

ACTINOBACTERIA: SUMBER BIOKATALIS BARU YANG POTENSIAL



ALFI TAUFIK FATHURAHMAN

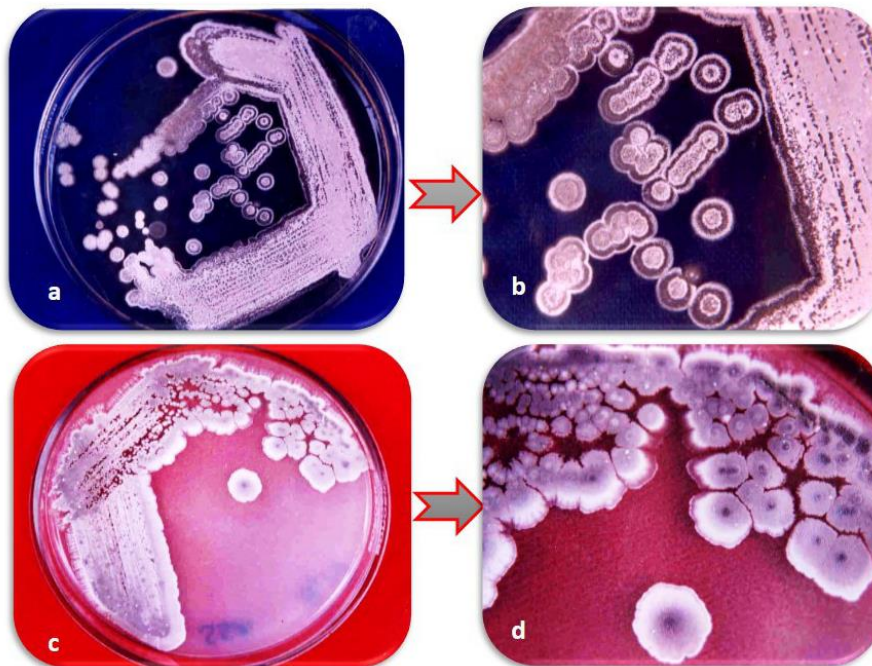
Pusat Penelitian Bioteknologi – LIPI
Kompleks Cibinong Science Center
Jl. Raya Jakarta Bogor KM 46, Cibinong, Kab. Bogor, Jawa Barat 16911
Tel. 021 – 8754587/ Fax. 021 8754588
Email: alfi.taufikf@gmail.com



Actinobacteria atau dikenal juga dengan aktinomisetes, merupakan kelompok bakteri gram positif yang memiliki kandungan nukleotida G-C (Guanine dan Cytosine) tinggi pada DNA genom (Chavan, 2013). Bakteri ini juga termasuk ke dalam jenis filamentous bacteria karena

dapat membentuk spora dan miselium sehingga morfologinya mirip seperti cendawan berfilamen (Das dkk., 2008; bizuye dkk., 2013). Gambar 1 menunjukkan salah satu contoh isolat Actinobacteria yang ditumbuhkan pada media padat yang mengandung pati dan

kasein. Secara fisik bakteri ini terlihat kompak, membentuk kerucut ke permukaan media dan umumnya dilingkupi dengan miselium aerial, yakni kumpulan hifa yang tumbuh secara vertikal di atas substrat (Ranjani, Dhanasekaran, and Gopinath 2016).

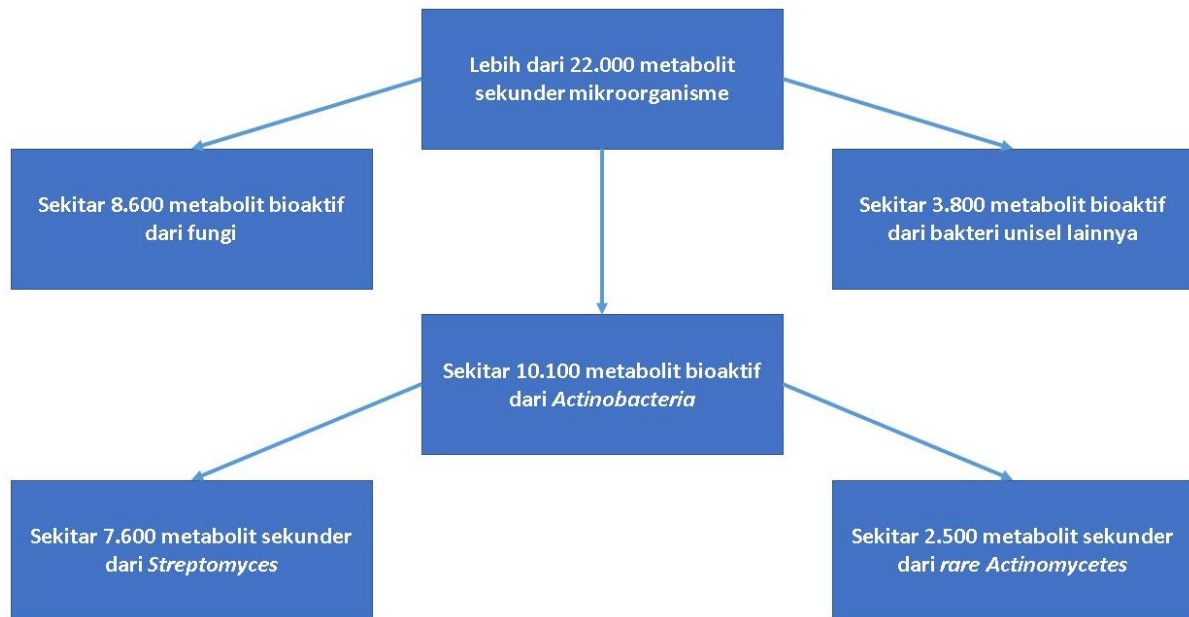


Gambar 1. Penampakan fisik isolat *Actinobacteria* pada *Starch casein agar plate* (a, c). Hasil perbesaran untuk melihat koloni tunggal (b, d).

Saat ini penelitian mengenai *Actinobacteria* berkembang pesat. Hal ini disebabkan kemampuan istimewa yang dimiliki oleh *Actinobacteria*, yakni mampu menghasilkan beragam senyawa bioaktif (metabolit

sekunder) yang sangat bermanfaat bagi kehidupan, seperti antibakteri, antivirus, antikanker, antifungi, herbisida, bioremediasi dan biosurfaktan. Berdasarkan data yang telah dilaporkan, dari sekitar 23.000 metabolit

sekunder yang dihasilkan oleh mikroorganisme, sekitar 45% atau 10.000 metabolit sekunder diproduksi *Actinobacteria* [Gambar 2] (Bérdy, 2005; Solecka dkk., 2012).



Gambar 2. Distribusi penemuan senyawa bioaktif yang dihasilkan dari metabolit sekunder mikroorganisme.

*Ilustrasi digambar ulang berdasarkan referensi dari Solecka dkk.

Sejauh ini pemanfaatan senyawa bioaktif dari *Actinobacteria* yang paling banyak adalah dalam bidang kesehatan, terutama antibiotik. Hampir 80% antibiotik yang ada di dunia diturunkan dari *Actinobacteria*, dan paling banyak dari genus *Streptomyces* serta *Micromonospora* (Nahed, 2011; Jensen dkk., 1991). Selain dalam dunia medis, senyawa bioaktif yang diproduksi oleh *Actinobacteria* masih

memiliki banyak potensi lain untuk diaplikasikan dan dikembangkan, salah satu yang cukup menarik perhatian adalah biokatalis.

Actinobacteria dan Biokatalis

Biokatalis merupakan substansi biologis (dapat berupa sel ataupun enzim) yang berfungsi untuk mempercepat laju suatu reaksi kimia. Saat ini, biokatalis menjadi salah satu alternatif katalis berbagai

industri di dunia, mulai dari industri kimia, pangan, tekstil, hingga industri kesehatan (Kirk dkk., 2002; Tao dan Xu, 2009). Hal ini tidak terlepas dari sifat biokatalis yang lebih unggul dibandingkan dengan katalis kimia (konvensional). Beberapa kelebihan biokatalis antara lain: merupakan sumber terbarukan, bersifat *biodegradable*, memiliki toleransi yang cukup baik terhadap pH dan temperatur sehingga dapat aktif dalam

rentang tertentu (tidak harus pada satu titik pH/temperatur saja), serta memiliki selektivitas tinggi terhadap stereokimia substrat maupun produk (Jemli dkk., 2016).

Stereokimia ini berkaitan dengan penataan atom-atom suatu molekul dalam ruang tiga dimensi. Hal ini penting karena perbedaan susunan atom sangat mempengaruhi sifat, fungsi, dan karakteristik suatu senyawa.

Meskipun banyak diminati dan dari perspektif lingkungan sangat menguntungkan, ternyata untuk dapat diaplikasikan di dunia industri biokatalis harus bersaing dengan katalis konvensional yang biaya operasionalnya relatif lebih rendah, sehingga jika ditinjau dari perspektif ekonomi tentu penggunaan biokatalis ini kurang menguntungkan (Jaeger, 2004). Ada beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan ini, diantaranya melakukan rekayasa protein (enzim) dengan teknologi DNA rekombinan untuk mendapatkan kondisi yang optimum, baik dalam proses produksi enzim tersebut maupun saat penggunaannya. Alternatif lainnya adalah mencari sumber biokatalis baru. Biasanya yang menjadi pilihan adalah kelompok mikroorganisme yang

keberadaannya melimpah dan umumnya enzim dari mikroorganisme tersebut dapat diproduksi dalam skala besar dengan biaya operasional yang relatif rendah.

Saat ini, enzim yang berasal dari mikroorganisme telah digunakan secara luas untuk pemrosesan makanan, pembuatan detergen, industri tekstil, farmasi, medis, kimia bioorganik dan biologi molekuler. Namun, enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme berbeda akan memiliki aktivitas dan spesifisitas terhadap substrat yang berbeda juga. Oleh karena itu, upaya untuk pencarian enzim yang baru terus dilakukan (Govindharaj dkk., 2016).

Pencarian enzim dari mikroorganisme yang hidup di ekosistem yang tak biasa seringkali menarik perhatian industri karena umumnya enzim yang dihasilkan memiliki karakteristik unik, seperti produktivitas dan spesifisitas tinggi, biaya produksi yang rendah, memiliki toleransi tinggi terhadap inhibitor, stabil pada kondisi ekstrem (Khetmalas dkk., 2013). Salah satu mikroorganisme yang sering menjadi target eksplorasi adalah *Actinobacteria*.

Actinobacteria memiliki habitat unik yang meliputi daratan dan perairan. Sifat dan fungsi biologis *Actinobacteria* ini sangat

bergantung pada sumber tempat *Actinobacteria* diisolasi. Karakteristik fisiologis, biokimia, molekuler dan jalur metabolisme *Actinobacteria* air akan berbeda dengan *Actinobacteria* darat, terlebih untuk lingkungan dengan kondisi yang ekstrem seperti salinitas tinggi, pH rendah, temperatur tinggi, dan sebagainya (Janaki, 2017). Berdasarkan fakta tersebut, *Actinobacteria* menjadi favorit para peneliti dan pegiat industri untuk dieksplorasi serta dijadikan sebagai sumber biokatalis terbarukan. Beberapa contoh enzim komersial yang berasal dari *Actinobacteria* di antaranya: selulase, protease, keratinase, amilase, xilanase, lipase, kitinase dan pektinase [Tabel 1] (Mukhtar dkk., 2018).

Selulase

Enzim selulase termasuk ke dalam kelompok enzim hidrolitik yang dapat menghidrolisis ikatan glikosidik pada selulosa dan turunan *cello-digosaccharide* (Ito, 1997). Salah satu penghasil enzim selulase yang terbanyak adalah genus *Streptomyces* (Jang dan Chang 2005). Selulase dari galur *Streptomyces sp.* dilaporkan memiliki pH optimum pada suasana basa dan bersifat stabil pada temperatur tinggi. Enzim ini digunakan dalam

pemrosesan detergen, tekstil, kertas, dan pakan hewan. Selain *Streptomyces*, ada beberapa genus seperti *Thermobifida* dan *Micromonospora* yang menghasilkan selulase rekombinan, yang dapat dimanfaatkan secara komersial (Zhang dkk., 2011).

Tabel 1. Enzim-enzim penting komersial yang diproduksi *Actinobacteria*

Enzim	Galur	Spesifisitas substrat	Aplikasi industri
Selulase	<i>Streptomyces ruber</i>	CMC	Detergen
	<i>Thermobifida halotolerans</i>	CMC	Kertas, Tekstil
Protease	<i>Streptomyces pactum</i>	Casein	Farmasi, kulit
	<i>Streptomyces thermoviolaceus</i>	Keratin	Detergen, Makanan,
Keratinase	<i>Actinomadura keratinilytica</i>	Keratin	Kulit
Amilase	<i>Streptomyces erumpens</i>	Pati	Detergen
	<i>Thermobifida fusca</i>	Pati	Kertas, Tekstil
Xilanase	<i>Streptomyces spp.</i>	Xylan	Kertas
	<i>Actinomadura sp.</i>	Xylan	Pakan
Lipase	<i>Streptomyces exfoliates</i>	Triasilgliserida	Kertas
	<i>Nocardiosis alba</i>	Triasilgliserida	Detergen, Kosmetik
Kitinase	<i>Streptomyces thermoviolaceus</i>	koloid kitin	Tekstil
	<i>Nocardiosis prasina</i>	koloid kitin	Kulit
Pektinase	<i>Streptomyces lydicus</i>	Asam poligalakturonat	Minuman, Tekstil

Amilase

Enzim amilase berperan penting dalam proses konversi pati menjadi sirup maltosa dan fruktosa. Permintaan akan enzim amilase mencapai sekitar 25% pada pasar global enzim. Selama tiga dekade terakhir, enzim amilase yang bersumber dari mikroba telah memberikan kontribusi besar pada industri pengolahan pati, salah satunya adalah *Actinobacteria*. Berdasarkan survey literatur, *Actinobacteria* penghasil

enzim amilase yang paling menjanjikan adalah galur *Streptomyces hygroscopicus* dan *Streptomyces praecox*. Keduanya sudah digunakan dalam industri untuk pembuatan sirup dengan kadar maltosa yang tinggi. Selain kedua galur tadi, ada juga *thermophilic Actinobacteria* yang menarik perhatian, yakni *Thermomonospora vulgaris* yang mampu menghasilkan enzim amilase yang aktif dan stabil pada suhu 60-70 °C dan pada pH sedikit asam

hingga netral (Kuo dan Hartman, 1967).

Protease

Protease secara umum diklasifikasikan menjadi dua jenis, eksopeptidase (memotong ikatan peptida dari ujung rantai protein) dan endopeptidase (memotong ikatan peptida dalam protein). Enzim ini menjadi kebutuhan utama bagi berbagai industri dan memenuhi lebih dari 65% pasar global enzim. Beberapa studi telah melaporkan bahwa

Actinobacteria dari genus *Streptomyces*, *Nocardia*, dan *Nocardiopsis* dapat memproduksi enzim protease yang bersifat toleran terhadap stres abiotik seperti pH, temperatur dan salinitas tinggi (Wietzorrek dan Bibb, 1997).

Keratinase

Keratinase merupakan protease spesifik yang dapat menghidrolisis keratin. Keratin termasuk salah satu protein hewan yang sulit didegradasi, strukturnya tersusun atas α -helix dan β -sheet dengan derajat ikatan disulfida yang tinggi (Balachandran dkk., 2012). Keratinase yang digunakan dalam industri banyak dihasilkan oleh

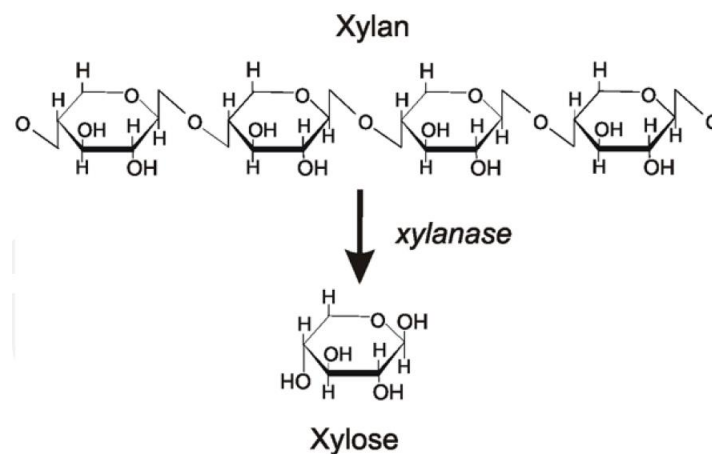
Actinobacteria galur *Streptomyces spp.* dan *Actinomadura* (Habbeche dkk., 2014). Enzim ini digunakan untuk mendaur ulang limbah keratin, dari bulu ayam, kuku, rambut dan wol.

Lipase

Sejumlah *Actinobacteria* seperti *Streptomyces exfoliates* dan *Nocardiopsis alba* diketahui dapat memproduksi enzim lipase sehingga dapat menghidrolisis ikatan ester pada trigliserida menjadi gliserol dan asam lemak (Gandhimathi dkk., 2009). Enzim ini digunakan secara luas dalam pemrosesan minyak dan lemak, kosmetik, diagnosis dan detergen.

Xilanase

Xilan, komponen yang mendominasi hemiselulosa, dapat didegradasi oleh enzim Xilanase (Gambar 3). Berdasarkan kemampuan tersebut, enzim ini banyak diaplikasikan terutama dalam industri kertas (Chen dkk., 1997). *Actinobacteria* adalah salah satu penyumbang enzim xilanase, terutama dari genus *Streptomyces*. Selain *Streptomyces*, yang menarik adalah enzim xilanase dari genus *Thermoactinomyces* dan *Actinomadura* yang bersifat *thermostable*, dengan suhu optimum mencapai 70°C (Mukhtar dkk., 2018)



Gambar 3. Struktur *xylan* dan *xylose*

Pektinase

Enzim pektinase banyak digunakan dalam industri makanan untuk ekstraksi dan penguraian anggur, jus, minyak dan bumbu

penyedap. Poligalakturonase merupakan salah satu pektinase penting yang digunakan secara luas di berbagai industri berbeda. *Pektinase* dari

Actinobacteria, diproduksi dari genus *Streptomyces* seperti *Streptomyces lydicus* (Jacob dkk., 2008).

Kitinase

Kitin merupakan polimer terbanyak kedua di alam. Polisakarida ini ditemukan pada dinding sel fungi, eksoskeleton serangga dan cangkang *crustaceans* (kepiting, udang dan sebagainya). Kitin ini dapat diubah menjadi mono atau oligosakarida oleh enzim kitinase. Kitinase dari galur *Streptomyces thermociolaceus* dan *Microbispora sp.* digunakan untuk memperoleh *chitobiose*, antioksidan potensial yang banyak diaplikasikan dalam industri makanan dan biomedis (Bhattacharya dkk., 2007). Selain itu, kitinase dari galur *Nocardiopsis prasina* sangat bermanfaat untuk menghidrolisis oligosakarida chitin menjadi produk yang dapat diaplikasikan sebagai agen antioksidan, antimikroba, antikanker, antikoagulan, dan antitumor (Horikoshi, 1999).

Kesimpulan

Enzim menjadi salah satu biokatalis yang potensial untuk banyak reaksi kimia dan biologi. Enzim yang berasal mikroorganisme telah digunakan secara luas di berbagai industri seperti industri makanan, tekstil, kosmetik, dan farmasi. Mikroorganisme, khususnya *Actinobacteria* merupakan sumber enzim alternatif yang efisien karena dapat dikultur

dalam jumlah yang besar melalui fermentasi dan biaya produksi enzim relatif rendah. Oleh karena itu, permintaan enzim dari mikroorganisme terus meningkat secara drastis. Industri berlomba-lomba mencari berbagai galur mikroorganisme penghasil enzim untuk memenuhi permintaan pasar. Salah satu sumber biokatalis yang sangat potensial untuk dieksplorasi dan dikembangkan adalah *Actinobacteria*, yang keberadaannya begitu melimpah dan memiliki karakteristik unik serta beragam. Dalam beberapa tahun ke depan, enzim-enzim baru dari *Actinobacteria* bukan tidak mungkin dapat mendominasi pasar global enzim dan industri-industri di dunia.

Daftar Pustaka

Balachandran C, Duraipandiyar V, dan Ignacimuthu S. (2012) : Purification and Characterization of Protease Enzyme from Actinomycetes and Its Cytotoxic Effect on Cancer Cell Line (A549), *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 2 (1), S392–400.

Bérdy J. (2005) : Bioactive Microbial Metabolites, *The Journal of Antibiotics*, 58 (1), 1–26.

Bhattacharya, Debaditya, Anand N, dan Rajinder KG. (2007) : Bacterial Kitinases: Properties and Potential, *Critical Reviews in Biotechnology*, 27 (1), 21–28.

Bizuye, Abebe, Feleke M, dan Berhanu A. (2013) : Isolation and Screening of Antibiotic Producing Actinomycetes from Soils in Gondar Town, North West Ethiopia, *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 3 (5), 375–81.

Chavan DV. (2013) : A Review On Actinomycetes and Their Biotechnological Application, *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 4 (5), 1730–42.

Chen, Chih C, Ryan A, Jeffrey FDD, Karl ELE, Michael WWA, dan Janet W. (1997) : Release of Lignin from Kraft Pulp by a Hyperthermophilic Xylanase from *Thermotoga Maritima*, *Enzyme and Microbial Technology*, 20 (1), 39–45.

Das, Surajit PSL, dan Ajmal K. (2013) : Distribution and Generic Composition of Culturable Marine Actinomycetes from the Sediments of Indian Continental Slope of Bay of Bengal, *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 26 (2), 166–77.

Gandhimathi R, Seghal K, Hema TA, Joseph S, Rajeetha Ri, dan

- Shanmughapriya S. (2009) : Production and Characterization of Lipopeptide Biosurfactant by a Sponge-Associated Marine Actinomycetes *Nocardioopsis Alba MSA10*, *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 32 (6), 825–35.
- Govindharaj V, Ramasamy V, dan Dharmadurai D. (2016) : Actinobacteria - A Biofactory of Novel Enzymes, *Intech*, 13.
- Habbeche, Amina, Boudjema S, Bassem J, Soumaya H, Bilal K, Mokhtar B, Abdelmalek B, dan Ali L. (2014) : Purification and Biochemical Characterization of a Detergent-Stable Keratinase from a Newly Thermophilic Actinomycete *Actinomadura Keratinilytica strain Cpt29* Isolated from Poultry Compost, *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 117 (4), 413–21.
- Horikoshi K. (1999) : Alkaliphiles: Some Applications of Their Products for Biotechnology, *Microbiology and Molecular Biology Reviews : MMBR*, 63 (4), 735–50.
- Ito S. (1997) : Alkaline Selulases from Alkaliphilic *Bacillus* : Enzymatic Properties, Genetics, and Application to Detergents, *Extremophiles*, 1 (2), 61–66.
- Jacob N, Ashapoorna C, dan Prema P. (2008) : Purification and Partial Characterization of Polygalacturonase from *Streptomyces Lydicus*, *Bioresource Technology*, 99 (14), 6697–6701.
- Jaeger, KE. (2004) : Protein Technologies and Commercial Enzymes: White Is the Hype - Biocatalysts on the Move, *Current Opinion in Biotechnology*, 15 (4), 269–71.
- Janaki T. (2017) : Enzymes From Actinomycetes – Review.” *International Journal of ChemTech Research*, 10 (2), 176–82.
- Jang, Hung D, dan Ku-Shang C. (2005) : Thermostable Selulases from *Streptomyces* sp.: Scale-up Production in a 50-l Fermenter, *Biotechnology Letters*, 27 (4), 239–42.
- Jemli, Sonia, Dorra AZ, Hajer BH, dan Samir B. (2016) : Biocatalysts: Application and Engineering for Industrial Purposes, *Critical Reviews in Biotechnology*, 36 (2), 246–58.
- Jensen PR, Dwight R, dan Fenical W. (1991) : Distribution of Actinomycetes in Near-Shore Tropical Marine Sediments, *Applied and Environmental Microbiology*, 57 (4), 1102–8.
- Khetmalas, Madhukar, Manish B, Abul M, Mansi P, Neelu N, Divya P, dan Balasaheb K. (2013) : Actinomycetes: A Repertory of Green Catalysts with a Potential Revenue Resource, *BioMed Research International*, 1–8.
- Kirk, Ole, Torben VB, dan Claus CF. (2002), Industrial Enzyme Applications, *Current Opinion in Biotechnology*, 13 (4), 345–51.
- Kuo MJ dan Hartman PA (1967) : Purification And Partial Characterization Of *Thermoactinomyces vulgaris* amilase, *Canadian Journal of Microbiology*, 13 (9), 1157–63.
- Mukhtar, Salma, Ahmad Z, Dalaq A, Kauser AM, dan Samina M. (2018) : Actinomycetes: A Source of Industrially Important Enzymes, *Journal of Proteomics & Bioinformatics*, 10 (12).
- Nahed EM. (2011) : Evaluation of Biological Compounds of *Streptomyces* Species for Control of Some Fungal Diseases, *Science*, 7 (4), 752–60.
- Ranjani, Anandan, Dharumadurai D, dan Ponnusamy MG. (2016) : An Introduction to Actinobacteria, Basics and Biotechnological Applications, *InTech*. <https://doi.org/10.5772/62329>.

- Solecka, Jolanta, Joanna Z, Magdalena P, dan Aleksandra R. (2012) : Biologically Active Secondary Metabolites from Actinomycetes, *Central European Journal of Biology*, 7 (3), 373–90.
- Tao, Junhua, dan Jian-He X. (2009) : Biocatalysis in Development of Green Pharmaceutical Processes, *Current Opinion in Chemical Biology*, 13 (1), 43–50.
- Wietzorrek A dan Bibb M. (1997) : A Novel Family of Proteins That Regulates Antibiotic Production in Streptomyces Appears to Contain an OmpR-like DNA-Binding Fold, *Molecular Microbiology*, 25 (6), 1181–84.
- Zhang, Feng, Jiu-Jiu C, Wan-Zeng R, Guo-Xing N, Hong M, Shu-Kun T, dan Wen-Jun L. (2011) : Cloning, Expression and Characterization of an Alkaline Thermostable GH9 Endoglucanase from Thermobifida Halotolerans YIM 90462T, *Bioresource Technology*, 102 (21), 10143–46.