

**ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI SELULOTIK DARI SISTEM PENCERNAAN
LARVA LALAT BLACK SOLDIER FLY (*Hermetia illucens*) DENGAN
MENGUNAKAN METODE UJI BOKIMIA**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Biologi



Oleh:

Faiz Rosyad

1606847

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKAN DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2023

**ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI SELULOTIK DARI SISTEM PENCERNAAN
LARVA LALAT BLACK SOLDIER FLY (*Hermetia illucens*) DENGAN
MENGUNAKAN METODE UJI BOKIMIA**

Oleh

Faiz Rosyad

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memperoleh
gelar sarjana Pendidikan pada Program Studi Biologi
Departemen Pendidikan Biologi Fakultas Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam

Faiz Rosyad

Universitas Pendidikan Indonesia

2023

Hak Cipta dilindungi Undang-undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang,
difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN
ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI SELULOTIK DARI SISTEM
PENCERNAAN LARVA LALAT BLACK SOLDIER FLY (*Hermetia illucens*)
DENGAN MENGGUNAKAN METODE UJI BIOKIMIA

Faiz Rosyad
NIM 1606847

Disetujui dan disahkan oleh:

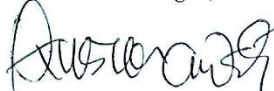
Pembimbing I,



Prof. Yayan Sanjaya, M.Si., Ph.D.

NIP. 197112312001121001

Pembimbing II,



Dr. Hj. Diah Kusumawaty, M.Si.

NIP. 197008112001122001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Pendidikan Biologi



Dr. Wahyu Surakusumah, M.T.

NIP. 197212301999031001

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul “Isolasi dan Identifikasi Bakteri Selulolitik dari Sistem Pencernaan Larva Lalat Black Soldier Fly (Hermetia illucens) Dengan Menggunakan Metode Uji Biokimia”, beserta seluruh isinya adalah benar merupakan karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan kaidah dan etika penulisan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya bersedia menanggung risiko atau sanksi apabila dikemduian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan atau klaim lain terhadap keaslian karya saya.

Bandung, 20 Agustus 2023

Yang membuat pernyataan



Faiz Rosyad

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahiim.

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT., yang telah memberikan limpahan berkah dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan dan merampungkan penulisan dan penelitian skripsi yang berjudul “Isolasi dan Identifikasi Bakteri Selulolitik dari Sistem Pencernaan Larva Lalat *Black Soldier Fly (Hermetia illucens)* Dengan Metode Uji Biokimia” dengan maksimal dan tepat waktu. Salawat serta salam semoga selalu tercerahkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW., keluarganya, sahabat-sahabatnya, dan semoga sampai kepada kita sebagai umatnya. Sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Biologi yang diselenggarakan oleh Program Studi Biologi Universitas Pendidikan Indonesia, tentunya penulis harus menyelesaikan skripsi ini dan menikmati setiap proses pemaknaan yang terjadi didalamnya. Maka setelah berbagai hal dilalui pada saat proses penulisan skripsi ini, penulis mempersembahkan perolehan hasil dari penelitian tentang Isolasi dan Identifikasi Bakteri Selulolitik dari Sistem Pencernaan Larva Lalat *Black Soldier Fly (Hermetia illucens)* Dengan Metode Uji Biokimia agar dapat memberikan informasi mengenai bakteri selulolitik yang terkandung dalam sistem pencernaan larva *Black Soldier Fly* agar dapat dimanfaatkan untuk keperluan pengelolaan sampah organik.

Penulis sadar bahwa tidak ada sesuatu yang sempurna, termasuk skripsi yang penulis buat. Maka dengan sangat terbuka, penulis menerima seluruh masukan, saran, dan komentar yang dapat membangun kesempurnaan penelitian tentang *waste to energy* ini dipenelitian selanjutnya. Semoga karya ini bermanfaat bagi pembaca dari seluruh kalangan, dan memperkaya ranah keilmuan, dan penelitian tentang Isolasi dan Identifikasi Bakteri Selulolitik dari Sistem Pencernaan Larva Lalat *Black Soldier Fly (Hermetia illucens)* Dengan Metode Uji Biokimia. Semoga dengan karya ini dapat memberikan inspirasi dan motivasi untuk mempersiapkan generasi muda yang lebih peduli tentang lingkungan dapat memberikan solusi yang baik terhadap permasalahan lingkungan.

Bandung, 20 Agustus 2023

Penulis,



Faiz Rosyad

ABSTRAK

Isolasi dan Identifikasi Bakteri Selulolitik dari Sistem Pencernaan Larva Lalat *Black Soldier Fly (Hermetia illucens)* dengan Menggunakan Metode Uji Biokimia

Faiz Rosyad

1606847

Lalat *Black Soldier Fly (Hermetia illucens)* adalah salah satu serangga yang digunakan untuk menguraikan sampah organik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri yang terdapat pada sistem pencernaan larva *Black Soldier Fly*. Metode yang digunakan yaitu dengan melakukan ekstraksi sistem pencernaan larva *Black Soldier Fly* yang diberi pakan sayuran dan dedak. Kemudian dilakukan uji Gram, uji Biokimia, dan uji selektif Selulolitik. Dari hasil penelitian, ditemukan jenis bakteri *Bacillus* sp, *Bacillus megatherium*, *Bacillus cereus*, dan *Staphylococcus* sp. Uji Selulolitik menunjukkan hasil negatif, yang menandakan bahwa tidak ada bakteri selulolitik yang terdapat dalam sistem pencernaan larva yang diberikan pakan sayuran dan dedak

Kata kunci: Uji Biokima, Bakteri Selulolitik, Larva Black Soldier Fly

ABSTRACT

Isolation and Identification of Cellulotic Bacteria from the Digestive System of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae by Using Biochemical Test Methods

Faiz Rosyad

1606847

The Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) is one of the insects used to decompose organic waste. The purpose of this study was to isolate and identify the bacteria present in the digestive system of Black Soldier Fly larvae. The method used is by extracting the digestive system of the Black Soldier Fly larvae which are fed vegetables and bran. Then the Gram test, Biochemical test, and Cellulolytic selective test were carried out. From the research results, it was found that the types of bacteria *Bacillus* sp, *Bacillus megatherium*, *Bacillus cereus*, and *Staphylococcus* sp. Cellulolytic test showed negative results, which indicated that there were no cellulolytic bacteria present in the digestive system of larvae fed with vegetables and bran.

Keywords: Biochemical Test, Cellulotic Bacteria, Black Soldier Fly Larvae.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah Penelitian	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Pertanyaan Penelitian	4
1.5. Batasan Penelitian	4
1.6. Manfaat Penelitian.....	5
1.7. Struktur Organisasi Skripsi	5
BAB II.....	7
LANDASAN TEORI.....	7
2.1. Black Soldier Fly.....	7
2.1.1. Deskripsi lalat Black Soldier Fly	7
2.1.2. Siklus Hidup lalat Black Soldier Fly.....	2
2.2. Bakteri	4
2.2.1. Struktur Bakteri	5
2.2.2 Metabolisme pada Bakteri.....	6
2.2.3. Bentuk-bentuk Bakteri	19
2.2.4. Teknik Identifikasi Bakteri.....	20
2.2.5. Teknik Isolasi Bakteri	23
2.2.6 Bakteri Selulotik.....	25

2.2.6.1. Jenis Bakteri Selulolitik.....	27
2.2.6.2. Karakter Bakteri Selulolitik	28
BAB III	30
METODE PENELITIAN.....	30
3.1. Jenis Penelitian.....	30
3.2. Populasi dan Sampel	30
3.3. Alat dan Bahan	30
3.4. Prosedur Penelitian.....	31
3.5. Analisis Data	36
3.6. Bagan Alir Penelitian	36
BAB IV	38
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1. Uji Karakteristik Bakteri	38
4.2. Pengamatan Morfologi Koloni Bakteri	43
4.3. Uji Biokimia.....	45
4.4. Identifikasi Bakteri.....	65
4.5. Jenis Bakteri Selulolitik.....	66
BAB V	69
KESIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI.....	69
5.1. Kesimpulan.....	69
5.2. Implikasi.....	69
5.3. Rekomendasi	69
DAFTAR PUSTAKA	70
DAFTAR PUSTAKA GAMBAR.....	79
LAMPIRAN.....	80
LAMPIRAN TABEL	80
LAMPIRAN GAMBAR.	3

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Lalat Black Soldier Fly dewasa.....	7
Gambar 2. Peta sebaran lalat Black Soldier Fly	2
Gambar 3 Tahapan hidup Black Soldier Fly (<i>Hermetia illucens</i>)	2
Gambar 4 Larva Black Soldier Fly.....	3
Gambar 5 Struktur Bakteri	6
Gambar 6 struktur molekul Asetil ~S-Koenzim A.....	7
Gambar 7 Gambar tabel keanekaragaman nutrisi.	8
Gambar 8 Respirasi Aerob	11
Gambar 9 Glikolisis jalur EMP dan Entner-Doudoroff (ED)	12
Gambar 10. Bagan alir Siklus Krebs	14
Gambar 11. Siklus Glioksilat/Glyoxylate Cycle	15
Gambar 12. Jalur fermentasi bakteri dan produk akhir utama	18
Gambar 13. Bentuk-bentuk dari bakteri	20
Gambar 62. Mekanisme penguraian CMC oleh enzim selulase.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1.1 Hasil Pewarnaan Gram.....	38
Tabel 4.2.1 Identifikasi Morfologi Koloni Bakteri	43
Tabel 4.3.1 Uji Hidrolisis Pati.....	45
Tabel 4.3.2 Uji Hidrolisis Lipid	47
Tabel 4.3.3 Uji Hidrolisis Casein	49
Tabel 4.3.4 Uji Katalase	51
Tabel 4.3.5 Uji Hidrolisis Gula	53
Tabel 4.4.1 Tabel Identifikasi Bakteri.....	65
Tabel 4.4.1 Diameter zona bening bakteri hasil uji Selulolitik	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 TABEL	80
Lampiran 2 lampiran Black Soldier Fly.....	3
Lampiran 3 Koloni bakteri campuran	3
Lampiran 4 Isolasi Bakteri.....	4
Lampiran 5 Morfologi Koloni	5
Lampiran 6 Uji Gram.....	5
Lampiran 7 Uji Biokimia	6
Lampiran 8 Uji Pati.....	7
Lampiran 9 Uji Lipid	7
Lampiran 10 Uji Casein	7
Lampiran 11 Uji Hidrolisis Gula	8
Lampiran 12 Uji Katalase	8
Lampiran 13 Uji Gelatin	9
Lampiran 14 Uji Selulolitik	9

DAFTAR PUSTAKA

- Antriana, N. (2014). Isolasi bakteri asal saluran pencernaan rayap pekerja (Macrotermes spp.). *saintifika*, 16(1).
- Baharuddin, Razak, Hock, Ahmad, Aziz, Rahman, Shah, Hassan, Sakai dan Shirai. 2010. Isolation and Characterization of Thermophilic Cellulase-Producing Bacteria from Empty Bunches-Palm Oil Mill Effluent Compost. *Journal of Applied Science*. Vol.7(1): 56-62.
- Bakalidou A, Kampfer P, Berchtold M, Kuhnigk T, Wenzel M, König H. 2002. *Cellulosimicrobium variabile* sp. a cellulolytic bacterium from the hindgut of the termite *Mastotermes darwiniensis*. *J Syst Evol Microbiol*. No 52, hal. 1185–1192.
- Batubara, U. M., Mardalisa, M., Suparjo, S., Maritsa, H. U., Pujianto, E., & Herlini, M. (2021). Isolation and Characterization of Cellulolytic Bacteria Diversity in Peatland Ecosystem and Their Cellulolytic Activities. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 934(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/934/1/012028>
- Bergey, D. H. 1., & Holt, J. G. (2000). *Bergey's manual of determinative bacteriology*. 9th ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins.
- Capuccino, J.G. & N. Sherman. 2008. *Microbiology: A laboratory Manual*. California. Ninth Edition: The Benjamin/Cumming Publishing Company . hal. 149-199
- Chantarasiri, A. (2021). Diversity and activity of aquatic cellulolytic bacteria isolated from sedimentary water in the littoral zone of tonle sap lake, cambodia. *Water (Switzerland)*, 13(13). <https://doi.org/10.3390/w13131797>
- Choirunnisa, H. N., Sari, R. Y., Hastuti, U. S., & Witjoro, A. W. (2018). Identifikasi dan Uji Kemampuan Hidrolisis pada Bakteri Amilolitik dan Proteolitik yang Diisolasi dari Wadi, Makanan Khas Kalimantan Tengah. *Bionature*, 18(2), 99–

109. <https://doi.org/10.35580/bionature.v18i2.6138>

- Dong SZ, Chen YF, Huang YH, Feng DY. 2009. Research on feed characteristics of *Bacillus natto*. *Chinese J Anim Nutr.* 21:371-378.
- Dortmans B, Diener S, Verstappen B, Zurbrügg. 2017. Proses Pengolahan Sampah Organik dengan Black Solier Fly: Panduan Langkah-langkah Lengkap. Octavianti DC. Dübendorf (CH): Eawag-Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology.
- Esteghlalian, A. R., Mansfield, S. D., & Saddler, J. N. (2002). Cellulases: Agents for Fiber Modification or Bioconversion? The effect of substrate accessibility on cellulose enzymatic hydrolyzability. *Progress in Biotechnology*, 21(C), 21–36. [https://doi.org/10.1016/S0921-0423\(02\)80005-3](https://doi.org/10.1016/S0921-0423(02)80005-3)
- Fahrudin, F. (2020). Isolasi dan Karakteristik Bakteri Pendegradasi Selulosa dari Limbah Pusat Industri Mebel Antang Makassar. *Jurnal Serambi Engineering*, 5(2), 951–956. <https://doi.org/10.32672/jse.v5i2.1922>
- Fauziah, S. I., & Ibrahim, M. (2021). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Selulolitik pada Tanah Gambut di Desa Tagagiri Tama Jaya, Kecamatan Pelangiran, Kabupaten Inhil, Riau. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 9(3), 194–203. <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v9n3.p194-203>
- Froidurot, A., & Julliand, V. (2022). Cellulolytic bacteria in the large intestine of mammals. *Gut Microbes*, 14(1). <https://doi.org/10.1080/19490976.2022.2031694>
- Fahmi, M. R., 2015. Optimalisasi proses biokonversi dengan menggunakan mini-larva *Hermetia illucens* untuk memenuhi kebutuhan pakan ikan. Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia 1(1), pp. 139-144.

- Fallo, G., & Sine, Y. (2016). Isolasi dan uji biokimia bakteri selulolitik asal saluran pencernaan rayap pekerja (*Macrotermes* spp.). *BIO-EDU: Jurnal Pendidikan Biologi*, 1(2), 27-29
- Felicia, F. Enzyme Activitties of Black Soldier (*Hermeria illucens*) Larvae. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/105979>
- Gobbi, P., A. Martínez-Sánchez, dan S. Rojo, 2013. The effects of larval diet on adult life-history traits of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Eur J Entomol* 110 (3), pp. 461-468.
- Grossule V, Vanin S, Lavagnolo MC. Potential treatment of leachate by *Hermetia illucens* (Diptera, Stratyomyidae) larvae: Performance under different feeding conditions. *Waste Manag Res.* 2020 May;38(5):537-545. doi: 10.1177/0734242X19894625. Epub 2019 Dec 23. PMID: 31868132.
- Gautam, S. P., Bundela, P. S., Pandey, A. K., Jamaluddin, Awasthi, M. K., & Sarsaiya, S. (2012). Diversity of cellulolytic microbes and the biodegradation of municipal solid waste by a potential strain. *International Journal of Microbiology*, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/325907>
- Gupta, P., Samant, K., & Sahu, A. (2012). Isolation of cellulose-degrading bacteria and determination of their cellulolytic potential. *International Journal of Microbiology*, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/578925>
- Hamka, Rahman, S. (2016). Cellulase activity test of cellulolytic bacteria from oil palm empty fruit bunch. *Buletin Loupe*, 13(1), 1–10.
- Hobdey, S. E., Donohoe, B. S., Brunecky, R., Himmel, M. E., & Bomble, Y. J. (2015). New Insights into Microbial Strategies for Biomass Conversion. In *Direct Microbial Conversion of Biomass to Advanced Biofuels*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59592-8.00007-5>
- Iii, B. A. B., Jenis, A., & Penelitian, D. (2014). *30 Poltekkes Kemenkes Yogyakarta. September 2019*, 30–41.

- Irianto, K. 2006. Menguak Dunia Mikrobiologi jilid 1. Bandung: Yrama Widya
- Iv, B. A. B. (1977). *tampak koloni bakteri yang tumbuh dalam media selektif. Koloni bakteri asam laktat Lactobacillus berciri-ciri putih mengkilat, ukuran koloni 0,5-2 mm. Bentuk koloni bulat rata dan tidak berserat.*
- Iv, B. A. B. (2014). *FIX 09620027 Bab 4 pewarnaan gram.* 44–58.
- Januar, W., Khotimah, S., & Mulyadi, A. (2013). *Kemampuan Isolat Bakteri Pendegradasi Lipid dari Instalasi Pengolahan Limbah Cair PPKS PTPN-XIII Ngabang Kabupaten Landak.* 2(September 2011), 136–140.
- Jurtshuk, P., Jr. (1996). Bacterial Metabolism. In S. Baron (Ed.), *Medical Microbiology.* (4th ed.). University of Texas Medical Branch at Galveston.
- Kato, S., Haruta, S., Cui, Z. J., Ishii, M., & Igarashi, Y. (2004). Effective cellulose degradation by a mixed-culture system composed of a cellulolytic Clostridium and aerobic non-cellulolytic bacteria. *FEMS Microbiology Ecology*, 51(1), 133–142. <https://doi.org/10.1016/j.femsec.2004.07.015>
- Khairunnisa, M., Helmi, T. Z., Darmawi, Dewi, M., & Hamzah, A. (2018). Isolasi dan Identifikasi Staphylococcus aureus pada Ambing Kambing Peranakan Etawan (PE). *Jimvet*, 2(4), 538–545.
- Kurniawan, A., Sari, S. P., Asriani, E., Kurniawan, A., Sambah, A. B., & Prihanto, A. A. (2018). Identifikasi molekuler isolat bakteri selulolitik dari mangrove Sungailiat dan Tukak Sadai di Pulau Bangka. *Jurnal Enggano*, 3(2), 250-260
- Lakhundi, S., Siddiqui, R., & Khan, N. A. (2015). Cellulose degradation: A therapeutic strategy in the improved treatment of Acanthamoeba infections. *Parasites and Vectors*, 8(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s13071-015-0642-7>
- Lehninger AL. 1990. *Dasar-dasar Biokimia Jilid 1.* Alih bahasa Thenawidjaja, Maggy. Jakarta: Erlangga.
- Levin, D. B., Verbeke, T. J., Munir, R., Islam, R., Ramachandran, U., Lal, S., Schellenberg, J., & Sparling, R. (2015). *Omics Approaches for Designing*

Biofuel Producing Cocultures for Enhanced Microbial Conversion of Lignocellulosic Substrates. In *Direct Microbial Conversion of Biomass to Advanced Biofuels*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59592-8.00017-8>

Li L, Chen L, Shang R, Wang G, Zhang J. Improvement in bioconversion efficiency and reduction of ammonia emission by introduction of fruit fermentation broth in a black soldier fly larvae and kitchen waste conversion system. *Insect Sci.* 2023 Aug;30(4):975-990. doi: 10.1111/1744-7917.13185. Epub 2023 Mar 21. PMID: 36773298.

Li XY, Mei C, Luo XY, Wulamu D, Zhan S, Huang YP, Yang H. Dynamics of the intestinal bacterial community in black soldier fly larval guts and its influence on insect growth and development. *Insect Sci.* 2023 Aug;30(4):947-963. doi: 10.1111/1744-7917.13095. Epub 2022 Aug 14. PMID: 35811567.

Mangunwardoyo, W., Aulia, A., & Hem, S. (2011). Penggunaan bungkil inti kelapa sawit hasil biokonversi sebagai substrat pertumbuhan larva *Hermetia illucens* L (maggot). *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 166-172.

Makkar, H. P., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal feed science and technology*, 197, 1-33.

Meryandini, A W. Widosari BB., Maranatha, TC., Sunarti, N. Rachmania, H. Satria. (2009). Isolasi Bakteri Selulolitik dan Karakterisasi Enzimnya. *Makara Sains*, Vol. 13, No.1 April 2009: 33-38.

MUHAMMAD SUBHAN, B. R. (2023). *ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI SELULOLITIK SALURAN PENCERNAAN ANGSA (Cygnus olor) UNTUK MENDUKUNG DEGRADASI PAKAN SERAT* (Doctoral dissertation, Universitas Mataram). <http://eprints.unram.ac.id/42109/>

- Muharram, L.H., Hernahadini, N., & Fauzi, M. (2021). Isolation Bacteria Producing α -Amylase from Black Soldier Fly larvae (*Hermetia illucens*) L. *Journal of Physics: Conference Series*, 1764.
- O-Thong, S., Zhu, X., Angelidaki, I., Zhang, S., & Luo, G. (2020). Medium chain fatty acids production by microbial chain elongation: Recent advances. In *Advances in Bioenergy* (1st ed., Vol. 5). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/bs.aibe.2020.04.002>
- Pas C, Brodeur D, Deschamps MH, Lebeuf Y, Adjalle K, Barnabé S, Eeckhout M, Vandenberg G, Vaneeckhaute C. Valorization of pretreated biogas digestate with black soldier fly (*Hermetia illucens*, L; Diptera: Stratiomyidae) larvae. *J Environ Manage.* 2022 Oct 1;319:115529. doi: 10.1016/j.jenvman.2022.115529. Epub 2022 Jul 9. PMID: 35816966.
- Pelczar, M. J., Chan, E. C. S., & Hadioetomo, R. S. (1988). *Dasar-dasar mikrobiologi*. Universitas Indonesia.
- Pierre-Olivier, Maquart & Denis, Richard & Willems, Jesse. (2020). First record of the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens*, in the Western regions of France (Vendée, Loire-Atlantique, Ille-et-Vilaine) with notes on its worldwide repartition (Diptera, Stratiomyidae). *Bulletin de la Société entomologique de France*. 125. 13-18. [10.32475/bsef_2104](https://doi.org/10.32475/bsef_2104).
- Pinheiro, G. L., Correa, R. F., Cunha, R. S., Cardoso, A. M., Chaia, C., Clementino, M. M., Garcia, E. S., de Souza, W., & Frasés, S. (2015). Isolation of aerobic cultivable cellulolytic bacteria from different regions of the gastrointestinal tract of giant land snail *Achatina fulica*. *Frontiers in Microbiology*, 6(AUG), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00860>
- Pokhrel, Pratiksha. 2015. Gelatin Hydrolysis Test- Principle, Uses, Media, Procedure and Result. <https://microbiologynotes.com/gelatin-hydrolysis-test-principle-uses-media-procedure-and-result/>

- Puspita, F., Ali, M., & Pratama, R. (2017). Isolasi dan Karakterisasi Morfologi dan Fisiologi Bakteri *Bacillus* sp. Endofitik dari Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Isolation and Characterization of Morphology and Physiology of Endophytic *Bacillus* sp. from Oil Palm Plants (*Elaeis guinee*. *J. Agrotek. Trop*, 6(2), 44–49.
- Quoc, N.B., Hanh, N.V., Trang, H.T., Pham, H.T., Thuy, N.T., Thong, N.V., & Châu, N.N. (2021). PCR-DGGE Analysis for Identification of Intestinal Bacteria in the Black Soldier Fly Larvae, *Hermetia illucens*, in Vietnam. *African Entomology*, 29, 491 - 498.
- Raharjo, A. P., & Isnawati. (2022). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Selulolitik pada Pakan Fermentasi Eceng Gondok, Tongkol Jagung, dan Bekatul Padi Isolation and Characterization Cellulolytic Bacteria from Fermentation Feed of Water Hyacinth, Corncob, and Rice Bran. *Lentera*, 11(1), 44–51. <https://journal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio/index44>
- Raut, M. P., Couto, N., Karunakaran, E., Biggs, C. A., & Wright, P. C. (2019). Deciphering the unique cellulose degradation mechanism of the ruminal bacterium *Fibrobacter succinogenes* S85. *Scientific Reports*, 9(1), 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52675-8>
- Reiner, K. (2010). Catalase test protocol. American society for microbiology, 1-6.
- Saratale, G.D., Saratale, R.G., Oh, S.E.2012. Production and Characterization Of Multiple Cellulolytic Enzymes By Isolated *Streptomyces* sp. MDS. *Biomass and Bioenergy*.47: 302-315.
- Shumo M, Khamis FM, Ombura FL, Tanga CM, Fiaboe KKM, Subramanian S, Ekesi S, Schlüter OK, van Huis A, Borgemeister C. A Molecular Survey of Bacterial Species in the Guts of Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*) Reared on Two Urban Organic Waste Streams in Kenya. *Front Microbiol*. 2021 Sep

22;12:687103. doi: 10.3389/fmicb.2021.687103. PMID: 34630342; PMCID: PMC8493336.

SidleyChem. 2013. Manufacturing Process of sodium carboxymethylcellulose. dikutip dari: <https://celluloseether.com/manufacturing-process-of-carboxymethylcellulose/>

Supriyatna, A., & Ukit, U. (2016). Screening and Isolation of Cellulolytic Bacteria from Gut of Black Soldier Flays Larvae (*Hermetia illucens*) Feeding with Rice Straw. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 8(3), 314-320. doi:<https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v8i3.6762>

Stratford, P. W., & Binkley, J. M. (1997). Measurement Properties of the RM-18. *Spine*, 22(20), 2416–2421. <https://doi.org/10.1097/00007632-199710150-00018>

Suryanto. D. 2004. Mengenal Lintasan aerobik degradasi senyawa hidrokarbon aromatik monosiklik mikroorganisme. *Wartauniversitaria*. 18 (19) : 92-94

Sutedjo, M. 1996. Mikrobiologi Tanah. Rineka Cipta : Jakarta

Tamrela, H., Sugiyanto, A., Santoso, I., & Fadhilah, Q. G. (2021, December). The qualitative screening of cellulolytic, chitinolytic, IAA-producing, and phosphate solubilizing bacteria from black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 948, No. 1, p. 012065). IOP Publishing.

Tomberlin, J. K., & Sheppard, D. C. (2002). Factors influencing mating and oviposition of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) in a colony. *Journal of Entomological Science*, 37(4), 345-352.

Trujillo-Cabrera, Y., Ponce-Mendoza, A., Vásquez-Murrieta, M. S., Rivera-Orduña, F. N., & Wang, E. T. (2013). Diverse cellulolytic bacteria isolated from the high humus, alkaline-saline chinampa soils. *Annals of Microbiology*, 63(2), 779–792. <https://doi.org/10.1007/s13213-012-0533-5>

- Ulfa, A., Khotimah, S., & Linda, R. (2014). Kemampuan Degradasi Selulosa oleh Bakteri Selulolitik yang Diisolasi dari Tanah Gambut. *Protobiont*, 3(2), 259–267.
- Vythilingam, I., Luz, B. M., Hanni, R., Beng, T. S., & Huat, T. C. (2005). Laboratory and field evaluation of the insect growth regulator pyriproxyfen (Sumilarv 0.5 G) against dengue vectors. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 21(3), 296-300.
- Wenzel MI, Schonig M, Berchtold P, Kampfer, Konig, 2002. Aerobic and facultatively anaerobic cellulolytic bacteria from the gut of the termite *Zootermopsis angusticollis*. *J. Applied Microbiol.* Vol 92, hal. 32-40.
- Yuniwati, M. Iskarina, dkk. 2012. Optimasi Kondisi Proses Pembuatan Kompos Dari Sampah Organik Dengan Cara Fermentasi Menggunakan EM4. *Jurnal Teknologi* Volume 5 Nomor 2. Yogyakarta: AKPRIND
- Zhang, J., Meng, Y., Xu, J.W., Rensing, C., & Wang, D.D. (2021). Effects of antibiotics on the development and intestinal bacterial diversity of black soldier fly larvae. *Journal of Insects as Food and Feed*.

DAFTAR PUSTAKA GAMBAR

- Bransen, Shielder. Tanpa Tahun. Diambil dari:
<https://extension.entm.purdue.edu/publications/E-276/E276graphics/Fig3.jpg>
- Pierre-Olivier, Maquart & Denis, Richard & Willems, Jesse. (2020). Bulletin de la Société entomologique de France. diambil dari:
https://www.researchgate.net/figure/Worldwide-recorded-distribution-of-the-Black-Soldier-Fly-Hermetia-illucens-Linnaeus_fig2_340067603
- Shielder, Bransen. Tanpa Tahun. BLACK SOLDIER FLY COMPOSTING GUIDE.
<https://extension.entm.purdue.edu/publications/E-276/E-276.html>
- Jojima, T., & Inui, M. (2015). Engineering the glycolytic pathway: A potential approach for improvement of biocatalyst performance. *Bioengineered*, 6(6), 328–334. <https://doi.org/10.1080/21655979.2015.1111493>