

Karakteristik dan Potensi Enzimatis Bakteri Asal Tanah Sampah Dapur dan Kotoran Ternak sebagai Kandidat Agen Biodegradasi Sampah Organik

Taruna Dwi Satwika^{1*}, Dwiana Muflihah Yulianti², Arif Rahman Hikam³

^{1,2,3}Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto

Abstract

Composting is an alternative for recycling organic waste. Microorganisms that can degrade the components of organic waste are an essential part of composting. Isolation and selection of bacteria with the ability to degrade the elements of organic waste are the first steps to obtain an organic waste degrading agent. This study aimed to determine the characteristics and the enzymatic potential (cellulolytic, amyolytic, and proteolytic) of bacteria isolated from soil, cow dung and kitchen waste as candidates for organic waste degradation agents. The research begins with sampling and isolation of bacteria. The isolates obtained were tested qualitatively for their amyolytic, cellulolytic and proteolytic activities. Furthermore, bacterial isolates were characterized morphologically and biochemically. A total of 30 bacterial isolates were isolated from soil samples, cow dung and kitchen waste. The screening result showed that 6 isolates had amyolytic activity, 7 isolates had cellulolytic activity and 3 isolates had proteolytic activity. These bacterial isolates showed various morphological and biochemical characteristics. In general, soil samples, kitchen waste and cow dung contain potential bacteria as organic waste degrading agents

Keywords: Amyolytic bacteria; Cellulolytic bacteria; Organic waste; Proteolytic bacteria

Abstrak

Pengomposan merupakan suatu alternatif untuk mendaur ulang sampah organik. Mikroorganisme unggul yang mampu mendegradasi komponen-komponen penyusun sampah organik merupakan bagian penting dalam pengomposan. Isolasi dan seleksi bakteri dengan kemampuan degradasi komponen-komponen penyusun sampah organik merupakan tahapan awal untuk mendapatkan agen pendegradasi sampah organik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan potensi selulolitik, amilolitik, dan proteolitik bakteri asal tanah, kotoran ternak sapi dan sampah dapur sebagai kandidat agen pendegradasi sampah organik. Penelitian diawali dengan pengambilan sampel dan isolasi bakteri. Isolat-isolat yang diperoleh diuji potensi enzimatisnya secara kualitatif, meliputi aktivitas amilolitik, selulolitik, dan proteolitik. Selanjutnya isolat bakteri dengan aktivitas enzimatis dikarakterisasi secara morfologi dan biokimia. Sebanyak 30 isolat bakteri berhasil diisolasi dari sampel tanah, kotoran ternak sapi dan sampah dapur. Hasil penapisan menunjukkan bahwa sebanyak 6 isolat memiliki aktivitas amilolitik, 7 isolat memiliki aktivitas selulolitik dan 3 isolat menunjukkan aktivitas proteolitik. Isolat-isolat bakteri tersebut menunjukkan karakteristik morfologi dan biokimia yang beragam. Secara umum, sampel tanah, sampah dapur dan kotoran sapi mengandung bakteri potensial sebagai agen pendegradasi sampah organik.

Kata kunci: Bakteri amilolitik; Bakteri proteolitik; Bakteri selulolitik; Sampah organik,

* Corresponding Author: **Taruna Dwi Satwika**, email : tarunadwisatwika@unsoed.ac.id. Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Jl. dr. Suparno 63 Grendeng Purwokerto Utara Kabupaten Banyumas Jawa Tengah, 53122, Indonesia.

Pendahuluan

Pertambahan populasi penduduk menyebabkan produksi sampah organik terus meningkat dan mengakibatkan penumpukan. Namun, sampah organik umumnya dikumpulkan di tempat pembuangan akhir dan dibiarkan terdekomposisi secara alami sehingga kehilangan potensi untuk didaur ulang (Chiarelto et al., 2018). Pengomposan berpotensi sebagai alternatif yang dapat dilakukan untuk mendaur ulang sampah organik. Mikroorganisme telah dikenal sebagai organisme dekomposer karena mampu mendegradasi bahan-bahan organik untuk keberlangsungan siklus biogeokimia di alam.

Berbagai bakteri telah terbukti memiliki kemampuan untuk mendegradasi komponen-komponen penyusun sampah organik dan mempercepat dekomposisi. Akhtar *et al.*, (2013) melaporkan bahwa pemberian *Bacillus* sp. AS3 mampu menurunkan rasio C/N, residu selulosa, dan kandungan karbon lebih tinggi dibanding kontrol setelah 90 hari dekomposisi sampah dedaunan. Kombinasi berbagai jenis mikroorganisme juga dilaporkan mampu mempercepat permulaan proses dekomposisi, meningkatkan laju humifikasi, memperpendek waktu pematangan kompos, dan meningkatkan detoksifikasi material awal (Echeverria et al., 2011).

Isolasi dan seleksi bakteri dengan kemampuan degradasi komponen-komponen penyusun sampah organik merupakan tahapan awal untuk mendapatkan isolat bakteri agen dekomposer unggul. Berbagai isolat bakteri potensial pendegradasi sampah telah dilaporkan berhasil diisolasi dari berbagai sampel, antara lain sampah perkotaan (Maki et al., 2012), tanah hutan tropis (Woo et al., 2014), tanah sekitar tempat pembuangan akhir (TPA) (Rashid et al., 2017), dan kotoran sapi (Akhtar et al., 2013). Namun, penelitian yang telah dilaporkan masih terbatas pada potensi selulolitik sehingga hanya dapat digunakan untuk dekomposisi serasah daun, sisa hasil pertanian dan kertas bekas.

Isolat bakteri pendegradasi sampah organik harus memiliki kemampuan dalam mendegradasi komponen-komponen yang

terkandung dalam sampah organik. Komponen-komponen penyusun sampah organik yang menjadi target biodegradasi, yaitu selulosa (Akhtar et al., 2013; Jabir & Jabir, 2016), amilum (Krishna & Mohan, 2017), dan protein (Krishna & Mohan, 2017; Mazzucotelli et al., 2013), sehingga penelitian ini dilakukan untuk menguji aktivitas bakteri dalam mendegradasi selulosa, amilosa dan protein. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dan potensi selulolitik, amilolitik, dan proteolitik bakteri asal tanah, kotoran ternak sapi dan sampah dapur sebagai kandidat agen pendegradasi sampah organik.

Metode Penelitian

Pengambilan Sampel dan Isolasi Bakteri

Isolat bakteri diperoleh dari sampel tanah, sampah dapur dan kotoran sapi. Sampel tanah diperoleh dari halaman bagian selatan Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, sampel sampah dapur diambil dari tempat pembuangan sampah kantin Fakultas Biologi, dan sampel kotoran ternak diambil dari Experimental Farm Fakultas Peternakan Universitas Jenderal Soedirman.

Sebanyak 10 gram masing-masing sampel dimasukkan ke dalam 90 mL akuades steril dan dishaker selama 1 jam pada kecepatan 150 rpm. Suspensi yang dihasilkan kemudian diencerkan secara bertingkat menggunakan akuades steril dan sebanyak 100 μ l suspensi dari pengenceran 10^{-5} , 10^{-6} dan 10^{-7} diinokulasikan secara duplo menggunakan metode *spread plate* pada media *Nutrient Agar* (NA) (Oxoid) di cawan petri steril. Inkubasi media NA dilakukan selama 48 jam pada suhu ruangan. Koloni bakteri yang menunjukkan karakter morfologi berbeda dimurnikan dengan metode gores kuadran.

Uji Potensi Enzimatis secara Kualitatif

Uji Selulolitik

Isolat bakteri ditumbuhkan pada medium *carboxymethyl cellulose* (CMC) Agar (Islam & Roy, 2018) secara goresan spot. Media CMC diinkubasi selama 24 jam pada suhu ruang. Kemudian, Congo-red 0,1% (w/v) dituangkan ke medium hingga seluruh permukaan medium terendam. Perendaman dilakukan selama 20

menit. Kemudian medium dibilas dengan larutan NaCl 1 M. Diameter (mm) zona jernih dan diameter koloni diukur. Aktivitas degradasi selulosa ditunjukkan dengan nilai indeks selulolitik. Indeks selulolitik diperoleh dari rasio antara diameter zona jernih dengan diameter koloni.

Uji Amilolitik

Isolat bakteri ditumbuhkan pada medium *starch agar* (SA) (Lal & Cheeptham, 2012) secara goresan spot. Media SA diinkubasi selama 24 jam pada suhu ruang. Kemudian larutan Lugol's iodine dituangkan ke medium. Diameter (mm) zona jernih dan diameter koloni diukur. Aktivitas degradasi amilum ditunjukkan dengan nilai indeks amilolitik. Indeks amilolitik diperoleh dari rasio antara diameter zona jernih dengan diameter koloni.

Uji Proteolitik

Isolat bakteri ditumbuhkan pada medium *skim milk agar* (SMA) (HiMedia) secara goresan spot. Inkubasi dilakukan selama 24 jam pada suhu ruang. Terbentuknya zona jernih disekitar koloni diamati. Diameter (mm) zona jernih dan diameter koloni diukur. Aktivitas degradasi protein ditunjukkan dengan nilai indeks proteolitik. Indeks proteolitik diperoleh dari rasio antara diameter zona jernih dengan diameter koloni.

Karakterisasi Isolat Bakteri

Karakterisasi Morfologi

Isolat-isolat yang memiliki potensi untuk mendegradasi sampah organik dikarakterisasi secara morfologis. Isolat bakteri murni diamati karakter fenotipiknya, yaitu warna koloni, bentuk koloni, tepi koloni, elevasi koloni dan karakteristik optik. Isolat juga dikarakterisasi secara mikroskopis menggunakan teknik pewarnaan Gram untuk melihat bentuk sel dan sifat Gram.

Uji Katalase

Sebanyak 1 ose isolat bakteri diulaskan di atas *object glass* menggunakan jarum ose. Reagen H₂O₂ kemudian diteteskan di atas ulasan isolat bakteri. Interpretasi positif ditandai

dengan tidak adanya gelembung gas di atas ulasan isolat.

Uji Oksidase

Isolat bakteri diambil sebanyak 1 ose dan diulaskan pada kertas saring. Kertas saring ditetesi dengan 1-2 tetes reagen (*tetramethyl-D-phenylenediamine dihydrochloride*). Interpretasi positif ditandai dengan adanya perubahan warna menjadi biru marun pada ulasan bakteri.

Hasil Penelitian dan Pembahasan

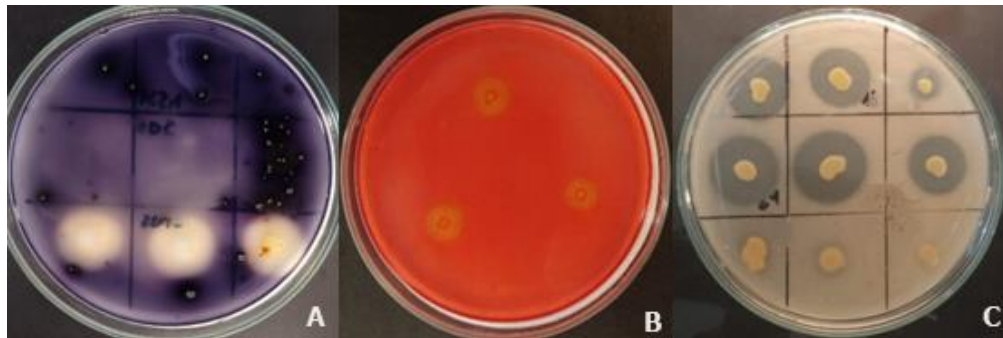
Sebanyak 30 isolat bakteri dengan karakter morfologi koloni berbeda berhasil diisolasi dari sampel tanah, sampah dapur dan kotoran sapi. Seluruh isolat diskriming pada medium CMC agar, SA, dan SMA untuk menguji aktivitas selulolitik, amilolitik, dan proteolitik secara kualitatif. Pengujian secara kualitatif merupakan tahapan awal dalam melihat potensi enzimatis isolat bakteri untuk mendegradasi komponen yang terkandung dalam sampah organik.

Sebanyak 6 dari 30 (20%) isolat menunjukkan aktivitas amilolitik, yaitu Tn6, Tn8, Tn9, Tn11, Tn13, dan SD10. Hal ini ditunjukkan dengan zona jernih disekitar koloni (Gambar 1a). Zona jernih / transparan di sekitar koloni bakteri dengan latar belakang kebiruan mengindikasikan aktivitas hidrolisis amilum oleh bakteri (Awan et al., 2018). Reagen iodine yang digunakan sebagai indikator akan menghasilkan warna kebiruan apabila membentuk kompleks dengan polimer karbohidrat yang terdapat pada medium pertumbuhan bakteri. Terbentuknya zona jernih menunjukkan bahwa enzim amilase ekstraseluler bakteri telah mendegradasi amilum menjadi gula sederhana.

Sebanyak 7 dari 30 (23%) isolat menunjukkan aktivitas selulolitik, yaitu Tn6, Tn13, SD1, SD5, KS1, KS3, dan KS4. Hal ini ditunjukkan dengan zona jernih disekitar koloni (Gambar 1b). Zona jernih terbentuk karena kandungan CMC dalam medium telah didegradasi oleh enzim selulase ekstraseluler bakteri menjadi molekul yang lebih sederhana. Reagen Congo-red hanya dapat berinteraksi dengan β -(1-4)-D-glukan dalam CMC sehingga membentuk warna merah.

Gambar 1

Aktivitas Enzimatis Isolat Bakteri. A. Amilolitik; B. Selulolitik; C. Proteolitik.



Tabel 1

Jumlah Isolat dan Hasil Skrining Aktivitas Amilolitik, Selulolitik, dan Proteolitik

Sampel	Jumlah Isolat	Penapisan		
		Amilolitik	Selulolitik	Proteolitik
Tanah	14	5	2	3
Kotoran Sapi	6	0	3	0
Sampah Dapur	10	1	2	0
Total	41	6	7	3

Bakteri proteolitik tidak ditemukan pada sampel sampah dapur. Hal ini diduga karena sampah dapur yang kami ambil didominasi oleh sisa makanan dari tanaman seperti nasi dan sayuran. Oleh karena itu, bakteri yang terpicu pertumbuhannya adalah bakteri selulolitik dan amilolitik. Beberapa penelitian telah melaporkan keberadaan bakteri selulolitik dan amilolitik pada sampah rumah tangga (Hasan et al., 2017; Maki et al., 2012). Hal menarik ditunjukkan pada sampel kotoran sapi. Hanya bakteri selulolitik yang terdeteksi pada sampel tersebut. Dominasi bakteri selulolitik kemungkinan terjadi karena kandungan selulosa yang masih dominan pada kotoran sapi. Keberadaan bakteri selulolitik pada kotoran sapi telah banyak dilaporkan (Akhtar et al., 2013; Chahar & Prakash, 2017).

Aktivitas selulolitik, amilolitik, dan proteolitik ditunjukkan pada Tabel 2. Indeks selulolitik, amilolitik, dan proteolitik secara berurutan berkisar dari 1,14-2,35; 0,42-2,72; dan 1,26-1,99 (Tabel 2). Indeks selulolitik, amilolitik dan proteolitik tertinggi secara berurutan ditunjukkan oleh isolat KS4, Tn13, dan Tn24. Nilai indeks selulolitik, amilolitik, dan proteolitik lebih dari 1 menunjukkan bahwa diameter zona jernih lebih besar dari diameter koloni. Hal ini menunjukkan bahwa isolat bakteri menghasilkan enzim ekstraseluler.

Sebanyak 2 isolat menunjukkan aktivitas selulolitik dan amilolitik, yaitu isolat Tn6 dan Tn13. Kedua isolat tersebut diisolasi dari tanah. Hasil yang sama ditunjukkan oleh penelitian Sarkar et al., (2011) yang berhasil memperoleh isolat bakteri asal tanah dengan kemampuan selulolitik dan amilolitik.

Tabel 1

Jumlah Isolat dan Hasil Skrining Aktivitas Amilolitik, Selulolitik, dan Proteolitik

Kode Isolat	Asal Isolat	Indeks Selulolitik	Indeks Amilolitik	Indeks Proteolitik
Tn2	Tanah	-	-	1,26±0,07
Tn3	Tanah	-	-	1,52±0,15
Tn6	Tanah	2,30±0,26	2,12±0,11	-
Tn8	Tanah	-	1,35±0,08	-
Tn9	Tanah	-	1,92±0,56	-
Tn11	Tanah	-	0,42±0,72	-
Tn13	Tanah	1,21±0,14	3,43±0,36	-
Tn24	Tanah	-	-	1,99±0,34
SD1	Sampah Dapur	2,05±0,27	-	-
SD5	Sampah Dapur	1,14±0,03	-	-
SD10	Sampah Dapur	-	2,53±0,09	-
KS1	Kotoran Sapi	1,24±0,05	-	-
KS3	Kotoran Sapi	1,71±0,29	-	-
KS4	Kotoran Sapi	2,35±0,22	-	-

Tabel 2

Jumlah Isolat dan Hasil Skrining Aktivitas Amilolitik, Selulolitik, dan Proteolitik

Kode Isolat	Morfologi Koloni					Morfologi Sel		Oksidase	Katalase
	Bentuk	Warna	Elevasi	Margin	Karakter optik	Bentuk	Gram		
Tn2	Sirkuler	Putih	Raised	Entire	Opaque	Coccus	+	-	+
Tn3	Sirkuler	Kuning	Raised	Entire	Opaque	Coccus	+	+	+
Tn6	Sirkuler	Krem	Raised	Entire	Opaque	Coccus	+	+	+
Tn8	Irregular	Orange	Raised	Lobate	Translucent	Coccus	+	+	+
Tn9	Irregular	Krem	Flat	Undulate	Opaque	Coccus	+	+	+
Tn11	Sirkuler	Bening	Raised	Entire	Translucent	Coccus	+	+	+
Tn13	Sirkuler	Putih	Raised	Entire	Translucent	Basil	+	+	+
Tn24	Sirkuler	Kuning	Raised	Entire	Opaque	Coccus	+	+	+
SD1	Sirkuler	Krem	Flat	Entire	Opaque	Basil	-	+	+
SD5	Irregular	Putih	Flat	Undulate	Translucent	Basil	+	+	+
SD10	Sirkuler	Krem	Raised	Entire	Opaque	Coccus	+	+	+
KS1	Sirkuler	Krem	Flat	Entire	Opaque	Basil	-	+	+
KS3	Sirkuler	Krem	Flat	Entire	Translucent	Basil	+	+	+
KS4	Irregular	Krem	Flat	Lobate	Opaque	Basil	-	-	+

Isolat bakteri selulolitik, amilolitik, dan proteolitik yang diperoleh menunjukkan keragaman karakter baik dari segi morfologi koloni maupun morfologi sel (Tabel 3). Berdasarkan karakter morfologi sel, 8 isolat merupakan bakteri gram positif coccus, 3 isolat gram positif basil dan 3 isolat gram negatif basil. Isolat-isolat bakteri dengan kemampuan selulolitik, proteolitik, dan amilolitik yang diperoleh didominasi oleh bakteri Gram positif. Beberapa penelitian sebelumnya mendukung hasil tersebut. Sebanyak 7 dari 8 isolat bakteri amilolitik yang diisolasi dari tanah dan sampah merupakan bakteri Gram positif (Saha et al., 2019).

Sebanyak 12 isolat menunjukkan sifat oksidase positif dan katalase positif, sedangkan 2 isolat menunjukkan oksidase negatif dan katalase positif (Tabel 3). Bakteri aerob dan fakultatif anaerob umumnya mampu menghasilkan enzim katalase (Madigan et al., 2015). Enzim katalase berperan dalam mendegradasi hidrogen peroksida (H_2O_2) yang bersifat toksik menjadi air dan oksigen. Uji oksidase merupakan uji biokimia untuk mendeteksi adanya sitokrom oksidase. Sitokrom oksidase merupakan enzim yang berperan dalam rantai transport elektron pada respirasi aerobik. Hasil uji katalase dan oksidase menunjukkan bahwa 12 isolat merupakan bakteri obligat aerob, sedangkan 2 isolat diduga merupakan fakultatif anaerob. Hasil ini sejalan dengan Akhtar et al. (2013) yang mendapatkan 3 isolat dengan aktivitas katalase dan oksidase. Metode isolasi yang digunakan mempengaruhi karakteristik isolat yang diperoleh. Inkubasi medium pertumbuhan pada saat isolasi pada penelitian ini dilakukan dalam keadaan aerobik sehingga mendukung pertumbuhan bakteri aerob

maupun fakultatif anaerob. Sedangkan bakteri obligat anaerob akan terhambat.

Isolat-isolat bakteri dengan aktivitas selulolitik, amilolitik, dan proteolitik yang diperoleh membuktikan bahwa tanah, sampah dapur dan kotoran sapi merupakan sumber bakteri potensial sebagai pendegradasi sampah organik. Isolat-isolat bakteri yang diperoleh masih perlu diuji lebih lanjut aktivitas enzimatisnya secara kuantitatif dan kemampuannya dalam mendegradasi sampah organik. Selain itu, isolat bakteri yang diperoleh belum diketahui identitas spesiesnya sehingga perlu dilakukan karakterisasi biokimia dan molekuler untuk mengetahui identitasnya.

Simpulan dan Saran

Simpulan

Sebanyak 30 isolat bakteri berhasil diisolasi dari tanah, sampah dapur dan kotoran sapi. Dari 30 isolat tersebut, 7 isolat menunjukkan aktivitas selulolitik, 6 isolat menunjukkan aktivitas amilolitik, dan 3 isolat menunjukkan aktivitas proteolitik. Berdasarkan sifat morfologi dan biokimia, isolat-isolat bakteri yang memiliki aktivitas selulolitik, amilolitik, dan proteolitik menunjukkan karakteristik yang berbeda-beda. Isolat-isolat bakteri dengan aktivitas selulolitik, amilolitik dan proteolitik berpotensi sebagai kandidat agen pendegradasi sampah organik.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Jenderal Soedirman atas dukungan berupa dana penelitian yang bersumber dari DIPA UNSOED Tahun Anggaran 2020.

Daftar Pustaka

- Akhtar, N., Sharma, A., Deka, D., Jawed, M., Goyal, D., & Goyal, A. (2013). Characterization of cellulase producing *Bacillus* sp. for effective degradation of leaf litter biomass. *Environmental Progress and Sustainable Energy*. <https://doi.org/10.1002/ep.11726>
- Awan, K., Jabeen, F., Manzoor, M., & Qazi, J. I. (2018). Potential of thermophilic amyolytic bacteria for growth in unconventional media: Potato peels. *Journal of Food Process Engineering*, 41(1), 1–7. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12635>
- Chahar, P. J., & Prakash, A. (2017). *Isolation and Molecular Characterization of Cellulolytic Microbes From Cow Dung*. 6(1), 1–4.
- Chiarelto, M., Bottin, W. C., Spicker, C. E., Duarte, S. S., Chiarelto, M., & Bortoli, M. M. (2018). Composting of household organic waste: effect on control parameters and final compound quality. *Revista Agro@Mambiente On-Line*, 12(4), 272. <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v12i4.5126>
- Echeverria, M. C., Cardelli, R., Bedini, S., Agnolucci, M., Cristani, C., Saviozzi, A., & Nuti, M. (2011). Composting Wet Olive Husks with a Starter Based on Oil-Depleted Husks Enhances Compost Humification. *Compost Science and Utilization*, 19(3), 182–188. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2011.10736998>
- Hasan, M. M., Marzan, L. W., Hosna, A., Hakim, A., & Azad, A. K. (2017). Optimization of some fermentation conditions for the production of extracellular amylases by using *Chryseobacterium* and *Bacillus* isolates from organic kitchen wastes. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 15(1), 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2017.02.009>
- Islam, F., & Roy, N. (2018). Screening, purification and characterization of cellulase from cellulase producing bacteria in molasses. *BMC Research Notes*. <https://doi.org/10.1186/s13104-018-3558-4>
- Jabir, D. M., & Jabir, M. M. (2016). A study of biodegradation of paper wastes by using bacteria isolated from the soil. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences*, 18(3), 777–780. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33601.97124>
- Jini, R., Swapna, H. C., Rai, A. K., Vrinda, R., Halami, P. M., Sachindra, N. M., & Bhaskar, N. (2011). Isolation and characterization of potential lactic acid bacteria (LAB) from freshwater fish processing wastes for application in fermentative utilisation of fish processing waste. *Brazilian Journal of Microbiology*. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822011000400039>
- Krishna, M. P., & Mohan, M. (2017). Litter decomposition in forest ecosystems: a review. *Energy, Ecology and Environment*, 2(4), 236–249. <https://doi.org/10.1007/s40974-017-0064-9>
- Lal, A., & Cheeptham, N. (2012). Starch agar protocol. *American Society for Microbiology*.
- Liang, Y. L., Zhang, Z., Wu, M., Wu, Y., & Feng, J. X. (2014). Isolation, screening, and identification of cellulolytic bacteria from natural reserves in the subtropical region of China and optimization of cellulase production by *Paenibacillus terrae* ME27-1. *BioMed Research International*. <https://doi.org/10.1155/2014/5124>

- Madigan, M., Martinko, J. M., Bender, K. S., Buckley, D. H., & Stahl, D. A. (2015). Brock: Biology of the Microorganisms. In *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Maki, M. L., Idrees, A., Leung, K. T., & Qin, W. (2012). Newly isolated and characterized bacteria with great application potential for decomposition of lignocellulosic biomass. *Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology*, 22(3), 156–166. <https://doi.org/10.1159/000341107>
- Mazzucotelli, C. A., Ponce, A. G., Kotlar, C. E., & Moreira, M. del R. (2013). Isolation and characterization of bacterial strains with a hydrolytic profile with potential use in bioconversion of agroindustrial by-products and waste. *Food Science and Technology*, 33(2), 295–303. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612013005000038>
- Mishra, S., & Behera, N. (2008). Amylase activity of a starch degrading bacteria isolated from soil receiving kitchen wastes. *African Journal of Biotechnology*, 7(18), 3326–3331. <https://doi.org/10.5897/AJB08.582>
- Rashid, G. M. M., Durán-Peña, M. J., Rahmanpour, R., Sapsford, D., & Bugg, T. D. H. (2017). Delignification and enhanced gas release from soil containing lignocellulose by treatment with bacterial lignin degraders. *Journal of Applied Microbiology*. <https://doi.org/10.1111/jam.13470>
- Saha, M. L., Islam, K. N., Akter, T., Rahman, I. A., Islam, T., & Khan, T. (2019). Isolation and identification of amylolytic bacteria from garbage and garden soil. *Bangladesh Journal of Botany*. <https://doi.org/10.3329/BJB.V48I3.47915>
- Sarkar, P., Meghvanshi, M., & Singh, R. (2011). Microbial Consortium: A New Approach in Effective Degradation of Organic Kitchen Wastes. *International Journal of Environmental Science and Development*. <https://doi.org/10.7763/ijesd.2011.v2.118>
- Silaban, S., Marika, D. B., & Simorangkir, M. (2020). Isolation and characterization of amylase-producing amylolytic bacteria from rice soil samples. *Journal of Physics: Conference Series*, 1485(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1485/1/012006>
- Soundra Josephine, F., S, R. V, Devi, N., Babu Ganapa, S., & G, S. K. (2012). Isolation, production and characterization of protease from Bacillus Sp isolated from soil sample. *Journal of Microbiology and Biotechnology Research Scholars Research Library J. Microbiol. Biotech. Res.*
- Utomo, M. A. P. and S. M. (2014). *Bakteri Tanah Pendegradasi Bahan Organik*. 3(2), 80–83.
- Woo, H. L., Hazen, T. C., Simmons, B. A., & DeAngelis, K. M. (2014). Enzyme activities of aerobic lignocellulolytic bacteria isolated from wet tropical forest soils. *Systematic and Applied Microbiology*, 37(1), 60–67. <https://doi.org/10.1016/j.syapm.2013.10.001>