

**EKSPLORASI BAKTERI SELULOLITIK DARI USUS LARVA  
LALAT TENTARA HITAM (*Hermetia illucens* L.) YANG  
DIBERI PAKAN BUNGKIL INTI SAWIT**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana di Jurusan  
Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya

**Oleh :**

**REZA RAHMATULLAH**

**08041281823049**



**JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2022**

## HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Eksplorasi Bakteri Selulolitik dari Usus Larva Lalat Tentara Hitam (*Hermetia Illucens* L.) Yang Diberi Pakan Bungkil Inti Sawit

Nama Mahasiswa : Reza Rahmatullah

NIM : 08041281823049

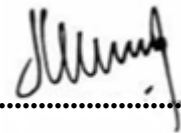
Jurusan : Biologi

Telah disetujui untuk disidangkan pada tanggal 03 Agustus 2022.

**Indralaya, Agustus 2022**

**Pembimbing :**

1. **Dra. Muharni, M.Si.**  
**NIP. 196306031992032001**

  
(.....)

## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

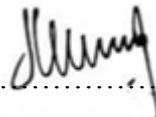
Judul : Eksplorasi Bakteri Selulolitik dari Usus Larva Lalat  
Tentara Hitam (*Hermetia Illucens L.*) Yang Diberi Pakan  
Bungkil Inti Sawit  
Nama Mahasiswa : Reza Rahmatullah  
NIM : 08041281823049  
Jurusan : Biologi

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Sidang Ujian Skripsi di Jurusan Biologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada  
tanggal 03 Agustus 2022 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai  
dengan masukan yang diberikan.

Indralaya, Agustus 2022


Ketua:

1. Dra. Muharni, M. Si.  
NIP. 196306031992032001

(..........)

Anggota:

1. Dr. Elisa Nurnawati, M.Si.  
NIP. 196306031992032001

(..........)

2. Dra. Syafrina Lamin, M.Si.  
NIP. 197211221998031001

(..........)

3. Dr. Laila Hanum, M.Si.  
NIP. 197308311998022001

(..........)

Indralaya, Agustus 2022

  
  
Dr. Arum Setiawan, M.Si  
NIP. 197211221998031001

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Reza Rahmatullah

NIM : 08041281823049

Fakultas/Jurusan : MIPA/Biologi

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.



Indralaya, Agustus 2022

Penulis,



Reza Rahmatullah  
08041281823049

## HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Reza Rahmatullah  
NIM : 08041281823049  
Fakultas/Jurusan : MIPA/Biologi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*)” atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Eksplorasi Bakteri Selulolitik dari Usus Larva Lalat Tentara Hitam (*Hermetia Illucens L.*) Yang Diberi Pakan Bungkil Inti Sawit”.

Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, Agustus 2022  
Penulis,



Reza Rahmatullah  
08041281823049

## HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Kupersembahkan skripsi ini untuk:

- Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW
- Ayah tersayang yang selalu mendoakan, mendukung dan memotivasi dengan segala wejangan yang diberikan
- Almarhumah ibuku yang hebatku sekarang yang tersayang yang selalu mendoakan, mendukung, dan menjadi alasanku untuk bisa bertahan sejauh ini dan sampai di titik ini sekarang.
- Ketiga adikku (M. Taufiqurahman dan M.Salman Alfarizi, dan Khairunisa Miftha nur jannah) yang selalu memberi keceriaan di rumah penulis.

*“Dari Terbentur, Terbentur, Terbentur, Kemudian Terbentuk ”*

*-Tan Malaka-*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah menganugerahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi yang berjudul "Eksplorasi Bakteri Selulolitik dari Usus Larva Lalat Tentara Hitam (*Hermetia illucens* L.) Yang Diberi Pakan Bungkil Inti Sawit" dapat diselesaikan. Skripsi ini menjadi syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains di Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya. Terima kasih kepada Ibu Dra. Muharni, M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah berdedikasi dalam memberi bimbingan, arahan, dukungan maupun saran dengan penuh keikhlasan dan kesabaran sehingga skripsi ini dapat diselesaikan serta kepada Ibu Dra. Elisa Nurnawati, M.Si dan Ibu Dra. Syafrina Lamin, M.Si. selaku dosen pembahas yang telah memberi arahan dan saran kepada penulis dalam pembuatan skripsi. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Yth:

1. Prof. Hermansyah, S.Si, M.Si, Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
2. Dr. Arum Setiawan, M.Si., selaku Ketua Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
3. Dra. Muharni, M.Si., selaku dosen pembimbing yang telah berdedikasi dalam memberikan arahan dan bimbingan selama proses penelitian dan pembuatan skripsi
4. Dr. Laila Hanum, M.Si. selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah

memberikan bimbingan dan arahan selama perkuliahan.

5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
6. Kak Andi, Kak Bambang, dan Pak Nanang yang telah membantu proses administrasi selama perkuliahan.
7. Ibu Rosmania, S.T., selaku analis Laboratorium Mikrobiologi
8. Kak Agus Wahyudi S.Si. penulis anggap sebagai saudara sendiri dan Mail Maulana dan Andrian Zaky Putra yang telah menjadi sahabat yang menemani saat suka, duka, tawa, dan sedih saat menjalankan perkuliahan.
9. Teman seperjuangan di Laboratorium Genetika dan Bioteknologi Bening Fitri Rini, Siti Shafira Kusumayanti, Alifia Anisya, Sasti Pebri Ayuni, dan Feby Oktavia yang telah memberi dukungan dalam melakukan penelitian
10. Teman seperjuangan penelitian di Laboratorium Mikrobiologi, Lili Aisyah, Setiani, dan Muhammad Rizky Syaifudin yang telah menemani penelitian.
11. Kak Veni Rizkiana, S.Si yang telah memberi masukan dan saran terutama mengenai metode penelitian.

Penulis berharap skripsi ini dapat berkontribusi dalam civitas akademik dan masyarakat umum. Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunannya sehingga kritik dan saran sangat diterima untuk penelitian mendatang.



**EXPLORATION OF CELLULOLYTIC BACTERIA FROM GUT OF  
BLACK SOLDIER FLY LARVAE (*Hermetia illucens* L.) REARED ON  
PALM KERNEL MEAL**

**Reza Rahmatullah**

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas  
Sriwijaya Jalan Palembang-Prabumulih, Km 32 Indralaya Ogan Ilir 30662; Telp.  
0711-580067/Faks.0711580067  
e-mail: [reza.2306000r@gmail.com](mailto:reza.2306000r@gmail.com)

RESUME

The black soldier fly (BSF) larvae is renowned as bioconversion of various types organic waste agent into valuable biomass, such as proteins, lipids, and chitin. Gut microbes play an essential role in digestion of complex substrates by producing various enzymes inside larvae bodies. One of various enzymes is cellulase which hydrolyze cellulose polysaccharide into glucoses which is produced by cellulolytic bacteria. Palm kernel meal (PKM) which contains cellulose polysaccharide might be converted by BSF larvae as feedstock and it can impact diversity bacteria in gut larva. This research aims to obtain and demonstrate screening cellulolytic bacteria isolates, to investigate cellulolytic activity from bacteria isolates, and to identify cellulolytic bacteria from their characteristics and biochemical test. The benefits from this research are to provide information for future prospects of research, to obtain cellulolytic bacterial isolates and to be used as a supplement for BSF larvae feed.

This research will be conducted on December 2021 until April 2022. BSF Larvae sample is collected from Rumah Satwa Harapan barn, Animal Husbandary major, Agriculture Faculty, Sriwijaya University, Indralaya, Ogan Ilir Regency and the research held at Microbiology Laboratorium and Genetic and Biotechnology Laboratorium, Biological Science Major, Mathematic and Natural Science Faculty, Sriwijaya University, Indralaya, Ogan Ilir Regency, South Sumatra Province. The research methods consist of preparing medium for bacteria growth; preparing DNS reagent; collecting larvae sample; isolation and purification of bacteria; screening of cellulolytic bacteria test; enzyme activity measurement with DNS assay and characterization colony and cell, biochemical bacteria tests and identification of cellulolytic bacteria.

According on experiment, the results from isolation and purification obtained eight bacteria isolates. These bacteria isolates were labelled as MB1, MB2, MB3, MB4, MB5, MB6, MB7, and MB8. Four bacteria which were labelled as MB1, MB6, MB7, and MB8 were able to form transparent zone into carboxymethyl

cellulose (CMC) agar plate. The highest cellulase activity with DNS assay was 7.13 which was labelled as MB1 and the lowest cellulase activity was 5.77 which was labelled as MB8. Four cellulolytic bacteria were identified as *Listeria* sp. Labelled as MB1, *Enterococcus* sp. labelled as MB6, MB7 and MB8

Keywords : BSF Larvae, Cellulolytic Bacteria, Cellulose Enzyme, Palm Kernel Meal,

# **EKSPLORASI BAKTERI SELULOLITIK PADA USUS LARVA LALAT TENTARA HITAM (*Hermetia Illucens* L.) YANG DIBERI PAKAN LIMBAH SAWIT**

**Reza Rahmatullah**

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya Jalan Palembang-Prabumulih, Km 32 Indralaya Ogan Ilir 30662; Telp. 0711-580067/Faks.0711580067  
e-mail: [reza.2306000r@gmail.com](mailto:reza.2306000r@gmail.com)

## **RINGKASAN**

Larva lalat tentara hitam (*H. Illucens*) dikenal sebagai agen biokonversi berbagai jenis bahan organik agar menjadi biomassa dalam bentuk protein, lipid, dan kitin. Hal ini tidak terlepas dari peranan mikroba pada usus larva lalat tentara hitam yang berperan dalam membantu pencernaan senyawa kompleks dari pakan dengan memproduksi berbagai macam jenis enzim yang salah satu di antaranya selulase yang memecah selulosa menjadi glukosa yang diproduksi oleh bakteri selulolitik. Bungkil inti sawit mengandung selulosa yang dapat menjadi substrat konversi sehingga hal tersebut dapat mempengaruhi keragaman bakteri di dalam usus larva. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh isolat bakteri selulolitik yang mempunyai aktivitas selulase, mengetahui aktivitas selulase pada bakteri selulolitik yang didapat dengan pengujian secara kuantitatif, dan mendapatkan identitas dan karakteristik dari bakteri selulolitik yang diisolasi dari usus larva lalat tentara hitam. Manfaat dari penelitian ini ialah mendapatkan isolat bakteri selulolitik dan memberikan informasi bagi penelitian yang mendatang agar dimanfaatkan sebagai suplemen bagi pakan larva lalat tentara hitam.

Penelitian ini dilaksanakan pada Desember 2021 sampai dengan April 2022. Pengambilan sampel yang dilakukan di kandang Rumah Satwa Harapan, Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Indralaya, Kabupaten Ogan Ilir, Sumatra Selatan dan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi dan Laboratorium Genetika dan Bioteknologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, Indralaya, Sumatera Selatan. Metode penelitian yang dilakukan terdiri dari pembuatan larutan fisiologis, pembuatan medium, pembuatan reagen DNS, pengambilan sampel, isolasi dan pemurnian bakteri, pengujian aktivitas selulase secara kualitatif, pengujian aktivitas selulase secara kuantitatif, karakterisasi secara makroskopis dan mikroskopis bakteri selulolitik, uji biokimia bakteri selulolitik, dan identifikasi bakteri selulolitik

Hasil Isolasi dan pemurniaan didapatkan delapan isolat bakteri dengan kode isolat MB1, MB2, MB3, MB4, MB5, MB6, MB7, dan MB8. Dari delapan isolat bakteri, hanya ada empat isolat yang mampu membentuk zona bening pada medium CMC padat yakni kode isolat MB1, MB6, MB7, dan MB8. Nilai aktivitas selulase tertinggi pada secara uji kuantitatif sebesar 7,13 U/ml pada isolat MB1 dan terendah bernilai 5,77 U/ml pada isolat MB8. Identifikasi bakteri selulolitik yang didapat adalah MB1 bergenus *Listeria* sp., dan MB6, MB7, dan MB8 bergenus *Enterococcus* sp

Kata kunci : Larva BSF, Bakteri Selulolitik, Bungkil Inti Sawit, Enzim Selulase

## DAFTAR ISI

<b>COVER</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>RESUME</b> .....	<b>ix</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvii</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1. Black Soldier Fly (BSF).....	5
2.2. Usus Larva BSF.....	9
2.3. Bakteri Selulolitik.....	11
2.4. Selulosa.....	12
2.5. Enzim Selulase.....	13
2.6. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Enzim Selulase.....	15
2.7. Media-Media Pertumbuhan Bakteri Selulolitik.....	17
2.8. Reagen 3,5-dinitro salicylic acid (DNS).....	18
2.9. Peran Enzim Selulase.....	19
2.10. Bungkil Inti Sawit.....	20

<b>BAB III. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>21</b>
3.1. Waktu dan Tempat.....	21
3.2. Alat dan Bahan.....	21
3.3. Cara Kerja.....	22
3.3.1. Pembuatan Medium.....	22
3.3.2. Pembuatan Reagen DNS.....	22
3.3.3. Pengambilan Sampel.....	23
3.3.4. Isolasi dan Pemurniaan Bakteri.....	23
3.3.5. Pengujian Selulase Secara Kualitatif.....	24
3.3.6. Ekstraksi Selulase untuk Uji Aktivitas secara Kuantitatif.....	25
3.3.7. Pembuatan Kurva Standar Glukosa dengan Metode DNS.....	25
3.3.8. Uji Aktivitas Selulase Secara Kuantitatif dengan Metode DNS.....	26
3.3.9. Karakterisasi Bakteri Selulolitik Secara Moksroskopis.....	28
3.3.10. Karakterisasi Bakteri Selulolitik Secara Mikroskopis.....	29
3.3.11. Uji Biokimia Bakteri Selulolitik.....	30
3.3.12. Identifikasi Bakteri Selulolitik.....	33
3.3.13. Variabel Pengamatan.....	34
3.3.14. Penyajian Data.....	34
 <b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	 <b>35</b>
4.1. Isolasi Bakteri dari Usus Larva BSF.....	35
4.2. Aktivitas Selulase Bakteri Selulolitik Secara Kualitatif dari Usus Larva BSF.....	36
4.3. Aktivitas Selulase Bakteri Selulolitik Secara Kuantitatif dari Usus Larva BSF.....	38
4.4. Karakteristik Isolat Bakteri Selulolitik dari Usus Larva BSF.....	40
4.4.1. Karakteristik Morfologi Koloni Bakteri Selulolitik.....	42
4.4.2. Karakteristik Morfologi Sel Bakteri Selulolitik.....	42
4.4.3. Karakter Biokimia Bakteri Selulolitik.....	43
4.5. Identifikasi Bakteri Selulolitik.....	47
 <b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	 <b>49</b>
5.1. Kesimpulan.....	49
5.2. Saran.....	49
 <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	 <b>50</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>59</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Fase Instar Larva BSF.....	9
Tabel 4.1. Hasil Isolasi Bakteri dari Usus Larva <i>Hermetia illucens</i> .....	35
Tabel 4.2. Hasil Uji Skrining Bakteri Selulolitik Secara Kualitatif dari Usus Larva <i>Hermetia illucens</i> .....	37
Tabel 4.3. Hasil Uji Kuantitatif Bakteri Selulolitik dari Usus Larva <i>Hermetia illucens</i> .....	39
Tabel 4.4. Hasil Karakterisasi Koloni, Morfologi Sel, dan Fisiologi Bakteri Selulolitik.....	41

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Morfologi larva, pupa, dan lalat tentara hitam dewasa ( <i>H. illucens</i> ).....	6
Gambar 2.2. Siklus hidup lalat tentara hitam ( <i>H. illucens</i> ).....	7
Gambar 2.4. Struktur kimia selulosa dengan dua unit D-glukosa yang membentuk ikatan $\beta$ -1,4 glikosidik.....	13
Gambar 2.5. Proses degradasi selulosa secara enzimatis.....	14



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Komposisi Medium.....	61
Lampiran 2. Hasil Isolasi Bakteri.....	64
Lampiran 3. Hasil Uji Selektif Bakteri Selulolitik.....	65
Lampiran 4. Hasil Pemurnian Isolat Bakteri.....	66
Lampiran 5. Hasil Karakterisasi Koloni Bakteri Selulolitik.....	67
Lampiran 6. Hasil Morfologi Sel Bakteri Selulolitik.....	69
Lampiran 7. Hasil Uji Fisiologis.....	71
Lampiran 8. Hasil Pembuatan Kurva Standard Glukosa.....	78
Lampiran 9. Uji Aktivitas Selulase Secara Kuantitatif dengan Metode DNS....	80

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Bungkil inti sawit (BIS) merupakan salah produk samping dari pengolahan minyak sawit yang dapat dilakukan biokonversi. BIS biasanya digunakan sebagai pakan hewan ternak dan campuran media tanam. Namun, pemanfaatan BIS belum dimanfaatkan secara optimal (Widiyastuti & Salsabilla, 2021). Produksi BIS di tahun 2017 sebanyak 3,2 juta ton, tetapi hampir 90% BIS yang diproduksi di dalam negeri diekspor ke luar negeri (Pasaribu, 2018). Selain itu, produk samping BIS yang dibiarkan akan menimbulkan bau karena oksidasi lemak (Silitonga *et al.*, 2015). Kandungan BIS terdiri dari 15,43% protein kasar, 15,47% serat kasar, 7,71% lemak, 0,83% kalsium, 0,86 fosfat, dan 3,79% abu (Harahap *et al.*, 2021).

Salah satu cara dalam melakukan biokonversi yang terjadi secara alami dan berkelanjutan yakni dengan menggunakan larva lalat tentara hitam (*Hermetia illucens*) yang dapat melakukan transformasi bahan organik agar menjadi biomassa (Leong *et al.*, 2015). Biomassa yang dikonversi dari bahan organik tersebut menjadi dalam bentuk protein, lipid, dan kitin pada tubuh larva lalat tentara hitam (Klüber *et al.*, 2022). Biokonversi adalah pengubahan bahan organik menjadi biomassa yang dilakukan organisme (Manurung *et al.*, 2016).

Lalat tentara hitam atau *black soldier fly* (BSF) yang memiliki nama latin *Hermetia illucens* dengan ordo Diptera dan famili Stratiomyidae merupakan lalat dengan ukuran 13-20 mm dan termasuk ke dalam serangga dengan tubuh ramping dan berbentuk tangkai di antara bagian toraks dan abdomen, Aktivitas pemberian pakan pada BSF terjadi pada fase larva. Selain itu, lalat tentara hitam bukanlah serangga pembawa vektor penyakit ataupun organisme yang menjadi hama bagi pertanian. Larva BSF bersifat saprofit sehingga organisme ini dapat ditemukan pada berbagai bahan organik yang dapat dilakukan dekomposisi (Howdeshell, 2016).

Menurut Lee *et al.* (2014), Selulosa merupakan senyawa polimer organik yang terdiri dari unit-unit selulobiosa yang terikat dengan ikatan  $\beta$ -1,4-glukosidik. Selulosa termasuk dalam polisakarida yang sering dijumpai pada dinding sel tumbuhan dan termasuk dalam salah satu senyawa organik paling banyak di bumi.

Menurut penelitian Baragan *et al.* (2018), larva BSF yang diberi pakan yang mengandung kadar selulosa yang tinggi dapat menghambat pertumbuhan dan kesintasan dari larva. Menurut Mangunwardoyo *et al.* (2011), serat kasar atau selulosa dapat didegradasi oleh mikroorganisme yang terdapat pada pencernaan larva BSF sehingga proses pencernaan larva menjadi terbantu.

Menurut penelitian Zhineng *et al.* (2021), pemberian jenis pakan berbeda dapat membentuk komposisi spesies-spesies mikrobiota yang berbeda pada usus larva BSF. Menurut Bonelli *et al.* (2020), Usus dari larva BSF dapat dibagi menjadi tiga bagian berdasarkan ciri-ciri morfologi dan fungsional, Bagian-bagian tersebut terdiri dari saluran usus awal atau *foregut*, *midgut*, dan *hindgut*. Bagian *foregut* dan

*midgut* secara fungsional merupakan tempat terjadinya pencernaan dan penyerapan berlangsung, sedangkan pada hindgut merupakan tempat terjadinya penyerapan kembali air, garam, dan molekul-molekul lainnya sehingga yang dikeluarkan hanya berupa feses.

Salah satu mikroorganisme yang dapat memproduksi enzim selulase adalah bakteri (Saropah *et al.*, 2012). Bakteri penghasil enzim selulase disebut sebagai bakteri selulolitik. Bakteri selulolitik mempunyai kemampuan dalam menghidrolisis selulosa menjadi oligosakarida dan akhirnya menjadi glukosa (Rahayu *et al.*, 2014). Selulase merupakan nama enzim yang melakukan pemutusan ikatan glikosidik  $\beta$ -1,4 yang terdapat pada senyawa selulosa, selobiosa, dan senyawa turunan selulosa lainnya (Putri *et al.*, 2012). Selulase dapat dibagi menjadi tiga jenis yaitu endoglukanase, eksoglukanase, dan  $\beta$ -glukosidase (Lee *et al.*, 2014).

Menurut penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Suptiyatna & Ukit (2016), ada sembilan isolat bakteri selulolitik dari usus larva BSF pada bagian *midgut* diisolasi dan diidentifikasi. Aktivitas bakteri selulolitik tertinggi yang diuji adalah *Bacillus* sp. Menurut penelitian Callegari *et al.* (2020), ada 15 isolat bakteri selulolitik yang diisolasi. Salah satu isolat bakteri tersebut adalah *Bacillus licheniformis*

Potensi mikroba pada usus larva BSF diperlukan untuk mengetahui performanya dalam melakukan biokonversi substrat menjadi biomassa larva BSF. Salah satu potensinya adalah bakteri pendegradasi selulosa sehingga bakteri tersebut dapat dimanfaatkan dalam pengolahan limbah (Bruno *et al.*, 2019). Dengan

diketahui bakteri selulolitik yang ada pada usus larva BSF pada penelitian ini, bungkil inti sawit diharapkan menjadi nutrisi bagi larva BSF dan produksi enzim.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah penelitian ini terdiri dari sebagai berikut:

1. Apakah bakteri selulolitik dapat diisolasi dari usus larva BSF?
2. Bagaimana aktivitas selulase secara kuantitatif dari bakteri selulolitik yang berasal dari usus larva BSF?
3. Bagaimana karakteristik dari bakteri selulolitik yang berasal dari usus larva BSF?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini terdiri dari sebagai berikut:

1. Memperoleh isolat bakteri selulolitik dari larva usus BSF.
2. Mengetahui aktivitas selulase secara kuantitatif pada isolat bakteri selulolitik dari usus larva BSF.
3. Mengetahui karakteristik bakteri selulolitik dari usus larva BSF.

### **1.4. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi mengenai potensi bakteri selulolitik dari usus larva BSF dalam mendegradasi selulosa, karakter dan identitas bakteri selulolitik yang mempunyai kemampuan degradasi tinggi, serta dapat dimanfaatkan oleh industri produksi enzim selulase.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ambarita, H. & Kawai, H. (2021). Utilization of Renewable and Conventional Energy in Palm Oil Industry in Indonesia. *IOP Conf. Series : Earth and Environmental Science*, 753: 1-8.
- Ardiansyah, Nurlansi & Musta, R. (2017). Waktu Optimum Hidrolisis Pati Limbah Hasil Olah Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz var. Lahumbu) Menjadi Gula Cair Menggunakan Enzim  $\alpha$ -Amilase Dan Glukoamilase. *Indo. J. Chem. Res*, 5(2) : 86-95.
- Arifin, Z., Gunam, I. B. W., Antara, N. S. & Setiyo, Y. (2019). Isolasi Bakteri Selulolitik Pendegradasi Selulosa dari Kompos. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 7(1) : 30-37.
- Astriani, M. (2017). Skrining Bakteri Selulolitik Asal Tanah Kebun Pisang (*Musa paradisiaca*). *Jurnal Biota*, 3(1) : 6-10.
- Azizah, S. N. (2017). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Selulolitik Asal Jerami padi di Persawahan Bogor Barat. *Jurnal Ilmiah AKFAR*. 2(1) : 19-27.
- Azizah, S. N., Muzakhar, K., & Arimurti, S. (2014). Skrining Bakteri Selulolitik Asal *Vermicomposting* Kelapa Sawit. *Berkala Saintek*, 2(1) : 26-30.
- Baharuddin, M., Patong, A. R. Ahmad, A, & Nafie, N. L. (2014). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Simbion Larva Kupu-Kupu *Cossus cossus* Penghasil Enzim Selulase. *Al-kimia*, 2(2) : 58-68
- Baragan-Fonseca, K. B., M. Dicke and Van Loon J. J. 2018. Influence of larval density and dietary nutrient concentration on performance, body protein, and fat content of black Soldier fly larvae (*Hermentia illucens*). *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 166: 761-770.
- Bonelli, M., Bruno, D., Caccia, S., Sgambetterra, G., Cappellozza, S., Jucker, C., Tettamanti, G. & Casartelli M. (2020). Structural and Functional Characterization of *Hermetia illucens* Larval Midgut. *Front. Physiol*, 10(204) :1-18.
- Boyanova, L. (2017). Direct Gram staining and its various benefits in the diagnosis of bacterial infections. *Postgraduate Medicine*, 130 : 105-110.

- Brown, A. & Smith, H. (2015). *Benson's Microbiological Applications 13<sup>th</sup> Edition*. New York : McGraw-Hill. xvi+hlmn 462.
- Bruno, D., Bonelli, M., Filippis, F. D., Lelio, I. D, Tettamanti, G., Casartelli, M., Ercolini, D., and Caccia, S. (2019). The Intestinal Microbiota of *Hermetia illucens* Larvae Is Affected by Diet and Shows a Diverse Composition in the Different Midgut Region, *Applied and Environmental Microbiology*, 85(2) : 1-14.
- Callegari, M., Jucker, C., Fusi, M., Leonardi, M. G., Daffonchio, D., Borin, S., Savoldelli, S. & Crotti, E. (2020). Hydrolytic Profile of the Culturable Gut Bacterial Community Associated with *Hermetia illucens*, *Frontier in Microbiology*, 11(1965) : 1-13.
- Cappucino, J. G. & Welsh, C. (2019). *Microbiology A Laboratory Manual Twelfth Edition*. New York : Pearson. Xii+hlmn 541
- Caruso, D., Devic, E., Subamia, I. W., Talamond, P. & Baras E. (2013). *Technical Handbook of Domestication and Production of Diptera Black Soldier Fly (BSF) Hermetia illucens First Edition*, Stratiomyidae. Bogor : IPB Press.
- Deshavath, N. N., Mukherjee, G., Goud, V. V., Veeranki, V. D. & Sastri, C. V. (2020). Pitfalls in the 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS) assay for the reducing sugar: Interference of furfural and 5-hydroxymethylfurfural. *International Journal of Biological Macromolecules*, 156 : 180-185.
- De Smet, J., Wyants, E., Cos, P., & Van Campenhout, L. (2018). Microbial Community Dynamics during Rearing of Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*) and Impact on Exploitation Potential. *Applied and Environmental Microbiology*. 84(9) : 1-17.
- Dortmans, B. M. A., Diener, S., Verstappen, B. M. and Zurbrugg, C. (2017). *Black Soldier Biowaste Processing A Step-by-Step Guide*. Dübendorf : Eawag Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology. iv+hlmn 87.
- Ekawati, E. R., Ni'matuzahroh, Surtiningsih, T. & Supriyanto, A. (2012). Eksplorasi dan Identifikasi Bakteri Selulolitik pada Limbah Daduk Tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Berkala Penelitian Hayati (Journal of Biological Researcher)*, 18(1) : 31-34.

- Fransiska, D. dan Murdinah. (2007). Prospek Produksi Agarosa dan Agar Mikrobiologi di Indonesia. *Squalen*, 2(2) : 65-72.
- Hambali, E. & Rivai, M. (2017). The Potential of Palm Oil Waste Biomass in Indonesia in 2020 and 2030. *IOP Conf. Series : Earth and Environmental Science*, 65: 1-2.
- Harahap, A. F., Febriyanti, R., Daulay, I. Z. & Solfan, B. (2021). Perbedaan Komposisi Silase Berbahan Pelepeh dan Bungki Inti Sawit (*Elaeis guineensis*) Terhadap Kualitas Serat. *Jurnal Ilmiah Fillia Cendekia*, 6(2) : 6-11.
- Harjanti, D. W., Ciptaningtyas, R., Wahyono, F., & Setiantin, E. T. (2017). Isolation and identification of bacterial pathogen from masitis milik in Central Java Indonesia. *IOP. Conf Series: Earth and Environmental Science*, 102 : 1-6/
- Hoc, B., Gregoire N., Joachim C., Frederic F. & Ruppy C. M. (2019). Optimization of black soldier fly (*Hermetia illucens*) artificial reproduction. *PLoS ONE*, 14 (4) : 1-13.
- Howdeshell, T. (2016). Bioconversion of Lignocellulosic Biomass by the Black Soldier Fly in combination with Solid State Fermentation for Biofuel and Larval Biomass Production. *Master's Thesis*, University of Saskatchewan, Saskatoon
- Idiawati, N., Harfinda, E. M. & Arianie, L. (2014). Produksi Enzim Selulase oleh *Aspergillus niger* pada Ampas Sagu. *Jurnal Natur Indonesia*, 16(1) : 1-9.
- Intayung, D., Chundang, P., Srikachar, S., Kovitvadhi, A. (2021). Ontogenic development of the digestive enzymes and chemical composition of *Hermetia illucens* larvae of different ages. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 169: 665–673.
- Iram, A. Cekmecelioglu, D., & Dermici, A. (2019). Screening of bacterial and fungal strains for cellulase and xylanase production using dried grained soluble (DDGS) as the main feedstock. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 11 : 1955-1964.
- Isnawati. (2019). Aktivitas Selulolitik Fungi Indigenous pada Fermentasi Pakan Fermentasi Hewan Ruminansia Terbuat dari Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) dan Tongkol Jagung (*Zea mays*). *Jurnal Riset Biologi dan Aplikasinya*, 1(1): 26-31.



- Karthika, A., Seenivasagan, R., Kasimani, R., Babalola, O. O., & Vasanthy, M. (2020). Cellulolytic bacteria isolation, screening, and optimization of enzyme production from vermicompost of paper cup waste. *Waste Management*, 116 : 58-65
- Kim, W., Bae, S., Park, H., Park, K., Lee, S., Choi, Y., Han, S., & Koh, Y. (2010). The Larva Age and Mouth Morphology of Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *International Journal of Industrial Entomology*, 21(2) : 185-187.
- Kim, W., Bae, S., Park, H., Park, K., Lee, S., Choi, Y., Han, S., & Koh, Y. (2011). Biochemical characterization of digestive enzyme in the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 14 : 11-14.
- Klüber, P., Tegtmeire, D., Hurka, S., Pfeiffer, J., Vilcinskas, A., Rühl, M. & Zorn, H. (2022). Diet Fermentation Leads to Microbial Adaptation in Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*; Linnaeus, 1758) Larvae Reared on Palm Oil Side Streams. *Sustainability*, 14(9): 1-23.
- Kresnawaty, I., Wahyu, R., & Sasongko, A. (2017). Aktivitas Amilase Bakteri Amilolitik Asal Larva *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*). *Menara Perkebunan*, 87(2) : 140-146
- Kuhad, R. C., Gupta, R. & Singh, A. (2011). Microbial Cellulases and Their Industrial Applications. *Enzyme Research*, 2011(280696) : 1-10.
- Kusumaningrum, A., Gunam, I.B.W., & Wijaya M. M. (2019). Optimasi Suhu dan pH Terhadap Aktivitas Enzim Endoglukanase Menggunakan Response Surface Methodology (RSM). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Industri*, 7(2): 243 – 253.
- Lee, C. M., Lee Y. S., Seo. S. H., Yoon, S. H., Kim, S. J., Hahn, B. S., Sim, J. S. & Koo, B. S. (2014). Screening and Characterization of a Novel Cellulase Gene from the Gut Microflora of *Hermetia illucens* Using Metagenomic Library. *J. Microbiol. Biotechnol*, 24(9) : 1196-1206.
- Lee, F. H., Wan, S. Y., Foo, H. L., Loh, T. C., Mohamad, R., Rahim, R. A., & Idrus, Z. (2019). Comparative Study of Extracellular Proteolytic, Cellulolytic, & Hemicellulolytic Enzyme Activities and Biotransformation of Palm Kernel

- Cake Biomass by Lactic Bacteria Isolated from Malaysian Food. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(20) : 1-26.
- Leong, S. Y., Shamsul R.M.K., Amirhoseein M. & C.K. Tan. (2015). Feasibility study of biodiesel production using lipids of *Hermetia illucens* larva fed with organic waste. *Waste management*, 47: 84-90.
- 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*, 2014(512497): 1-13.
- Liswanti, Y. (2014). Gambaran Laju Endap Darah (Metode Sedimat) Menggunakan Natrium Sitrat 3,8% dan EDTA yang Ditambah NaCl 0,83%. *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada*, 12(1) :226-235.
- Mahmudah, R., Baharuddin, M. & Sappewali. (2016). Identifikasi Isolat Bakteri Termofilik dari Sumber Air Panas Lejja, Kabupaten Sopeng. *Al-Kimia*, 4(1) : 31-42.
- Mangunwardoyo, W., Aulia, & Hem, S. (2011). Penggunaan Bungkil Inti Kelapa Sawit Hasil Biokonversi Sebagai Substrat pertumbuhan Larva *Hermetia illucens* (Maggot). *Biota*. 16(2) : 166-172.
- Manurung, R., Supriatna, A., Esyanthi, R. R., & Putra, R. E. (2016). Bioconversion of Rice Straw waste by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.): Optimal feed rate for biomass production. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4(4): 1036-1041.
- Marina, Lambui, O., & Suwastika, I. N. (2018). Karakterisasi Selulase Asal Bakteri Tanah Danau Kalimpa'a Sulawesi Tengah. *Natural Science : Journal of Science and Technology*, 7(2) : 138-147.
- Masi, C., Gemechu, G., & Tafesse, M. (2021). Isolation, screening, characterization and identification of alkaline protease-producing bacteria from leather industry effluent. *Annal of microbiology*, 71(24) : 1-11.
- Meryandini, A, Widosari, W., Maranatha, B., Sunarti, T. C., Rachmania, N. & Satria, H. (2009). Isolasi Bakteri Selulolitik dan Karakterisasi Enzimnya. *Makara Sains*, 13(1) : 33-38.

- Moat, A. G., Foster, J. W., dan Spector, M. P. (2002). *Microbial Physiology 4<sup>th</sup> Edition*. New York: Wiley-Liss Inc. xx+ hlmm 714.
- Mujahid, Amin, A. A., Hariyadi & Fahmi, M. R. (2017). Biokonversi Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan *Trichoderma* sp. dan Larva *Black Soldier Fly* Menjadi Pakan Unggas. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*, 5(1) : 5-10.
- Mulyasari, Melati, I. & Sunarno, M. T. D. (2015). Isolasi, Seleksi, dan Identifikasi Bakteri Selulolitik dari Rumput Laut *Turbinaria* sp. dan *Sargassum* sp. Sebagai Kandidat Pendegradasi Serat Kasar Pakan Ikan. *Jurnal Riset Akuakultur*, 10(1) :51-60.
- Murray, R. K., Bender, D. A., Botham, K. M., Kennelly, P. J., Rodwell, V. W., & Weil, P. A. (2009). *Harper's Illustrated Biochemistry 28<sup>th</sup> Edition*. New York : McGraw Hill. x+hlmm 693.
- Murtafi'ah, N., Fadhilah, F. R., & Kodariah, L. 2021. Pengaruh Penambahan Serasah Daun *Muntingia Calabra* terhadap Aktivitas Konsorsium Bakteri Kotoran Kambing dalam Bioremediasi Logam Mn pada Limbah Rumah Sakit. *Jurnal Biotek Medisiana Indonesia*. 10(1) : 49-64.
- Murtiyaningsih, H., & Hazmi, M. (2017). Isolasi dan Uji Aktivitas Enzim Selulase pada Bakteri Selulolitik Asal Tanah Sampah. *Agritop*, 15(2). 293–308.
- Nababan, M., Gunam, I. B. W. & Wijaya, I. M. M. (2019). Produksi Enzim Selulase Kasar dari Bakteri Selulolitik, *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 7(2) : 190-199.
- Nelson, D. L. & Cox, M. M. (2017). *Lehninger Principles of Biochemistry Seventh Edition*. New York : W. H. Freeman. liv + hlmm 3206.
- Pasaribu, T. (2018). Upaya Meningkatkan Kualitas Bungkil Inti Sawit Melalui Teknologi Fermentasi dan Penambahan Enzim pada Unggas. *Wartazoa*, 28(3) : 119-128.
- Pelezar, M .L. Jr., Chan, E.C.S. (2008) *Dasar-dasar Mikrobiologi, Volume ke-1*. Hadioetomo, R.S., Imas, T., Tjitrosomo, S.S., Angka, S.L., penerjemah; Jakarta : UI-Press. Terjemahan dari: Elements of Microbiology.

- Peristiwati, Y. S. ,Natamihardja & Herlini, H. (2018). Isolation and identification of cellulolytic bacteria termite gut (*Cryptotermes* sp.). *J. phys.: conf. Ser*, 1013 : 1-6.
- Pujiati, E. B. Kiswardiata & Solikati, W. (2014).Pengaruh Konsentrasi dan Lama Inkubasi Terhadap Aktivitas Enzim Selulase dari Kapang *Aspergillus niger*, *Jurnal Penelitian LPPM*. 2(1) : 19-24.
- Purkan, P., Purnama, H. & Sumarsih, S. (2015). Produksi Enzim Selulase dari *Aspergillus niger* Menggunakan Sekam Padi dan Ampas Tahu sebagai Induser. *Jurnal Ilmu Dasar*, 16(2) : 95-102.
- Puspitasari, D. & Ibrahim, M. (2020). Optimasi Aktivitas Selulase Ekstraseluler Isolat Bakter EG 2 Isolasi dari Bungkil Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* jacq.). *LenteraBio*, 9(1) : 42-50
- Putri, D. R., Agustono & Subekti, S. (2012). Kandungan Bahan Kering, Serat Kasar, dan Protein Kasar pada Daun Lamtoro (*Leucana glauca*) yang difermentasi dengan Probiotik Sebagai Bahan Pakan Ikan. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 4(2) : 161-167.
- Rachmawati, Buchori, D., Hidayat, P., Hem, S. & Fahmi, M. R. (2010). Perkembangan dan Kandungan Nutrisi Larva *Hermetia illucens* (Linnaeus) (Diptera: Stratiomyidae) pada Limbah Bungkil Inti Kelapa Sawit. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 7(1) : 28-41.
- Rahayu, A. G., Haryani, Y. & Puspita F. (2014). Uji Aktivitas Selulolitik dari Tiga Isolat *Bacillus* sp. Galur Lokal Riau. *JOM FMIPA*. 1(2) : 319-326.
- Raksasat, R., Lim, J. W., Kiatkittipong, W., Kiatkittipong, K., Ho, Y. C., Lam, M. K., Font-Palma, C., Zaid, H. F. M. & Cheng, C. K. (2020). A review of organic waste enrichment for inducing patability of black Soldier fly larvae: water to valuable resource. *Environmental Pollution*, 267: 1-17.
- Ratnaningsih, H. R ., Prameswari, D. A. & Taopan, R. A. (2020). Isolasi Bakteri Pendegradasi Pestisida dan Herbisida. *SCIENCE TECH : Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 6(1) :17-25.
- Ratnayani, O., Yulianthi, P. E. & Wirajana, I. N. (2021), Fraksinasi Selulase Mikroba Selulolitik dengan Amonium Sulfat dan Amobilisasi pada Agar-Agar

- komersial. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 8(1) : 1-9.
- Rupaedah, B., Amanda, D. V. Indrayanti, R., Asiani, N., Sukmadi, B., Ali, A., Wahid, A., Firmansyah, T. & Sugianto, M. (2018). Aktivitas *Stenotrophomonas rhizophila* dan *Trichoderma* sp. dalam Menghambat Pertumbuhan *Ganoderma boninense*. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia*, 5(1) : 53-63.
- Safika, Matondang, S. W., Darmawi, Abral, M., Erina & Jalaluddin, M. (2017). Total Colony of Cellulolytic Bacteria in The Rumen of Aceh Cattle. *Jurnal Medika Veterinaria*, 11(1) : 51-58.
- Saropah. D. A., Jannah, A. & Maunatin, A. (2012). Kinetika Reaksi Enzimatik Ekstrak Kasar Enzim Selulase Bakteri Selulolitik Hasil Isolasi dari Bekatul. *Alchemy*, 2(2) : 34-45.
- Sholihati, A. M., Soeka, M. & Santi. (2015). Produksi dan Uji Aktivitas Enzim Selulase dari Bakteri *Bacillus subtilis*. *Al-kimia*. 3(2) : 78-90.
- Shrotori, A., Kobayashi, H., & Fukuoka, A. 2017. Catalytic Conversion of Structural Carbohydrates and Lignin to Chemicals. *Advances in Catalysis*, 60 : 59-123.
- Silitonga, H., Tafsin, M., & Budi, U. (2015). Pengaruh Penambahan Endopower  $\beta$  pada Ransum Yang Mengandung Bungkil Inti Sawit Terhadap Karkas dan Organ dalam Ayam Broiler. *Jurnal Peternakan Integratif*, 3(3) : 355-366.
- Soeka, Y. S. & Ilyas, M. (2018). Ability of *Penicillium griseofulvum* Inacc F 14 in Producing Cellulase Enzyme for Composting Media Plant of White Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fr.) P. Kumm and Ear Mushrooms (*Auricularia auricula* J.). *IOP Conf. Series : Earth and Environmental Science*, 166 : 1-13.
- Sousa, A. M., Machado, I, Nicolau, A., & Pereira, O. (2013). Improvement on colony morphology identification towards bacterial profiling. *Journal of Microbiological Methods*, 95 : 327-335.
- Sukmawati. (2018). Isolasi Bakteri Selulolitik dari Limbah Pisang. *Jurnal Biotropic*, 2(1) : 46-52.

- Supriyati & Haryanto. (2011). Bungkil Inti Sawit Terproteksi Molase Sebagai Sumber Protein pada Kambing Peranakan Etawah Jantan Muda. *JITV*, 16(1) :17-24.
- 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.
- Surendra, K. C., Tomberlin, J. K., Van Huis, A., Cammack, J. A., Heckmann, L. H. L., & Khanak, S. K. (2020). Rethinking organic wastes bioconversion: Evaluating the potential of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) (Diptera: Stratiomyidae) (BSF). *Waste Management*, 117 : 58-80.
- Sutari, N. W. S. (2020). Isolasi dan Identifikasi Morfologi Jamur Selulolitik dari Limbah Rumah Tangga di Desa Sanur Kauh, Bali. *Agrovigor : Jurnal Agroteknologi*, 13(2) : 100-105.
- Talantan, V. M., Marina, Lambui, O. & Suwastika, I. N. (2018). Aktivitas Selulase dari Jamur Selulolitik Asal Tanah Danau Kalimpa'a Sulawesi Tengah. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 7(3) : 323-333.
- Ulfa, A., Suarsini, E., & Al-Mudhar, M. H. I. (2016). Isolasi dan Uji Sensitivitas Merkuri pada Bakteri dari Limbah Penambangan Emas di Sekotong Barat Kabupaten Lombok Barat: Penelitian Pendahuluan. *Proceeding Biology Education Conference*, 13(1): 793-799.
- Urry, L. A., M. L. Cain, S. A. Wasserman, P. V. Minorsky and R. B. Orr. (2021). *Campbell Biology 12<sup>th</sup> Edition*. Hoboken : Pearson. xlvii + hlmn 1402.
- Ventorino, V., Aliberti, A., Faraco, V., Robertiello, A., Giacobbe, S., Ercolino, D., Amore, A., Fagnano, M., & Pepe, O. 2015. Exploring the microbiota dynamics related to vegetable biomasses degradation and study of lignocellulose-degrading bacteria for industrial biotechnological application. *Scientific Reports*, 5 (8161) : 1-13.
- Vos, P., Garrity, G. M., Jones, D., Krieg, N. R., Ludwig, W., Rainey, F. A., Schleifer, K. H., & Whitman, W. B. (2009). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology 2<sup>nd</sup> Edition Volume 3 : The Firmicutes*. New York : Springer. xxvii + hlmn 1422.

- Wahyuningsih, N. & Zulaika, E. (2018). Perbandingan Pertumbuhan Bakteri Selulolitik pada Media *Nutrient Broth* dan *Carboxy Methyl Cellulose*. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 7(2) : 36-38.
- Wardhana, A. H. (2016). *Black Soldier Fly (Hermetia illucens)* sebagai Sumber Protein Alternatif untuk Pakan Ternak. *Wartazoa*, 26 (2) : 69-78.
- Widyastuti, D. A. & Salsabilla, N. (2021). Potensi Bungkil Inti Sawit Sebagai Campuran Media Tanam pada Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Jurnal Teknologi Agro-Industri*, 8(1) : 1-10.
- Wisdawati, E., Kuswinanti, T., Rosmana, A., & Nastuddin, A. (2021). Screening and identificartion of cellulolytic fungi at rhizosphere of safira taro plant. *IOP Conf. Series : Earth and Environmental Science*, 807 : 1-5.
- Yogyaswari, S. A., Rukmi, M. G. I., & Raharjo, B. (2016). Eksplorasi Bakteri Selulolitik dari Cairan Rumen Sapi Peranakan *Fries Holland* (PFH) dan *Liou sine* Peranakan Ongole (Limpo). *Jurnal biologi*, 5(4) : 70-80.
- Yusnia, E. D., Gunam, I. B. W., & Antara, N. S. (2018). Isolasi dan Skrining Bakteri Selulolitik dari Beberapa Tanah Hutan di Bali. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindusri*, 7(1) : 11-20.
- Zhineng, Y., Ma Y., Tang B., Zeng R. & Zhou Q. (2021). Intestinal microbiota and functional characteristic of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *Annals of Microbiology*, 71 (13) : 1-9.