enzim dengan prospek yang besar sebagai enzim penghidrolisis hemiselulosa. Permintaan pasar global terhadap enzim ini mencapai US \$ 200 juta setiap tahun. Enzim ini mengkatalis reaksi pemecahan xilan (hemiselulosa) menjadi xilooligosakarida dan xilosa. Xilanase dapat diaplikasikan pada berbagai sektor industri seperti roti, gula xilosa, *biofuel*, kertas khususnya dalam *bleaching* (proses pemutihan) pulp. Xilanase mampu menggantikan *bleaching* konvensional secara kimiawi dengan menggunakan klor yang tidak ramah lingkungan. Saat ini produksi xilanase diekstrak dari bakteri termofilik karena stabilitas enzimnya pada temperatur tinggi yang cocok untuk aplikasi industri. Bakteri termofilik dapat diisolasi dari suatu sumber air panas, salah satunya adalah sumber air panas Sapan Sungai Aro, yang terletak di Kab. Solok Selatan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menseleksi dan identifikasi bakteri termofilik yang dapat menghasilkan xilanase. Penelitian ini bersifat deskriptif, yang telah dilaksanakan dari April hingga Mei 2015 di Laboratorium Mikrobiologi FMIPA UNP dan Laboratorium Bakteriologi Balai Veteriner Baso. Prosedur penelitian ini terdiri atas persiapan dan sterilisasi alat dan bahan, pembuatan medium, peremajaan, seleksi dan identifikasi. Seleksi dilakukan dengan penapisan semikuantitatif menggunakan plat agar mengandung substrat xilan. Identifikasi dilakukan berdasarkan karakteristik mikroskopis dan biokimia hingga tingkat genus. Hasil seleksi menunjukkan 12 dari 16 isolat memiliki aktivitas xilanolitik, dengan aktivitas tertinggi yaitu SSA2 dengan indeks xilanolitik 0,74. Lima besar isolat yang menghasilkan indeks xilanolitik adalah SSA2, SSA3, dan SSA4 teridentifikasi sebagai *Bacillus sp. 1.*, serta SSAS6 dan SSA7 adalah *Bacillus sp. 2.*

Kata kunci: enzim xilanase, bakteri termofilik, indeks xilanolitik, identifikasi.

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kehadiran Allah SWT berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi tentang **“Seleksi dan Identifikasi Bakteri Termofilik penghasil Xilanase dari Sumber Air Panas Sapan Sungai Aro, Kabupaten Solok Selatan”**. Shalawat beriring salam penulis kirimkan untuk Rasullullah Muhammad SAW junjungan umat seluruh alam.

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Dalam penulisan skripsi ini penulis banyak mendapat bimbingan, petunjuk dan saran-saran serta bantuan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Irdawati, S.Si., M.Si., pembimbing I yang telah memberikan masukan, arahan dan bimbingan selama penulis kuliah, penelitian dan penulisan skripsi ini.
2. Bapak Drs. Mades Fifendy, M.Biomed., pembimbing II sekaligus sebagai penasehat akademik yang telah memberikan masukan, arahan dan bimbingan selama penulis kuliah, penelitian dan penulisan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Azwir Anhar, M.Si., Ibu Dr. Linda Advinda M.Kes., dan Ibu Dra. Moralita Chatri, M.P., tim dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritikan untuk kesempurnaan penulisan skripsi ini.

4. Pimpinan Jurusan serta semua staf pengajar Jurusan Biologi FMIPA UNP yang telah membantu untuk kelancaran penulisan skripsi ini.
5. Orang tua dan seluruh keluarga yang senantiasa memberikan dukungan dan doa dalam penulisan skripsi ini.

Semoga bantuan yang Bapak/Ibu dan rekan berikan bernilai ibadah dan mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua kalangan yang membaca.

Padang, Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Batasan Masalah.....	5
D. Tujuan Penelitian.....	6
E. Pertanyaan Penelitian	6
F. Kontribusi Penelitian	6
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Bakteri Termofilik.....	7
B. Enzim Xilanase	9
C. Bakteri Termofilik Penghasil Enzim Xilanase.....	11
D. Identifikasi Bakteri.....	12
E. Sumber Air Panas Sapan Sungai Aro, Kabupaten Solok Selatan	22
BAB III. METODE PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian	24

B. Waktu dan Tempat	24
C. Alat dan Bahan	24
D. Prosedur Penelitian	25
E. Analisis Data	33
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Seleksi Bakteri Termofilik Penghasil Xilanase dari Sumber Air Panas Sapan sungai Aro, Kabupaten Solok Selatan.....	34
B. Identifikasi Bakteri Termofilik penghasil Xilanase dari Sumber Air Panas Sapan Sungai Aro, Kabupaten Solok Selatan.....	37
BAB V. PENUTUP	
A. Kesimpulan	41
B. Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	46

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Indeks xilanolitik isolat bakteri termofilik dari sumber air panas Sapan Sungai Aro, Kabupaten Solok Selatan	32
2. Karakteristik isolat bakteri termofilik dari sumber air panas Sapan Sungai Aro, Kabupaten Solok Selatan	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kisaran Suhu untuk Pertumbuhan Mikroba.....	8
2. Struktur dinding sel bakteri Gram positif dan negatif.....	13
3. Peta Lokasi Sapan Sungai Aro, Kabupaten Solok Selatan	23
4. Zona bening yang dihasilkan Isolat SSA5	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Diagram Alir Kerja Penelitian.....	44
2. Aktivitas Xilanolitik Bakteri Termofilik dari Sumber Air Panas Sapan Sungai Aro Kabupaten Solok Selatan	45
3. Karakterisasi Biokimia Bakteri Termofilik dari Sumber Air Panas Sapan Sungai Aro Kabupaten Solok Selatan	46
4. Dokumentasi Penelitian.....	48

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Enzim merupakan biokatalisator. Enzim meningkatkan reaksi kimia yang terjadi dalam sel organisme tanpa mengalami perubahan pada strukturnya sendiri (Palmer and Philip, 2007:1). Reaksi kimia bisa berjalan 10^8 hingga 10^{20} kali lebih cepat dari biasanya dengan adanya enzim. Enzim berikatan secara spesifik dengan substratnya dalam mengkatalis reaksi dan menghasilkan produk (Madigan, 2012: 94).

Sejalan dengan kemajuan bioteknologi enzim diaplikasikan untuk mengkatalis reaksi kimia di luar sel ataupun lingkungannya. Enzim digunakan di berbagai sektor industri seperti tekstil, makanan, detergen, kertas dan kosmetik, serta *biofuel*. Kebutuhan pasar terhadap enzim di dunia pada tahun 2012 adalah US \$ 4,5 milyar dan hampir US \$ 4,8 milyar pada tahun 2013, sehingga diperkirakan kebutuhan pasar pada tahun 2018 adalah sebesar US \$ 7,1 milyar (Dewan, 2014: 2).

Enzim xilanase merupakan salah satu enzim yang cukup berperan dalam dunia industri. Permintaan pasar terhadap xilanase juga cukup tinggi, yaitu US \$ 200 juta (Sarethy, 2011: 776). Enzim ini mengkatalis reaksi pemecahan xilan (hemiselulosa) menjadi xilooligosakarida dan xilosa. Xilanase dapat digunakan dalam *bleaching pulp*, konversi hemiselulosa menjadi sumber bahan baku untuk produksi *biofuel*, dan produksi gula xilosa. Xilanase sangat penting digunakan dalam proses *bleaching pulp*. Xilanase menggantikan *bleaching* konvensional

secara kimiawi dengan menggunakan klor yang tidak ramah lingkungan
(Szendefy,

2005: 1). Selain itu dalam produksi roti xilanase juga digunakan agar struktur adonan lebih lembut (Whitehurst and Barry, 2002: 28).

Produksi enzim xilanase untuk kebutuhan industri diekstraksi dari berbagai jenis makhluk hidup, seperti bakteri, jamur, yeast serta tumbuh-tumbuhan. Saat ini telah diketahui hampir 4000 jenis enzim, 200 diantaranya berasal dari mikroorganisme dan digunakan secara komersil (Li *et al.*, 2012: 1). Mikroorganisme menghasilkan enzim yang dapat dimanfaatkan manusia dalam jumlah dan jenis yang sangat bervariasi. Mereka mudah untuk dikulturkan serta berpotensi dan sesuai untuk dunia industri (Palmer, 1991: 358). Mikroorganisme termofilik salah satu pilihan yang tepat untuk digunakan dalam proses industri, karena bersifat termostabil. Sebagai contoh proses penghilangan noda coklat atau pemutihan bahan kertas (*bleaching pulp*), untuk hasil yang optimal proses ini harus menggunakan suhu tinggi dan suasana basa (Singh *et al.*, 2012: 1398).

Enzim termostabil atau termozim cocok digunakan pada reaksi dengan temperatur tinggi. Beberapa keuntungan utama menggunakan reaksi dengan suhu tinggi adalah mengurangi resiko kontaminasi mikroba, kekentalan lebih rendah, meningkatkan laju perpindahan molekul, dan meningkatkan kelarutan substrat (Bruins *et al.*, 2001: 155). Menurut Trismillah dan Deden (2009: 137), enzim termostabil mampu meningkatkan kecepatan reaksi sehingga menghemat waktu, tenaga dan biaya operasional, memudahkan pemisahan senyawa volatil, dan lebih stabil pada masa penyimpanan yang lebih lama.

Bakteri termofilik tumbuh optimal pada rentang suhu 60-108 °C. Bakteri ini dapat ditemukan pada berbagai tempat di alam, baik lautan ataupun daratan

yang dipanasi oleh panas bumi, seperti sumber mata air panas, sedimen dari daratan vulkanik, sistem ventilasi hidrotermal, dan ventilasi hidrotermal di dasar laut dalam (Kumar, 2001: 1216). Indonesia merupakan salah satu wilayah yang cukup banyak memiliki sumber air panas, sehingga memiliki potensi untuk menghasilkan sumber-sumber mikroorganisme yang dapat memproduksi enzim xilanase termostabil.

Mikroorganisme yang mampu memproduksi enzim xilanase termostabil merupakan aset biologi berharga untuk kepentingan bioteknologi industri. Bakteri termofilik yang diketahui mampu menghasilkan xilanase termostabil adalah *Bacillus subtilis* (Li *et al.*, 2012: 6) dan *Pseudomonas* (Susilowati dkk., 2012: 204), sedangkan jamur yang diketahui menghasilkan enzim ini adalah *Streptomyces* (Singh *et al.*, 2012: 1551), *Aspergillus* (Takahashi, 2013) dan *Trichoderma*. Sharma *et al.*, (2013: 165), telah berhasil mengeksplorasi dan mengkarakterisasi bakteri termofilik dari 5 sumber air panas di Bagian Utara Himalaya, Himachal Pradesh. 101 isolat didapatkan dan dilakukan pengujian aktivitas enzimatik. Melalui analisis sekuen gen RNA ribosom 16S teridentifikasi genus *Bacillus* dan *Paenibacillus* memiliki potensi menghasilkan xilanase.

Indonesia merupakan wilayah yang cukup banyak memiliki sumber-sumber air panas. Salah satu sumber air panas tersebut adalah sumber air panas Mudiak Sapan Kabupaten Solok Selatan. Winanda (2015: 38) melaporkan telah mendapatkan 19 isolat bakteri termofilik, terseleksi 13 diantaranya menunjukkan adanya aktivitas xilanase. Sumber air panas ini mempunyai suhu hingga 93 °C

dengan pH 8. Diperoleh 18 isolat yang memperlihatkan bentuk basil dan tergolong Gram positif dan 1 isolat berbentuk basil Gram negatif.

Selain sumber air panas Mudiak Sapan, di Kabupaten Solok Selatan juga memiliki sumber air panas lain. Sumber air panas itu adalah sumber air panas Sapan Sungai Aro yang terletak di Kecamatan Koto Parik Gadang di Ateh, Kabupaten Solok Selatan. Sumber air panas ini memiliki suhu 75⁰C dan pH 8. Yenti (2014: 41), telah berhasil mendapatkan 16 isolat (7 berasal dari sampel air dan 9 dari sampel *sludge*). Dari sumber air panas tersebut diperoleh 16 isolat berbentuk basil dan tergolong pada bakteri gram positif serta menghasilkan endospora, dan juga menunjukkan aktivitas amilolitik. Menurut Burns and Richard (2002: 43) sintesis suatu enzim dipengaruhi oleh keberadaan substratnya. Sehingga suatu bakteri yang menghasilkan amilase pada medium yang mengandung amilum berpotensi menghasilkan xilanase pada medium yang mengandung xilan.

Karakteristik mikroskopis sangat membantu dalam tahap identifikasi. Namun bakteri dengan bentuk yang sama berkemungkinan memiliki aktivitas metabolisme dan fisiologis yang berbeda. Karakteristik biokimia juga diperlukan untuk menentukan suatu jenis bakteri. Bahkan, bakteri yang terkait dekat dapat dipisahkan ke suatu spesies tertentu dengan uji biokimia, salah satunya ditentukan dengan kemampuan mereka dalam memfermentasi sekelompok karbohidrat pilihan (Tortora *et al.*, 2013: 310).

Saat ini telah banyak dikembangkan berbagai macam uji biokimia, seperti uji TSI (*Triple Sugar Iron*), produksi gas, produksi H₂S, katalase, oksidase, motilitas, IMViC (*Indole*, *Methyl-red*, *Voges Proskauer*, *Citrate*), urease,

oksidatif-fermentatif (OF), dan fermentasi berbagai macam karbohidrat (glukosa, sukrosa, laktosa, mannitol, sorbitol, arabinosa, dan lain-lain), hidrolisis kasein, gelatin dan masih banyak uji yang lain. Berbagai macam uji tersebut dapat digunakan untuk menentukan genus atau bahkan jenis suatu bakteri (Prescott, 2002a: 120).

Dari berbagai uraian di atas peneliti melakukan “Seleksi dan Identifikasi Bakteri Termofilik Penghasil Xilanase dari Sumber Air Panas Sapan Sungai Aro Kabupaten Solok Selatan.”

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Belum diketahui isolat bakteri termofilik yang menghasilkan xilanase dari sumber air panas Sapan Sungai Aro, Kabupaten Solok Selatan.
2. Belum teridentifikasi bakteri termofilik penghasil enzim xilanase dari sumber air panas Sapan Sungai Aro, Kabupaten Solok Selatan.

C. Batasan Masalah

Luasnya cakupan masalah yang akan diteliti maka penelitian ini dibatasi dengan seleksi dan identifikasi bakteri termofilik penghasil enzim xilanase dari sumber air panas Sapan Sungai Aro, Kabupaten Solok Selatan hingga tingkat genus.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk menyeleksi isolat bakteri termofilik yang menghasilkan xilanase dari sumber air panas Sapan Sungai Aro, Kabupaten Solok Selatan.

2. Untuk mengidentifikasi genus bakteri termofilik penghasil enzim xilanase dari sumber air panas Sapan Sungai Aro, Kabupaten Solok Selatan.

E. Pertanyaan Penelitian

Pertanyaan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Isolat bakteri termofilik mana yang merupakan penghasil xilanase dari sumber air panas Sapan Sungai Aro, Kabupaten Solok Selatan?
2. Apa saja genus bakteri termofilik penghasil enzim xilanase dari sumber air panas Sapan Sungai Aro, Kabupaten Solok Selatan?

F. Kontribusi Penelitian

Penelitian ini diharapkan menyumbangkan kontribusi sebagai berikut.

1. Memberikan informasi genus bakteri termofilik penghasil enzim xilanase di sumber air panas Sapan Sungai Aro, Kabupaten Solok Selatan.
2. Menambah wawasan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang mikrobiologi.
3. Menjadi sumber informasi untuk penelitian selanjutnya.

BAB III PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Telah diseleksi 12 dari 16 isolat yang memiliki aktivitas xilanolitik, dengan aktivitas tertinggi yaitu SSA2 dengan indeks xilanolitik 0,74.
2. Lima besar isolat yang menghasilkan indeks xilanolitik tertinggi adalah SSA2, SSA3, dan SSA4 teridentifikasi sebagai *Bacillus sp. 1.*, serta SSAS6 dan SSA7 adalah *Bacillus sp. 2.*

B. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang identifikasi isolat bakteri termofilik sampai tingkat spesies bakteri tersebut berdasarkan karakterisasi molekuler, serta pengujian aktivitas spesifik enzim xilanase bakteri termofilik yang diperoleh dari sumber air panas Sapan Sungai Aro, Kabupaten Solok Selatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alberts, B., A. Johnson, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts dan P. Walter. 2008. *Molecular Biology of The Cell 5th Ed.* New York: Garland Science.
- Brink, Bennita. 2010. Urease Test Protocol. *American Sociaty For Microbilology, MicrobeLibrary*.
<http://www.microbelibrary.org/library/laboratory+test/3223-urease-test-protocol>. Diakses pada 24-6-2015.
- Bruins, M. E., A. E Janssen, and R. M. Boom, 2001. Thermozyms and Their Application: A Review of Recent Literature and Patents. *Appl Biochem Bioetchnol.* 90 (2): 155-186.
- Burn, R. G., and R. P. Dick. *Enzymes un the Environment, Activity, Ecology, and Application*. Basel: Marcel Dekker, Inc.
- Clarke, P. H. 1953. Hydroge Sulphide Production by Bacteria. *J. Gen. Microbiol.* 8: 397-407.
- Dewan, S. S. 2014. Report Overview: Global Markets for Enzyme in Industrial Application. *BBCresearch*: Juni 2014.
- Fierens, E., S. Rombolist, K. Gebreuer, H. Goeseart, K. Brijs, J. Beugrand, G. Volkaert, S. V. Campenhout, P. Proost, C. M. Courtin, and J. A. Delcour. 2007. TLXI, a Novel Type of Xylanase Inhibitor from wheat (*Triticum aestivum*) Belonging To The Thaumatin Family. *Biochem J.* Vol 403 :583-591.
- Goldman, E. and L. H. Green. 2009. *Practical Handbook of Microbiology 2nd Ed.* New York: CRC Press.
- Habibie, F.M., D. P. Sigres, dan L.N. Islami. 2014. Isolasi dan Karakterisasi Mikroba Termofilik Penghasil Xilanase dari Lumpur Panas Lapindo sebagai Alternatif Pengganti Klorin pada Industri Kertas. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya.
- Hadioetomo, R. S. 1993. *Mikrobiologi Dasar dalm Praktek*. Jakarta : Gramedia.
- Hanson, Anne. 2008. Oxidative Fermentatif Test Protocol. *American Sociaty For Microbilology, MicrobeLibrary*.
<http://www.microbelibrary.org/component/resource/laboratory-test/3151-oxidative-fermentative-test-protocol>. Diakses pada 24-6-2015

- Kouker, G., and K.E., Jaeger. 1987. Specific and Sensitive Plate Assay for Bacterial Lipases. *Applied Environmental Microbiology*. 53(1):211-213.
- Kumar, R. and R. Nusinov. 2001. Review: How do Thermophilic Protein Deal with Heat. *Cell Molecular LS*. Vol. 58 : 1216-1233.
- Li S., X. Yang, S. Yang, M. Zhu and X. Wang. 2012. Technology Prospecting on Enzymes: Application, Marketing and Engineering. *Computational and Struktural Biotechnology Jurnal*. Vol 1, No. 2.
- Maarel, M. J., V.D. Veen, J.C. Uitdehaag, H. Leemhuis, and L. Dijkhuizen. 2002. *Properties and Applications of Starch-Converting Enzymes of the Alpha-Amylase Family*. *J Biotechnol*. 28;94 (2): 137-55.
- MacWilliams, M. P. 2009. Citrate Test Protocol. *American Society For Microbilology, MicrobeLibrary*.
<http://www.microbelibrary.org/component/resource/laboratory-test/3203-citrate-test-protocol>. Diakses pada 24-6-2015.
- MacWilliams, M. P. 2009. Indole Test Protocol. *American Society For Microbilology, MicrobeLibrary*.
<http://www.microbelibrary.org/component/resource/laboratory-test/3202-indole-test-protocol> . Diakses pada 24-6-2015.
- Madigan, M. T., J. M. Martino, D. A. Stahl, and D. P. Clark. 2012. *Biology of Microorganisms, 13rd Ed*. San Francisco : Pearson Education Inc.
- McDevitt, Sylvia. 2013. Methyl Red and Voges-Proskauer Test Protocols. *American Society For Microbilology, MicrobeLibrary*.
<http://www.microbelibrary.org/component/resource/laboratory-test/3204-methyl-red-and-voges-proskauer-test-protocols>. Diakses pada 24-6-2015.
- Mosjov, K. 2009. Application of Enzymes in The Textile Industry. *International Congress "Engineering, Ecology and Materials in the Processing Industry."* 9-3-2011.
- Nelson, D. L. and M. M. Cox. 2004. *Lehninger Principles of Biochemistry, 4th Ed*. Macmillan: WhFreeman.
- Palmer, T., and P. L. Bonner. 2007. *Enzymes: Biochemistry, Biotechnology and Clinical Chemistry, 2nd Ed*. Cambridge : Woodhead Publishing.
- Palmer, T. 1991. *Understanding Enzymes 3rd Ed*. Chichester : Ellis Horwood.

- Prescott, H. 2002. *Laboratory Exercise in Microbiology*, 5th Ed. New York : McGraw Hill.
- Prescott, H. 2002. *Microbiology*, 5th Ed. New York : McGraw Hill.
- Purwoko, T. 2009. *Fisologi Mikroba*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Richana, N. 2001. Produksi dan Prospek Enzim Xilanase dalam Pengembangan Bioindustri di Indonesia. *Buletin Agrobio*. 5(1): 29-36.
- Sarethy, I. P., Y. Saxena, A. Kapoor, M. Sharma, S. K. Sharma, V. Gupta dan S. Gupta. 2011. Alkaliphilic Bacteria: application in Industrial Biotechnology. *J. Ind. Microbiol Biotechnology*. Vol 38.
- Sharma, N., G. Vias and S. Phatania. 2013. Culturable Diversity of Thermophilic Microorganisms Found in Hot Springs of Northern Himalayas and to Explore Their Potential for Production of Industrially Important Enzymes. *Scholar Academic Journal of Bioscience (SAJB)*. 1 (5): 165-178.
- Shields, P., and C. Lambert. 2010. Oxidase Test Protocol. *American Society For Microbiology*, *MicrobeLibrary*.
<http://www.microbelibrary.org/library/laboratory+test/3229-oxidase-test-protocol>. Diakses pada 24-6-2015.
- Singh, R., V. Kapoor and V. Kumar. 2012. Utilization of Agro-Industrial Wastes for The Simultaneous Production of Amylase and Xylanase by Thermophilic Actinomycetes. *Brazilian Journal of Microbiology*. 1545-1552.
- Singh, V., V. C. Pandey, D. C. Pathak and S. Agrawal. 2012. Purification and Characterization of *Lacella sacchari* strain B42 Xylanase and its Potential for Pulp Biobleaching. *African Journal of Microbiology Research*. Vol. 6(7): 1397-1410.
- Sivaramakrishnan, S., D. Gangadharan, K.N. Madhavan, C.R. Soccol and A. Pandey. 2006. α -Amylases from Microbial Sources-An Overview on Recent Developments. *Food Technol Biotechnol*. 44 (2).
- Susilowati, P.M., S. Raharjo, D. Kurniati, R. Rahim, Sumarlin, dan Ardiansyah. 2012. Produksi Xilanase dari Isolat Sumber Air Panas Sonai, Sulawesi Tenggara menggunakan Limbah Pertanian. *Jurnal Natur Indonesia*. 14(3): 199-204.
- Szendefy, J. 2005. Solid State Fermentation and Utilization of Xylanase in Pulp Bleaching. *Thesis*. Budapest University of Technology and Economic.

- Teather, R. M., and P. J. Wood. 1982. Use of Congo Red Polysaccharide Interaction in Enumeration and Characterization of Cellulolytic Bacteria from the Bovine Rumen. *Applied and Enviromental Microbiology*. 43(4): 777-780.
- Thoyib, H., dan R. Setyaningsih, Suranto. 2007. Seleksi dan Identifikasi Bakteri Alkalifilik Penghasil Xilanase dari Tanah Bukit Krakitan, Bayat, Klaten. *Bioteknologi*: 2 (1): 6-12.
- Todar, K. 2014. *Online Textbook of Bacteriology*. http://textbookofbacteriology.net/Bacillus_2.html. Diakses pada 3 Juli 2015.
- Tortora, G. J., B. R. Funke and C. L. Case. 2013. *Microbiology, An Introduction, 11st Ed.* San Fransisco: Pearson Education Inc.
- Trismilah dan D. R. Waltam. 2009. Produksi Xilanase Menggunakan Limbah Pertanian dan Perkebunan. *J. Tek. Ling.* 10 (2): 137-144.
- Whitehurst, R. J., and B. A. Law (Eds). 2002. *Enzymes in Food Production*. Sheffield: Sheffield Academic Press.
- Willey, J., L. M. Sherwood, and C. J. Woolverton. 2009. *Prescott's Principles of Microbiology*. New York : McGraw Hill.
- Winanda, W. 2015. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Termofilik Penghasil Enzim Xilanase dari Sumber Air Panas Mudiak Sapan Kabupaten Solok Selatan. *Skripsi*. FMIPA, UNP. Belum dipublikasikan.
- Yenti, N. 2015. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri termofilik penghasil enzim xilanase dari Sumber Air Panas Sapan Sungai Aro Kabupaten Solok Selatan. *Skripsi*. FMIPA, UNP. Belum dipublikasikan.