



**UJI AKTIVITAS ENZIM SELULASE SECARA KUALITATIF DARI
MAGGOT BLACK SOLDIER FLY (*Hermetia illucens*) DARI
BERBAGAI MEDIA HIDUP SEBAGAI BIOAKTIVATOR
FERMENTASI PAKAN TERNAK**

SKRIPSI

OLEH:

**NAMA : DEWI INDRIANI
N.P.M : 1713060024
PRODI : PETERNAKAN**

**PROGRAM STUDI PETERNAKAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
MEDAN
2021**

**UJI AKTIVITAS ENZIM SELULASE SECARA KUALITATIF DARI
MAGGOT BLACK SOLDIER FLY (*Hermetia illucens*) DARI
BERBAGAI MEDIA HIDUP SEBAGAI BIOAKTIVATOR
FERMENTASI PAKAN TERNAK**

SKRIPSI

OLEH

DEWI INDRIANI
1713060024

**Skripsi Ini Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Peternakan Pada Program Studi Peternakan Fakultas Sains dan
Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi**

Disetujui oleh :

Komisi Pembimbing



Warisman, S.Pt., M.Pt
Pembimbing I



Tengku Gilang Pradana, S.Si., M.Si
Pembimbing II



Andhika Putra, S.Pt., M.Pt
Ketua Program Studi



**PROGRAM STUDI PETERNAKAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
MEDAN
2021**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : DEWI INDRIANI
NPM : 1713060024
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Program Studi : PETERNAKAN
Judul Skripsi : UJI AKTIVITAS ENZIM SELULASE SECARA KUALITATIF DARI MAGGOT
BLACK SOLDIER FLY (*Hermetia illucens*) DARI BERBAGAI MEDIA
HIDUP SEBAGAI BIOAKTIVATOR FERMENTASI PAKAN TERNAK

Dengan Ini Menyatakan Bahwa :

1. Skripsi Ini Merupakan Hasil Karya Tulis Saya Sendiri Dan Bukan Merupakan Hasil Karya Orang Lain (Plagiat).
2. Skripsi Saya Bersedia Dipublikasikan Oleh Lembaga
3. Terdapat Revisi/Perbaikan Dalam Skripsi Saya.

Demikian Surat Pernyataan Ini Saya Buat Untuk Memenuhi Persyaratan Pengambilan Hasil Plagiat Checker Saya, Atas Perhatiannya Saya Ucapkan Terimakasih.

Medan, September 2021
Yang Membuat Pernyataan



DEWI INDRIANI

**SURAT PERNYATAAN
PERUBAHAN JUDUL SKRIPSI**

Saya yang bertanda-tangan di bawah ini :

Nama : Dewi Indriani
NPM : 1713060024
Program Studi : Peternakan
Konsentrasi : -

menyatakan **benar** bahwa judul skripsi saya mengalami perubahan sesuai dengan arahan dari dosen pembimbing saya. Judul skripsi saya pertama yang telah disetujui adalah :
" Uji Aktivitas Enzim Selulosa Secara Kuantitatif Dari TKS
sebagai Bioaktivator Fermentasi Pakan. "

dan judul skripsi saat ini setelah diubah adalah :

" Uji Aktivitas Enzim Selulase Secara Kualitatif Dari Maggot
Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Dari Berbagai Media
Hidup Sebagai Bioaktivator Fermentasi Pakan Ternak. "

Demikian surat pernyataan ini saya perbuat dengan sebenar-benarnya.

Medan, 11 Juli 2021

Dibuat oleh,



Dewi Indriani

NPM. 1713060024

Diketahui oleh,

Dosen Pembimbing I



Warismah, S.Pt., M.Pt

Dosen Pembimbing II



Tengku Gilang Pradana, S.Si., M.Si



UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI

Jl. Jend. Gatot Subroto KM 4,5 Fax. 061-8458077 PO.BOX : 1099 MEDAN

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI ARSITEKTUR	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI SISTEM KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI PETERNAKAN	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI	(TERAKREDITASI)

PERMOHONAN JUDUL TESIS / SKRIPSI / TUGAS AKHIR*

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : DEWI INDRIANI
 Tempat/Tgl. Lahir : PURWOJOYO / 25 Februari 1999
 Nomor Pokok Mahasiswa : 1713060024
 Program Studi : Peternakan
 Konsentrasi :
 Jumlah Kredit yang telah dicapai : 143 SKS, IPK 3.73
 Nomor Hp : 082361862974
 Dengan ini mengajukan judul sesuai bidang ilmu sebagai berikut :

No.	Judul
1.	Uji Aktivitas Enzim Selulosa Secara Kuantitatif Dari Tkks Sebagai Bioaktivator Fermentasi Pakan.0

Catatan : Diisi Oleh Dosen Jika Ada Perubahan Judul

Uji Aktivitas Enzim Selulase Secara Kualitatif Dari Maggot Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Dari Berbagai Media Hidup Sebagai Bioaktivator *Coret Yang Tidak Perlu Fermentasi Pakan Ternak.



(Cahyo Pramono, S.E., M.M.)

Medan, 08 Juli 2021

Pemohon,

(Dewi Indriani)

Tanggal :

Disahkan oleh :
 Dekan
 (Hanandani, ST., MT.)

Tanggal : 08 Juli 2021

Disetujui oleh :
 Dosen Pembimbing I :
 (Warisman, SPl., M.Pt.)

Tanggal :

Disetujui oleh :
 Ka. Prodi Peternakan
 (Andhika Putra, S.Pt., M.Pt.)

Tanggal : 08 Juli 2021

Disetujui oleh :
 Dosen Pembimbing II :
 (Tengku Gilang Pradana, S.Si., M.Si.)

No. Dokumen: FM-UPBM-18-02	Revisi: 0	Tgl. Eff: 22 Oktober 2018
----------------------------	-----------	---------------------------

Sumber dokumen: <http://mahasiswa.pancabudi.ac.id>

Dicetak pada: Kamis, 08 Juli 2021 14:13:41



YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

JL. Jend. Gatot Subroto KM 4,5 PO. BOX 1099 Telp. 061-30106057 Fax. (061) 4514808
 MEDAN - INDONESIA

Website : www.pancabudi.ac.id - Email : admin@pancabudi.ac.id

LEMBAR BUKTI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : DEWI INDRIANI
NPM : 1713060024
Program Studi : Peternakan
Jenjang Pendidikan : Strata Satu
Dosen Pembimbing : Warisman, Spt.,M.Pt
Judul Skripsi : Uji Aktivitas Enzim Selulase Secara Kualitatif Dari Maggot Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*)
 Dari Berbagai Media Hidup Sebagai Bioaktivator Fermentasi Pakan Ternak

Tanggal	Pembahasan Materi	Status	Keterangan
16 Februari 2021	ACC seminar proposal	Disetujui	
07 Juli 2021	ACC seminar Hasil	Disetujui	
07 Juli 2021	ACC seminar Hasil	Disetujui	
05 Agustus 2021	ACC Sidang Meja Hijau	Disetujui	

Medan, 19 Oktober 2021
 Dosen Pembimbing,



Warisman, Spt.,M.Pt



YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

JL. Jend. Gatot Subroto KM 4,5 PO. BOX 1099 Telp. 061-30106057 Fax. (061) 4514808
MEDAN - INDONESIA

Website : www.pancabudi.ac.id - Email : admin@pancabudi.ac.id

LEMBAR BUKTI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : DEWI INDRIANI
NPM : 1713060024
Program Studi : Peternakan
Jenjang Pendidikan : Strata Satu
Dosen Pembimbing : Tengku Gilang Pradana, S.Si., M.Si
Judul Skripsi : Uji Aktivitas Enzim Selulase Secara Kualitatif Dari Maggot Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*)
 Dari Berbagai Media Hidup Sebagai Bioaktivator Fermentasi Pakan Ternak

Tanggal	Pembahasan Materi	Status	Keterangan
16 Februari 2021	ACC Seminar Proposal	Disetujui	
07 Juli 2021	ACC Seminar Hasil	Disetujui	
05 Agustus 2021	ACC sidang Meja Hijau	Disetujui	

Medan, 19 Oktober 2021
Dosen Pembimbing,



Tengku Gilang Pradana, S.Si., M.Si

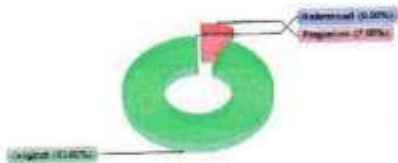
Assigned document: DEWI INDRIANI [7213010000]_PETERNAKAN.docx Uploaded by: Universitas Pembangunan Panca Budi_License02

Comparison Method: Rewrite Detected language: Internet Check



Document processed only analysis

Maximum score:



SURAT KETERANGAN PLAGIAT CHECKER

Dengan ini saya Ka.LPMU UNPAB menerangkan bahwa surat ini adalah bukti pengesahan dari LPMU sebagai pengesah proses plagiat checker Tugas Akhir/ Skripsi/Tesis selama masa pandemi *Covid-19* sesuai dengan edaran rektor Nomor : 7594/13 R.2020 Tentang Pemberitahuan Perpanjangan PBN Online.

Demikian disampaikan.

NB. Segala penyalahgunaan pelanggaran atas surat ini akan di proses sesuai ketentuan yang berlaku UNPAB.



No Dokumen : PM-UJMA-06-02	Revisi : 00	Tgl Eff : 23 Jan 2019
----------------------------	-------------	-----------------------



YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
LABORATORIUM DAN KEBUN PERCOBAAN
Jl. Jend. Gatot Subroto Km 4,5 Sei Sikambang Telp. 061-8455571
Medan - 20122

KARTU BEBAS PRAKTIKUM
Nomor. 224/KBP/LKPP/2021

Yang bertanda tangan dibawah ini Ka. Laboratorium dan Kebun Percobaan dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : DEWI INDRIANI
N.P.M. : 1713060024
Tingkat/Semester : Akhir
Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
Jurusan/Prodi : Peternakan

Benar dan telah menyelesaikan urusan administrasi di Laboratorium dan Kebun Percobaan Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 29 Juli 2021
Ka. Laboratorium


M. Wasito, S.P., M.P.



No. Dokumen : FM-LABO-06-01	Revisi : 01	Tgl. Efektif : 04 Juni 2015
-----------------------------	-------------	-----------------------------



YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
Jl. Jend. Gatot Subroto KM. 4,5 Medan Sunggal, Kota Medan Kode Pos 20122

SURAT BEBAS PUSTAKA
NOMOR: 170/PERP/BP/2021

Kepala Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi menerangkan bahwa berdasarkan data pengguna perpustakaan atas nama saudara/i:

Nama : DEWI INDRIANI
N.P.M. : 1713060024
Tingkat/Semester : Akhir
Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
Jurusan/Prodi : Peternakan

Bahwasannya terhitung sejak tanggal 29 Juli 2021, dinyatakan tidak memiliki tanggungan dan atau pinjaman buku sekaligus tidak lagi terdaftar sebagai anggota Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 29 Juli 2021
Diketahui oleh,
Kepala Perpustakaan



Rahmad Budi Utomo, ST.,M.Kom

No. Dokumen : FM-PERPUS-06-01
Revisi : 01
Tgl. Efektif : 04 Juni 2015

SURAT PERNYATAAN

yang Bertanda Tangan Dibawah Ini :

: DEWI INDRIANI

: 1713060024

/Tgl. : PURWOJOYO / 25 Februari 1999

: Dusun VI Purwojoyo

: 082361862974

Orang : Waskito/Lismardiana

as : SAINS & TEKNOLOGI

an : Peternakan

: Uji Aktivitas Enzim Selulase Secara Kualitatif Dari Maggot Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Dari Berbagai Media Hidup Sebagai Bioaktivator Fermentasi Pakan Ternak

sa dengan surat ini menyatakan dengan sebenar - benarnya bahwa data yang tertera diatas adalah sudah benar sesuai dengan pada pendidikan terakhir yang saya jalani. Maka dengan ini saya tidak akan melakukan penuntutan kepada UNPAB. Apabila ada in data pada ijazah saya.

anlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar - benarnya, tanpa ada paksaan dari pihak manapun dan dibuat dalam n sadar. Jika terjadi kesalahan, Maka saya bersedia bertanggung jawab atas kelalaian saya.

Medan, 10 Agustus 2021

METERAI
TEMPEL



6000
ENAM RIBU RUPIAH

DEWI INDRIANI
1713060024

**UJI AKTIVITAS ENZIM SELULASE SECARA KUALITATIF DARI
MAGGOT BLACK SOLDIER FLY (*Hermetia illucens*) DARI
BERBAGAI MEDIA HIDUP SEBAGAI BIOAKTIVATOR
FERMENTASI PAKAN TERNAK**


SKRIPSI


OLEH

DEWI INDRIANI
1713060024

**Skripsi ini Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Peternakan Pada Program Studi Peternakan Fakultas Sains dan
Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi**

Disetujui oleh :

^{9/9 2021}

Warisman, S.Pt., M.Pt
Pembimbing I

^{6/8/21}

Tengku Gilang Pradana, S.Si., M.Si
Pembimbing II


Andhika Putra, S.Pt., M.Pt
Ketua Program Studi



**PROGRAM STUDI PETERNAKAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
MEDAN
2021**

**UJI AKTIVITAS ENZIM SELULASE SECARA KUALITATIF DARI
MAGGOT BLACK SOLDIER FLY (*Hermetia illucens*) DARI
BERBAGAI MEDIA HIDUP SEBAGAI BIOAKTIVATOR
FERMENTASI PAKAN TERNAK**

SKRIPSI

OLEH

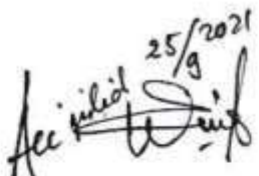
DEWI INDRIANI


1713060024


**Skripsi Ini Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Peternakan Pada Program Studi Peternakan Fakultas Sains dan
Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi**

Disetujui oleh :

Komisi Pembimbing


Warisman, S.Pt., M.Pt
Pembimbing I


Tengku Gilang Pradana, S.Si., M.Si
Pembimbing II


Andhika Putra, S.Pt., M.Pt
Ketua Program Studi



**PROGRAM STUDI PETERNAKAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
MEDAN
2021**

Permohonan Meja Hijau

Medan, 10 Agustus 2021
 Kepada Yth : Bapak/Ibu Dekan
 Fakultas SAINS & TEKNOLOGI
 UNPAB Medan
 Di -
 Tempat

Yang hormat, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : DEWI INDRIANI
 Tanggal/Tgl. Lahir : PURWOJOYO / 25 Februari 1999
 Orang Tua : Waskito
 NIM : 1713060024
 Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
 Program Studi : Peternakan
 Nomor Ponsel : 082361862974
 Alamat : Dusun VI Purwojoyo

Yang bermohon kepada Bapak/Ibu untuk dapat diterima mengikuti Ujian Meja Hijau dengan judul **Uji Aktivitas Enzim Selulase Secara Kualitatif Dari Maggot Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Dari Berbagai Media Hidup Sebagai Bioaktivator Fermentasi Pakan Ternak**, untuknya saya menyatakan :

- Melampirkan KKM yang telah disahkan oleh Ka. Prodi dan Dekan
- Tidak akan menuntun ujian perbaikan nilai mata kuliah untuk perbaikan indeks prestasi (IP), dan mohon diterbitkan ijazahnya setelah lulus ujian meja hijau.
- Telah tercapai keterangan bebas pustaka
- Terselip surat keterangan bebas laboratorium
- Terselip pas photo untuk ijazah ukuran 4x6 = 5 lembar dan 3x4 = 5 lembar Hitam Putih
- Terselip foto copy STTB SLTA dilegalisir 1 (satu) lembar dan bagi mahasiswa yang lanjutan D3 ke S1 lampirkan ijazah dan transkripnya sebanyak 1 lembar.
- Terselip pelunasan kwintansi pembayaran uang kuliah berjalan dan wisuda sebanyak 1 lembar
- Skripsi sudah dijilid lux 2 exemplar (1 untuk perpustakaan, 1 untuk mahasiswa) dan jilid kertas jeruk 5 exemplar untuk penguji (bentuk dan warna penjiilidan diserahkan berdasarkan ketentuan fakultas yang berlaku) dan lembar persetujuan sudah ditandatangani dosen pembimbing, prodi dan dekan
- Soft Copy Skripsi disimpan di CD sebanyak 2 disc (Sesuai dengan Judul Skripsinya)
- Terselip surat keterangan BKKOL (pada saat pengambilan ijazah)
- Setelah menyelesaikan persyaratan point-point di atas berkas dimasukkan ke dalam MAP
- Bersedia melunaskan biaya-biaya yang dibebankan untuk memproses pelaksanaan ujian dimaksud, dengan rincian sbb :

1. [102] Ujian Meja Hijau	: Rp.	1,000,000
2. [170] Administrasi Wisuda	: Rp.	1,750,000
Total Biaya	: Rp.	2,750,000

Ukuran Toga :

M

Ditandatangani/Dijetujui oleh :

Hormat saya



DEWI INDRIANI
 1713060024

Wani, ST., MT.
 Fakultas SAINS & TEKNOLOGI

- Surat permohonan ini sah dan berlaku bila ;
 - a. Telah dicap Bukti Pelunasan dari UPT Perpustakaan UNPAB Medan.
 - b. Melampirkan Bukti Pembayaran Uang Kuliah aktif semester berjalan
- Dibuat Rangkap 3 (tiga), untuk - Fakultas - untuk BPAA (asli) - Mhs.ybs.

ABSTRAK

Bakteri selulolitik merupakan bakteri penghasil enzim selulase yang mampu mendegradasi substrat selulosa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas enzim selulase secara kualitatif dan pewarnaan gram pada bakteri selulolitik maggot BSF dari berbagai media hidup yang berbeda sebagai bioaktivator fermentasi pakan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan isolat bakteri yang diperoleh kemudian di uji aktivitas selulolitiknya secara kualitatif melalui pembentukan zona bening yang dihasilkan dari pewarnaan dengan *congo red* 0,1% untuk menguji potensi selulolitiknya (potensi selulolitik ditandai dengan munculnya zona bening di sekitar koloni) dan selanjutnya dilakukan pewarnaan gram. Hasil isolasi bakteri dari 8 isolat yang berpotensi mendegradasi selulosa yaitu 3 isolat berasal dari media limbah sayur, 4 isolat berasal dari media feses puyuh, dan 1 isolat berasal dari media tkks. Hasil penelitian untuk indeks selulolitik dari media yang berbeda sebagai berikut M1 Sp2 yaitu 1,148 mm, M1 Sp3 yaitu 0,429 mm, M1 Sp4 yaitu 0,923 mm, M2 Sp2 yaitu 0,094 mm, M2 Sp3 yaitu 0,488 mm, M2 Sp4 yaitu 0,471 mm, M2 Sp7 yaitu 0,331 mm, dan M3 Sp7 yaitu 0,261 mm. Hasil indeks selulolitik tersebut terdapat 3 indeks selulolitik yang tertinggi yaitu indeks selulolitik pada media limbah sayur, M1 Sp2 yaitu 1,148 mm, M1 Sp4 yaitu 0,923 mm dan indeks selulolitik pada media limbah feses puyuh M2 Sp3 yaitu 0,488 mm. Hasil dari pewarnaan gram terdapat 1 jenis bakteri gram positif dan 7 jenis bakteri gram negatif.

Kata Kunci : Maggot BSF, Enzim Selulase, Uji Kualitatif, dan Pewarnaan Gram.

ABSTRACT

Cellulolytic bacteria are bacteria that produce cellulase enzymes that are able to degrade cellulose substrates. This study aims to determine the activity of cellulase enzymes qualitatively and gram staining on BSF maggot cellulolytic bacteria from various different living media as feed fermentation bioactivators. The method used in this study was to use bacterial isolates obtained and then to test their cellulolytic activity qualitatively through the formation of a clear zone resulting from staining with 0.1% Congo red to test their cellulolytic potential (cellulolytic potential is indicated by the appearance of a clear zone around the colony).) and then gram staining was performed. The results of bacterial isolation from 8 isolates that had the potential to degrade cellulose were 3 isolates from vegetable waste media, 4 isolates from quail feces media, and 1 isolate from tkks media. The results for the cellulolytic index of different media are as follows: M1 Sp2 is 1.148 mm, M1 Sp3 is 0.429 mm, M1 Sp4 is 0.923 mm, M2 Sp2 is 0.094 mm, M2 Sp3 is 0.488 mm, M2 Sp4 is 0.471 mm, M2 Sp7 is 0.331 mm, and the M3 Sp7 is 0.261 mm. The results of the cellulolytic index showed that the 3 highest cellulolytic indexes were the cellulolytic index in vegetable waste media, M1 Sp2 was 1.148 mm, M1 Sp4 was 0.923 mm and the cellulolytic index in quail waste media M2 Sp3 was 0.488 mm. The results of gram staining contained 1 type of gram positive bacteria and 7 types of gram negative bacteria.

Keywords: *BSF Maggot, Cellulase Enzyme, Qualitative Test, and Gram Stain.*

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur Penulis Panjatkan Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa berkat rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana S.Pt Program Studi Peternakan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi Medan. Skripsi berjudul “ Uji Aktivitas Enzim Selulase Secara Kualitatif Dari Maggot Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Dari Berbagai Media Hidup Sebagai Bioaktivator Fermentasi Pakan Ternak “

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. H. Muhammad Isa Indrawan, SE., MM selaku Rektor Universitas Pembangunan Panca Budi.
2. Bapak Hamdani, ST., M.T selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi.
3. Bapak Andhika Putra, S.Pt., M.Pt selaku Ketua Program Studi Peternakan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi.
4. Bapak Warisman, S.Pt., M.Pt selaku Pembimbing I yang telah membimbing dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Tengku Gilang Pradana, S.Pt., M.Si selaku Pembimbing II yang telah membimbing dalam penyusunan skripsi ini.
6. Seluruh dosen Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi yang telah memberikan ilmu pengetahuannya kepada penulis.
7. Orang tua tercinta ayahanda Waskito dan ibunda Lismardiana yang telah memberikan dukungan baik secara moril maupun materil dan selalu

mendoakan saya dan juga untuk adek tersayang Fradilla Dama Yanti yang telah memberikan semangat serta seluruh keluarga yang memberikan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat waktu.

8. Kakakku Cici Widiya dan sahabat-sahabatku Yulia Hasibuan, Dyah Sholeha, Sindi astika, dan Arum Cahayati yang telah memotivasi saya dan memberikan dorongan agar saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan tepat waktu.
9. Teman-teman mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi Program Studi Peternakan yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan masukan dari pembaca untuk kebaikan tulisan ini nantinya. Atas perhatiannya penulis ucapkan terima kasih, semoga skripsi ini bermanfaat.

Medan, Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	hal
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
RIWAYAT HIDUP	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang.....	1
Tujuan Penelitian	3
Hipotesis Penelitian	3
Kegunaan Penelitian	3
TINJAUAN PUSTAKA	4
Maggot Black Soldier Fly (BSF).....	4
Siklus Hidup <i>H. illucens</i>	5
Morfologi Larva <i>H. illucens</i>	7
Selulosa dan Selulase	8
Bakteri Selulolitik Pada Usus Larva <i>H. illucens</i>	9
Pewarnaan Gram Bakteri Selulolitik	10
BAHAN DAN METODE PENELITIAN	12
Tempat dan Waktu Penelitian.....	12
Bahan dan Alat Penelitian	12
Metode Penelitian	12
PELAKSANAAN PENELITIAN	13
Isolat Bakteri Selulolitik dari Maggot BSF	13
Uji Aktivitas Enzim Secara Kualitatif	13
Pewarnaan Gram Positif Dan Negatif	14
Parameter Penelitian	16
HASIL DAN PEMBAHASAN	17
Hasil.....	17
Pembahasan	21
KESIMPULAN DAN SARAN	25
Kesimpulan.....	25
Saran	25

DAFTAR PUSTAKA	26
LAMPIRAN	29

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
1.	Hasil Pengujian dan Pengukuran Zona Bening Bakteri Selulolitik Secara Kualitatif	17
2.	Hasil Pewarnaan Gram Negatif Dan Negatif	19

DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
1.	Siklus hidup <i>Black Soldier Fly</i> (<i>H. illucens</i>)	5
2.	Morfologi Larva <i>H. illucens</i>	8
3.	Hasil uji aktifitas enzim selulase secara kualitatif Menggunakan <i>Congored</i>	18
4.	Pewarnaan Gram Bakteri Selulolitik.....	20

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Keinginan masyarakat Indonesia semakin hari semakin meningkat untuk protein hewani. Masyarakat sudah mulai memperhatikan kualitas protein hewani yang dikonsumsinya. Protein hewani ditentukan oleh nutrisi pakan yang dikonsumsi oleh ternak. Pakan merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam menentukan keberhasilan dari suatu usaha peternakan selain dari bibit, manajemen dan kesehatan ternak, namun pakan adalah komponen yang memiliki biaya besar dalam usaha peternakan. Pakan yang memiliki kandungan protein yang tinggi lebih mahal dibandingkan dengan pakan lainnya sedangkan pakan sangat berpengaruh terhadap produktivitas ternak. Salah satu alternatif ketersediaan pakan dengan harga yang murah yaitu dengan memanfaatkan limbah pertanian dan agroindustri yang dapat memperbaiki ketersediaan pakan ternak. Selain itu pemanfaatan limbah pertanian sebagai pakan ternak akan mengurangi ketergantungan terhadap pakan hijauan yang berasal dari lahan budidaya pakan ternak yang jumlahnya terbatas.

Salah satu pengolahan pakan yaitu fermentasi dengan memanfaatkan bakteri selulolitik dari maggot BSF. Maggot Black Soldier Fly (BSF) merupakan lalat tentara hitam (*Hermetia illucens*), salah satu serangga yang mulai banyak dipelajari karakteristiknya dan kandungan nutriennya. Lalat ini berasal dari Amerika dan selanjutnya tersebar ke wilayah subtropis dan tropis di dunia. Keadaan iklim tropis Indonesia sangat bagus untuk budidaya BSF. Maggot BSF memiliki kandungan protein cukup tinggi, yaitu 40-50% dengan kandungan lemak

berkisar 29-32% sehingga dapat dikembangkan sebagai pakan ternak. Maggot BSF dapat mencerna pakan dengan bantuan beberapa enzim dalam pencernaannya seperti enzim selulase yang diperoleh dari bakteri selulolitik.

Bakteri selulolitik merupakan bakteri yang mampu menghasilkan selulase dan menghidrolisis selulosa menjadi produk yang lebih sederhana yaitu glukosa. Bakteri selulolitik dijumpai pada habitat yang kaya akan selulosa, seperti limbah sayur, limbah feses puyuh dan limbah tandan kosong kelapa sawit. Selulolitik sendiri berarti proses pemecahan selulosa menjadi senyawa atau unit-unit glukosa yang lebih kecil.

Mikroorganisme tersebut dapat mendegradasi selulosa karena menghasilkan enzim dengan spesifikasi berbeda yang saling bekerja sama. Enzim selulase adalah enzim yang dapat menghidrolisis selulosa dengan memutus ikatan glikosidik β -1,4 dalam selulosa, selodektrin, selobiosa, dan turunan selulosa lainnya menjadi gula sederhana atau glukosa. Pemanfaatan enzim selulase yang diekstraksi dari bakteri sangatlah luas.

Pemanfaatan bakteri selulolitik sebagai penghasil enzim selulase sangat penting dalam proses konversi pakan. Bakteri tersebut mampu menguraikan selulosa menjadi glukosa sebagai sumber karbon dan sumber energi. Berdasarkan uraian tersebut, perlu adanya uji aktivitas bakteri selulolitik pada lalat *H. illucens* yang berperan dalam proses konversi pakan.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui aktivitas enzim selulase secara kualitatif dan pewarnaan gram pada bakteri selulolitik maggot BSF dari berbagai media hidup yang berbeda sebagai bioaktivator fermentasi pakan.

Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah terdapat aktivitas enzim selulase yang tinggi dalam maggot BSF dari berbagai media hidup yang berbeda yang dapat berguna sebagai bioaktivator fermentasi pakan.

Kegunaan Penelitian

Kegunaan penelitian ini antara lain adalah :

1. Mendapatkan informasi tentang uji aktivitas enzim selulase secara kualitatif dan pewarnaan gram dari maggot BSF dari berbagai media hidup yang berbeda sebagai bioaktivator fermentasi pakan.
2. Memberi informasi yang bermanfaat bagi peternak dan peneliti terkait pemanfaatan maggot BSF dari berbagai media hidup yang berbeda sebagai bioaktivator fermentasi pakan.
3. Sebagai salah satu syarat untuk mendapat gelar sarjana peternakan (S.Pt) pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi.

TINJAUAN PUSTAKA

Maggot Black Soldier Fly (BSF)

Lalat tentara hitam sering juga dikenal dengan nama Black Soldier Fly (BSF). Jenis lalat ini merupakan anggota dari ordo Diptera, family Stratiomyidae yang dapat hidup hampir di seluruh dunia yang beriklim tropis dan subtropis pada garis lintang 40°S dan 45°U. Lalat BSF memiliki keistimewaan dibanding serangga jenis lain karena kemampuannya yang dapat melakukan degradasi limbah organik (Sandec, 2017). Selain itu, lalat jenis ini bersifat saprofagus baik untuk materi organik hewani ataupun nabati (Mangunwardoyo dkk., 2011).

Lalat BSF dimanfaatkan dalam pendegradasian limbah organik dapat dilakukan pada fase larva. Lalat BSF pada fase larva memiliki kemampuan degradasi karena aktivitas selulolitik yang terjadi pada lambung usus larva tersebut. Menurut Supriyatna dan Ukit (2016), usus larva BSF memiliki bakteri dengan kemampuan selulolitik tinggi diantaranya adalah *Bacillus* sp., *Proteus*, dan *Rumenococcus* sp. Larva BSF dengan keberadaan bakteri selulolitik tersebut menjadikannya memiliki kemampuan mendegradasi dan mengkonversi limbah organik menjadi lemak dan protein dalam biomassa tubuhnya (Supriyatna dan Putra, 2017).

Taksonomi Larva BSF atau dalam nama ilmiah yaitu *Hermetia illucens*.

Memiliki klasifikasi taksonomi sebagai berikut :

Kingdom : *Animalia*

Filum : *Arthropoda*

Kelas : *Insecta*

Ordo : *Diptera*

Famili : *Stratiomyidae*

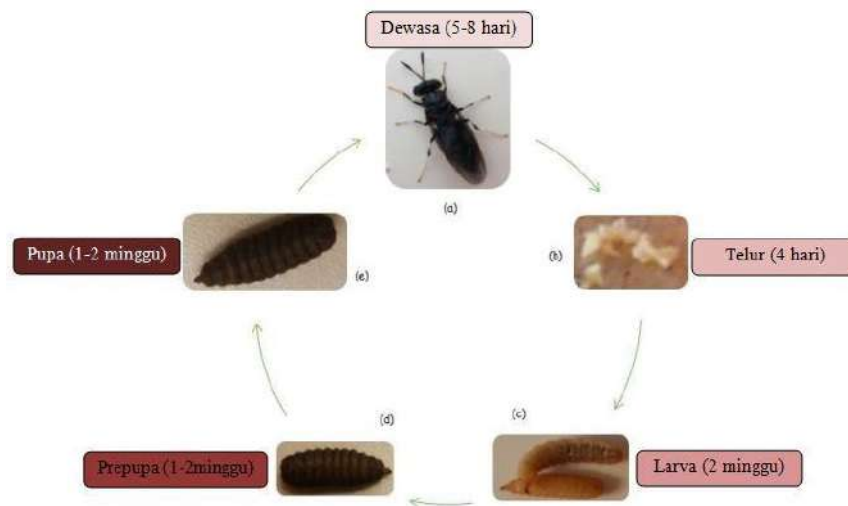
Subfamili : *Hermetiinae*

Marga : *Hermetia*

Jenis : *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758)

Siklus Hidup *H. illucens*

H. illucens memiliki 5 tahap dalam siklus hidupnya antara lain telur, larva, prepupa, pupa dan fase dewasa (Gambar 1) (Banks, 2014). Masing-masing fase tersebut berbeda satu sama lain sehingga tergolong ke dalam serangga yang bermetamorfosis sempurna (holometabola) (Mutafela, 2015).



Gambar 1. Siklus hidup *Black Soldier Fly* (*H. illucens*) (Mutafela, 2015).

H. illucens jantan dan betina akan kawin selama terbang. *H. illucens* (betina) satu kali kawin bisa menghasilkan rata-rata 600-900 telur yang diletakkan di dekat sumber makanan. Telur-telur tersebut akan menetas setelah sekitar 102-

105 jam (Booth dan Sheppard, 1984). Tahap selanjutnya setelah telur menetas yaitu larva. Larva *H. illucens* menjadi sangat unik karena kandungan mikrobiom unik di usus yang memungkinkan mencerna berbagai macam substrat seperti sampah organik, tinja dan sampah rumah tangga (Banks, 2014). Selama fase larva, lalat *H. illucens* adalah serangga yang memiliki aktivitas makan yang tinggi dalam memakan bahan organik seperti limbah dapur, sisa makanan (berasal dari hewan dan tumbuhan) dan pupuk kandang yang sekaligus dijadikan sebagai habitat dari larva tersebut. Larva *H. illucens* mampu mengkonsumsi makanan sebanyak 25-500 mg materi segar per larva setiap harinya (Hardouin dan Mahoux, 2003). Kemampuan ini didukung oleh bentuk mulut larva *H. illucens* yang sangat kuat dan memiliki bentuk seperti pengait (*hook*). Fase dewasa *H. illucens* tidak memerlukan makanan dan dapat mengandalkan lemak yang tersimpan dari tahap larva. (Newton *et al.*, 2005). Fase larva ini berlangsung sekitar 2 minggu sebelum masuk ke dalam fase prepupa yang tergantung pada kondisi lingkungannya. Ketika sumber makanan yang tersedia sangat sedikit, maka fase larva ini akan diperpanjang bahkan sampai mencapai 4 bulan (Furman *et al.*, 1959).

Pada kondisi lingkungan yang mendukung, setelah fase larva sekitar 2 minggu maka akan masuk ke dalam fase selanjutnya yaitu fase prepupa. Fase perpupa merupakan fase yang penting khususnya pada proses biokonversi sampah, karena pada fase ini larva *H. illucens* masih mampu untuk mencerna sampah-sampah yang menjadi sumber makanannya (Diener *et al.*, 2011). Tahap prepupa ditunjukkan oleh perubahan warna dan perilaku. Larva berubah dari putih menjadi warna coklat gelap dan adanya kecenderungan perilaku untuk bermigrasi dari tempat sumber makanan (habitat awal) menuju ke tempat yang

lebih kering dan gelap untuk membentuk pupa (Banks, 2014; Tomberlin *et al.*, 2002). Tahap pupasi, yang merupakan tahap terakhir sebelum kemunculan *H. illucens* dewasa, biasanya memakan waktu sekitar dua minggu bersamaan dengan tahap prepupa. Setelah fase prepupa dan telah mendapatkan tempat yang sesuai, maka akan masuk ke dalam fase pupa. Fase ini berlangsung sekitar 1-2 minggu sebelum akhirnya menjadi *H. illucens* dewasa yang siap untuk berkembang biak (Mutafela, 2015).

Morfologi Larva *H. illucens*

Larva *H. illucens* memiliki ciri-ciri tubuh berbentuk oval, pipih, panjangnya $\pm 1,8$ mm (larva kecil) dan mencapai 6 cm (larva besar), terdapat sebelas segmen tubuh dengan sejumlah rambut pendek yang tersusun melintang, memiliki sepasang spirakel di bagian anterior, sementara spirakel posterior tersembunyi, mata jelas terlihat, kepala dapat bergerak, bagian mulut sederhana, maksila berkembang sempurna (Leclercq, 1997). Larva berwarna putih dan berangsur-angsur berubah menjadi warna coklat pada tahap prepupa dan warna hitam pada pupa. Tahap prepupa lalat *H. illucens* berada pada ukuran maksimum, menunjukkan kandungan protein sebesar (36-48%) dan lemak (31-33%) untuk melalui tahap metamorfosis selanjutnya. Instar terakhir ini menunjukkan sedikit perubahan morfologis dibandingkan dengan instar sebelumnya. Labrum *Hermetia illucens* akan membengkok seperti paruh elang pada fase ini (Diener *et al.*, 2011).



Gambar 2. Morfologi Larva *H. illucens* (Sumber : <http://google.com>)

Selulosa dan Selulase

Selulosa merupakan komponen struktural penyusun sel tumbuhan yang jumlahnya melimpah di alam. Selulosa juga merupakan produk utama fotosintesis dan dapat dijadikan sebagai energi terbarukan. Struktur kimia selulosa yaitu polimer glukosa yang berikatan dengan ikatan β -1,4-glikosida berbentuk linear (Bairagi, 2016). Selobiosa adalah dua unit glukosa yang berulang dan memiliki panjang rantai 13 nm (Heinze, 2015).

Selulase adalah enzim yang dapat menghidrolisis ikatan β -1,4 dalam rantai selulosa. Enzim selulase dapat diproduksi oleh makhluk hidup seperti jamur, bakteri, tumbuhan dan hewan (Yang dkk, 2013). Bakteri yang memproduksi selulase disebut bakteri selulolitik. Terdapat tiga jenis enzim selulase yang bekerja secara sinergis dalam proses hidrolisis selulosa. Ketiga enzim tersebut adalah endo β -1,4-glukanase, selobiohidrolase/Eksoglukanase, dan β -D-glucosidase yang memiliki fungsi yang berbeda. Proses hidrolisis tersebut disebut dengan sistem selulolitik. Urutan hidrolisis selulosa diawali dengan selulosa dipotong menjadi oligosakarida yang lebih kecil dengan ujung rantai bebas dengan bantuan endo β 1,4-glukanase, selanjutnya ekso- β -1,4-glukanase membantu membebaskan selobiosa dari rantai selulosa dari ujung rantai selulase non-pereduksi atau rantai

oligosakarida dan tahap akhir selobiosa dihidrolisis menjadi glukosa oleh β glukosidase (Moat *et al.*, 2002).

Bakteri selulolitik pada usus larva *H. illucens*

Sistem pencernaan *H. illucens* sama dengan serangga pada umumnya. Sistem pencernaan serangga terdiri dari *foregut*, *midgut*, dan *hindgut*. *Foregut* yang terdiri atas cavitas preoral (mulut), faring, esophagus, crop, dan proventrikulus, bagian *midgut* meliputi gastrik ceca, ventrikulus dan tubulus malpighi sedangkan pada *hindgut* yaitu ileum, colon, rectum dan anus. *Foregut* berkaitan dengan proses pencernaan, penyimpanan, penghancuran, dan pengangkutan makanan ke bagian *midgut*. *Midgut* sebagai tempat pencernaan enzim pencernaan diproduksi dan disekresikan dan proses penyerapan nutrisi makanan terjadi di bagian ini. Bahan yang tersisa di lumen usus bersama urin dari tubulus malpighian kemudian masuk ke *hindgut*, dimana penyerapan air, garam, dan lainnya. Molekul yang masih berguna dalam tubuh diserap kembali menjadi fese yang dibuang melalui anus (Gullan dan Cranston, 2005).

Sistem pencernaan *H. illucens* bersimbiosis dengan berbagai macam mikroorganisme (Moran, 2006). Mikroorganisme yang hidup pada sistem pencernaan *H. illucens* yaitu protozoa dan bakteri simbiotik (Al-arif *et al.*, 2012). Mikroorganisme tersebut dapat menghasilkan enzim-enzim untuk mempermudah degradasi bahan organik. Kim dkk, (2011) melaporkan *H. illucens* memiliki banyak enzim yaitu Alakaline phosphatase, Esterase (C4), Esterase lipase, Lipase, Leucine arylamidase, Valine arylamidase, Cystine arylamidase, Trypsin, α Chymotrypsin, Acid phosphatase, Naphthol-AS-BI-phosphohydrolase, α -

Galactosidase, β -Galactosidase, β -Glucuronidase, α -Glucosidase, β -Glucosidase, N-Acetyl- β -glucoaminidase, α - Mannosidase, dan α -Fucosidase. Beberapa jenis bakteri simbiotik mampu mendegradasi selulosa menjadi gula sederhana di midgut serangga *H. illucens* yang disebut dengan bakteri selulolitik (Douglas, 2009).

Pemanfaatan bakteri selulolitik sebagai penghasil enzim selulase seperti β glucosidase yang penting dalam proses konversi. Bakteri tersebut mampu menguraikan selulosa menjadi glukosa sebagai sumber karbon dan sumber energi. Setiap bakteri selulolitik menghasilkan kompleks enzim selulase berbeda, tergantung gen yang dimiliki dan sumber karbon yang digunakan (Vilanova *et al.*, 2012).

Bakteri selulolitik adalah bakteri yang mampu menghidrolisis kompleks selulosa menjadi oligosakarida yang lebih kecil dan akhirnya menjadi glukosa. Glukosa tersebut digunakan sebagai sumber karbon dan sumber nutrisi bagi pertumbuhan organisme ini. Bakteri selulolitik mensintesis seperangkat enzim yang mampu menghidrolisis selulosa. Enzim tersebut adalah kompleks selulase. Enzim ini disintesis oleh mikroba selama tumbuh dalam media selulosa (Ibrahim and A. Dewany, 2007).

Pewarnaan Gram Bakteri Selulolitik

Berdasarkan susunan dinding selnya, bakteri diklasifikasikan menjadi dua golongan, yaitu bakteri Gram positif dan negatif. Pengelompokan ini didasarkan pada prosedur pewarnaan Gram yang menghasilkan dua jenis bakteri yang berbeda. Oleh karena berbeda susunan dinding selnya, kedua jenis bakteri ini

memiliki sifat ketahanan yang berbeda terhadap panas dan senyawa-senyawa antibiotika.

Identifikasi morfologi isolat mikroba yang didapatkan pada pengamatan bentuk sel dan pewarnaan mikroba. Perbedaan pengikatan warna pada bakteri gram negatif dan positif disebabkan adanya perbedaan titik isoelektik dari protoplasma dan permeabilitas membran sitoplasma dinding sel (Ali, 2005). Indikasi pewarnaannya yaitu bakteri gram positif akan berwarna violet dan bakteri gram negatif akan berwarna merah. Dinding sel bakteri gram positif lebih tebal daripada bakteri gram negatif (Pelczar, 2006).

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kebun Percobaan dan Penelitian Universitas Pembangunan Panca Budi Medan dan Laboratorium Mikrobiologi, Departemen Biologi dan Laboratorium Terpadu, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara Medan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei sampai Juli 2021.

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi isolat bakteri selulolitik M1 Sp2, M1 Sp3, M1 Sp4, M2 Sp2, M2 Sp3, M2 Sp4, M2 Sp7, dan M3 Sp7, media CMC (Carboxymethyl Cellulose), *congo red*, NaCl 1 ml, kapas, aluminium foil, akuades, alkohol 70%, cling wrap, spiritus, kristal violet, iodin, safranin, dan aseton alkohol.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi cawan petri, tabung reaksi, labu *Erlenmeyer*, spatula, gelas ukur, *Beaker glass*, jarum ose, mikropipet dan tip, *microtube*, pH meter, kertas saring, *hot plate stirer*, bunsen, objek *glass* dan mikroskop.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan untuk penelitian ini yaitu menggunakan isolat bakteri yang diperoleh kemudian di uji aktivitas selulolitiknya secara kualitatif melalui pembentukan zona bening yang dihasilkan dari pewarnaan dengan *congo red*. Selanjutnya dilakukan pewarnaan gram positif dan gram negatif.

PELAKSANAAN PENELITIAN

Isolat Bakteri Selulolitik dari Maggot BSF

Isolat bakteri selulolitik yang digunakan berasal dari isolat BSF M1 Sp2, M1 Sp3, M1 Sp4, M2 Sp2, M2 Sp3, M2 Sp4, M2 Sp7, dan M3 Sp7. Keterangan M1 merupakan maggot yang berasal dari limbah sayur, M2 merupakan maggot yang berasal dari limbah feses puyuh dan M3 merupakan maggot yang berasal dari limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS).

Uji Aktivitas Enzim Secara Kualitatif

Uji aktivitas enzim secara kualitatif dilakukan dengan menumbuhkan isolat bakteri terpilih yang memiliki kemampuan selulolitik berdasarkan uji skrining. Pembuatan media CMC yaitu dengan menimbang 1g CMC, 0,002g MgSO₄ 7H₂O, 0,075g KNO₃, 0,05 K₂HPO₄, 0,002g FeSO₄, 0,004g CaCl₂, 0,2g ekstrak yeast dan 1,5g agar menggunakan timbangan analitik kemudian dilarutkan kedalam 100 ml aquades dan dipanaskan hingga homogen lalu disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit. Bakteri diinokulasikan pada medium CMC menggunakan teknik totol (penumbuhan ditengah medium) yang diinkubasi selama 48 jam. Zona bening yang terbentuk disekitar koloni pada medium CMC diamati setelah ditambahkan *congo red* 0,1% dan NaCl 1 ml.

Pembuatan NaCl yaitu dengan menimbang 1 ml NaCl menggunakan timbangan analitik kemudian dilarutkan kedalam 300 ml aquades dan pembuatan *congo red* yaitu dengan menimbang *congo red* 0,1% menggunakan timbangan analitik kemudian dilarutkan kedalam 10 ml aquades.

Nilai indeks selulolitik (IS) dihitung dengan membandingkan nilai diameter zona bening dan nilai diameter koloni bakteri (Kasana dkk, 2008). Secara kualitatif, semakin besar nilai indeks selulolitik maka semakin besar enzim yang dihasilkan oleh bakteri. Daya degradasi selulosa diklasifikasikan berdasarkan nilai indeks selulolitik dengan kategori rendah apabila ≤ 1 , sedang antara 1 sampai 2 dan tinggi apabila ≥ 2 . Menurut Kasana dkk, (2008), indeks selulolitik (IS) diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$IS = \frac{\text{Diameter zona bening} - \text{diameter bakteri}}{\text{Diameter bakteri}}$$

Pewarnaan Gram Positif Dan Negatif

Identifikasi morfologi isolat mikroba yang didapatkan pada pengamatan pewarnaan mikroba. Kemudian dilakukan pengamatan mikroskopis yaitu dengan uji morfologi pewarnaan gram untuk mengelompokkan bakteri gram positif dan gram negatif. Dari bakteri gram positif maupun gram negatif akan dihasilkan warna yang sama (ungu), akan tetapi jumlah kristal violet yang diserap oleh bakteri gram negatif lebih sedikit, karena tebal dinding sel bakteri gram negatif sebesar 2-7 nm tersusun dari peptidoglikin dan memiliki membrane luar dengan tebal 7-8 nm sehingga jika dibandingkan dengan bakteri gram positif yang memiliki dinding sel sebesar 20-80 nm, gram negatif jauh lebih kecil (Prescott, 1999). Bakteri gram negatif dengan lapisan peptidoglikin yang tipis menyebabkan permeabilitas membran sel lebih besar sehingga kristal yodiun yang berfungsi sebagai penguat warna menjadi mudah terlepas, adapunn kadar lipid yang tinggi

akan mudah larut selama pencucian dengan alkohol dan menyebabkan pori-pori membran sel membesar (Strhol dkk, 2001).

Pewarnaan Gram dilakukan dengan cara :

1. Teknik pembuatan preparat ulas

Dari kultur biakan diambil 1 – 2 lup ose steril kepermukaan slide. Diberi 1 – 2 tetes aquadest. Dengan ose disebarkan secara merata membentuk bujur sangkar. Slide tersebut difiksasi (dilewatkan diatas api secara berulang-ulang hingga terlihat mengering).

2. Pewarnaan gram

Dibuat preparat ulas dari bakteri yang disediakan. Diberikan zat warna kristal violet dan dibiarkan selama 1 menit bilas dengan aquadest dan dikeringkan. Kemudian diberi iodine 1 – 2 tetes selama 30 detik, dibilas dengan aseton alkohol selama 15 detik, lalu dibilas dengan aquadest. Diberikan 1 tetes larutan safranin (zat warna tanding) selama 1 menit, bilas dengan aquadest dan dikeringkan. Selanjutnya diamati dibawah mikroskop.

Bakteri gram negatif menghasilkan warna merah, dengan tebal peptidoglikan bakteri gram negatif hanya sebesar 2-7 nm dan memiliki mambran luar dengan tebal 7-8 nm yang terdiri dari lipid, protein, dan lippolisakarida yang berakibat pada banyaknya kristal violet dan iodine yang lepas, itu disebabkan karena tebal peptidoglikan bakteri gram negatif hanya sebesar 2-7 nm sehingga ketika ditambahkan safranin dengan mudah membentuk ikatan ion dengan dinding sel bakteri membentuk warna safranin (merah) (Prescott, 1999).

Parameter Penelitian

1. Indeks selulolitik

Pengamatan yang dilakukan dari terbentuknya zona bening. Perhitungan nilai indeks selulolitik yaitu dengan membandingkan nilai diameter zona bening dan nilai diameter koloni bakteri. Semakin besar nilai indeks selulolitik maka semakin besar enzim yang dihasilkan oleh bakteri. Daya degradasi selulosa diklasifikasikan berdasarkan nilai indeks selulolitik dengan kategori rendah apabila ≤ 1 , sedang antara 1 sampai 2 dan tinggi apabila ≥ 2 .

2. Pewarnaan bakteri selulolitik

Pewarnaan Gram merupakan pewarnaan yang digunakan untuk mengelompokkan bakteri Gram positif dan Gram negatif. Perbedaan struktur, komposisi dinding sel bakteri dan permeabilitas diantara kedua kelompok dinding sel bakteri menyebabkan perbedaan warna pada bakteri Gram positif dan bakteri Gram negatif. Pewarnaan Gram berdasarkan kemampuan bakteri untuk menahan pewarna primer (kristal ungu) atau kehilangan warna primer dan menerima warna tandingan (safranin). Bakteri Gram positif akan menunjukkan warna ungu sedangkan untuk bakteri Gram negatif akan menunjukkan warna merah (Anuar dkk., 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Uji Aktivitas Enzim Secara Kualitatif

Hasil yang telah dilakukan dari 8 isolat bakteri mempunyai kemampuan bahwa bakteri tersebut mampu mendegradasi selulosa. Hasil pengujian menggunakan *congo red* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian dan Pengukuran Zona Bening Bakteri Selulolitik Secara Kualitatif.

No	Kode Isolat	Diameter bakteri	Diameter Zona bening	Indeks zona bening
1	M1 Sp2	2,7	5,8	1,148
2	M1 Sp3	3,5	5	0,429
3	M1 Sp4	2,6	5	0,923
4	M2 Sp2	11,7	12,8	0,094
5	M2 Sp3	8,6	12,8	0,488
6	M2 Sp4	5,1	7,5	0,471
7	M2 Sp7	15,7	20,9	0,331
8	M3 Sp7	35,7	45	0,261

Keterangan : M1 : Moggot yang berasal dari limbah sayur, M2 : Maggot yang berasal dari limbah feses puyuh, dan M3 : Maggot yang berasal dari limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS).

Pada penelitian ini ditemukan sebanyak 8 isolat bakteri selulolitik. Hasil pengamatan zona bening yang terbentuk tersaji pada gambar 3.



Gambar 3. Hasil uji aktifitas enzim selulase secara kualitatif menggunakan *Congo red*.

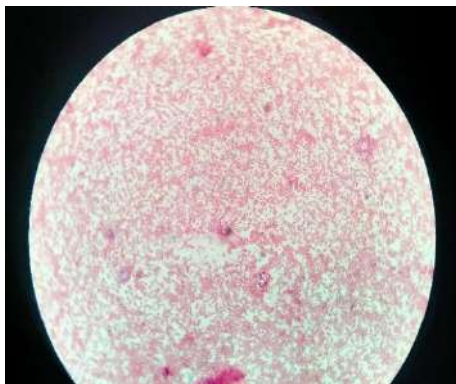
Pewarnaan Gram Positif Negatif Bakteri Selulolitik

Berdasarkan hasil yang telah didapat dari zona bening selanjutnya dilakukan pewarnaan gram positif dan negatif. Hasil pewarnaan gram positif dan negatif dapat dilihat pada Tabel 2.

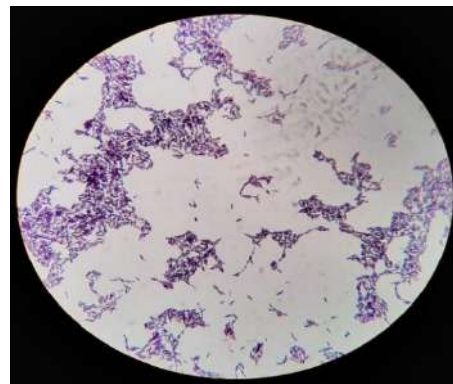
Tabel 2. Hasil Pewarnaan Gram Positif Dan Negatif.

No	Jenis Isolat	Uji Gram
1	M1 Sp2	Negatif
2	M1 Sp3	Positif
3	M1 Sp4	Negatif
4	M2 Sp2	Negatif
5	M2 Sp3	Negatif
6	M2 Sp4	Negatif
7	M2 Sp7	Negatif
8	M3 SP7	Negatif

Hasil pengamatan pewarnaan gram positif dan gram negatif bakteri selulolitik tersaji pada gambar 4.



M1 Sp2



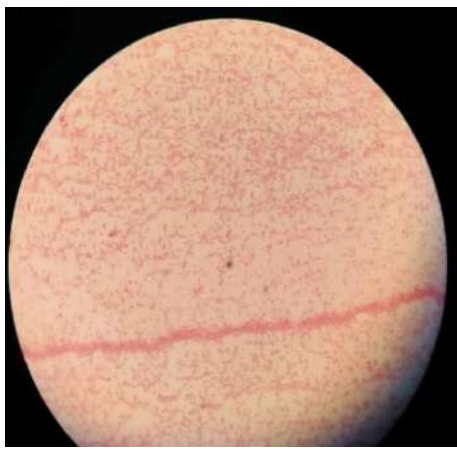
M1 Sp3



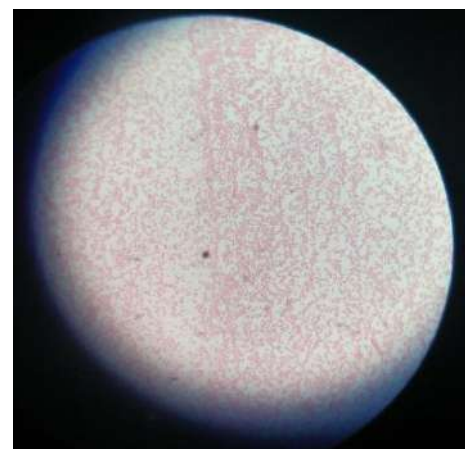
M1 Sp4



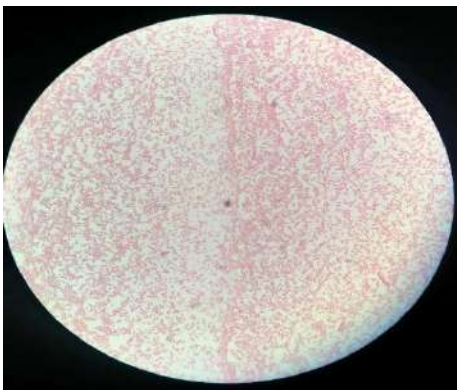
M2 Sp2



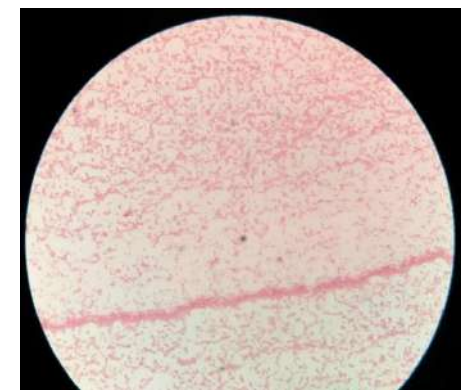
M2 Sp3



M2 Sp4



M2 Sp7



M3 Sp7

Gambar 4. Hasil Pewarnaan Gram Bakteri Selulolitik.

Pembahasan

Uji Aktivitas Enzim Secara Kualitatif

Sampel yang digunakan merupakan Maggot BSF yang berasal dari media tumbuh yang berbeda yaitu maggot dari limbah sayur, maggot dari feses puyuh dan maggot dari tkks (tandan kosong kelapa sawit). Hasil uji menunjukkan 8 isolat yang mampu menghasilkan zona bening. Kemampuan bakteri menghasilkan zona bening pada media spesifik selulolitik menandakan bahwa bakteri mampu menghasilkan enzim selulase. Besarnya zona bening yang dihasilkan pada kedelapan isolat bakteri menunjukkan perbedaan. Hal ini berhubungan dengan kemampuan masing-masing isolat bakteri menghasilkan enzim selulase. Isolat bakteri yang memiliki aktivitas enzim selulase yang tinggi dapat menghidrolisis selulosa menjadi glukosa dan menunjukkan zona bening yang besar disekitar koloni. Hal ini dikarenakan perubahan struktur selulosa yang berserat menjadi glukosa dengan struktur menjadi non serat. Media CMC yang terhidrolisis oleh enzim selulase jika digenangi oleh pewarna *Congo red* tidak akan terwarnai. Interaksi ini berlangsung secara non-kovalen. *Congo red* dijadikan indikator terjadinya degradasi β -Dglukan dalam media agar (Hartanti, 2010).

Hasil penelitian untuk indeks selulolitik dari media yang berbeda sebagai berikut M1 Sp2 yaitu 1,148 mm, M1 Sp3 yaitu 0,429 mm, M1 Sp4 yaitu 0,923 mm, M2 Sp2 yaitu 0,094 mm, M2 Sp3 yaitu 0,488 mm, M2 Sp4 yaitu 0,471 mm, M2 Sp7 yaitu 0,331 mm, dan M3 Sp7 yaitu 0,261 mm. Dari hasil indeks selulolitik tersebut terdapat 3 indeks selulolitik yang tertinggi. Indeks selulolitik pada media limbah sayur yaitu M1 Sp2 yaitu 1,148 mm dan M1 Sp4 yaitu 0,923 mm. Indeks selulolitik pada media M2 Sp3 yaitu 0,488 mm.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedelapan isolat bakteri selulolitik mempunyai kemampuan mendegradasi serat yang berbeda beda. Hal ini terlihat dari diameter zona bening yang terbentuk pada medium yang mengandung substrat *Carboxy Methyl Cellulosa / CMC*. Semakin luas zona bening yang terbentuk maka semakin tinggi juga kemampuan isolat dalam mendegradasi selulosa.

Sari *et al.* (2012), menyatakan bahwa perbedaan indeks zona bening pada setiap isolat disebabkan karena tiap spesies bakteri masing-masingnya memiliki kemampuan menghasilkan selulase yang berbeda dalam menghidrolisis substrat *Carboxy Methyl Cellulosa/CMC*. Isolat bakteri selulolitik M1 Sp2 menunjukkan aktivitas selulolitik yang paling tinggi dibandingkan dengan isolat lainnya. Isolat ini termasuk isolat pendegradasi serat yang potensial dibandingkan isolat lainnya. Isolat bakteri selulolitik M1 aktivitas selulolitik yang paling tinggi, isolat bakteri selulolitik M2 aktivitas selulolitik sedang dan isolat bakteri selulolitik M3 aktivitas selulolitik rendah.

Uji degradasi dengan menggunakan metode zona bening adalah uji semi karena data hanya berupa perbandingan antara diameter zona bening dan dengan diameter koloni. Kesulitan metode ini adalah apabila bentuk koloni atau zona bening yang dihasilkan tidak benar-benar berbentuk bulat, atau bahkan tidak bulat sama sekali. (Zverlova *et al.* 2003) juga menyebutkan zona bening yang terbentuk terkait dengan kelarutan dari enzim selulase. Semakin tinggi tingkat kelarutan suatu enzim maka akan semakin besar zona bening yang terbentuk.

Pewarnaan Gram Positif Negatif Bakteri Selulolitik

Hasil penelitian pewarnaan gram terdapat 7 isolat negatif dan 1 isolat positif. M1 Sp2 negatif, M1 Sp3 positif, M1 Sp4 negatif, M2 Sp2 negatif, M2 Sp3 negatif, M2 Sp4 negatif, M2 Sp7 negatif, dan M3 Sp7 negatif. Bakteri gram positif akan dihasilkan warna ungu yang memiliki dinding sel sebesar 20-80 nm. Bakteri gram negatif menghasilkan warna merah, dengan tebal peptidoglikan bakteri gram negatif hanya sebesar 2-7 nm dan memiliki membran luar dengan tebal 7-8 nm yang terdiri dari lipid, protein, dan lippolisakarida yang berakibat pada banyaknya kristal violet dan iodine yang lepas, itu disebabkan karena tebal peptidoglikan bakteri gram negatif hanya sebesar 2-7 nm sehingga ketika ditambahkan safranin dengan mudah membentuk ikatan ion dengan dinding sel bakteri membentuk warna safranin (merah) (Prescott, 1999).

Menurut Pelczar dan Chan (2009), dinding sel bakteri gram positif pada umumnya memiliki struktur dinding sel yang tebal (15-80 nm) dan sedikit lemak (1-4%). Dinding sel bakteri gram positif memiliki peptidoglikan yang lebih banyak yang mampu mempertahankan zat warna ungu sehingga warna ungu yang muncul pada pengamatan mikroskopis terlihat kontras. Pada penggunaan safranin diperoleh kualitas yang kurang baik karena warna merah yang diserap oleh pori-pori peptidoglikan dinding sel yang lebih tebal tidak sempurna sehingga pada pengamatan mikroskopis terlihat kurang kontras, sedangkan bakteri gram negatif memiliki dinding sel yang lebih tipis (10-15 nm) dan persentase lemak lebih tinggi (11-24%) dari bakteri gram positif dikarenakan bakteri gram negatif memiliki peptidoglikan sedikit yang mampu menyerap warna merah hingga warna merah yang muncul pada pengamatan mikroskopis terlihat kontras. Pada

penggunaan kristal violet diperoleh kualitas yang kurang baik karena warna ungu yang diserap oleh pori-pori pada peptidoglikan dinding sel tidak sempurna sehingga pada pengamatan mikroskopis terlihat kurang kontras.

Penambahan alkohol pada bakteri gram positif menyebabkan pori-pori dalam peptidoglikan menjadi menyusut sehingga kristal violet melekat, terlarut atau luntur oleh alkohol yang mengakibatkan warna bakteri gram positif adalah violet, sedangkan pada bakteri negatif lipid pada membran luar larut dan lepas sehingga safranin atau zat warna pendamping diikat yang menyebabkan warna bakteri gram negatif menjadi merah. Peptidoglikan pada dinding sel bakteri gram positif memiliki ketebalan sekitar 90% dari total komposisi dinding sel bakteri sedangkan bakteri gram negatif mengandung peptidoglikan yang jauh lebih sedikit pada dinding selnya dan peptidoglikan ini mempunyai ikatan silang yang kurang ekstensif dibandingkan dengan bakteri gram positif (Anuar dkk., 2014).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari uji kualitatif dari maggot BSF kesimpulannya sebagai berikut :

1. Hasil penelitian untuk indeks selulolitik dari media yang berbeda sebagai berikut
M1 Sp2 yaitu 1,148 mm, M1 Sp3 yaitu 0,429 mm, M1 Sp4 yaitu 0,923 mm, M2 Sp2 yaitu 0,094 mm, M2 Sp3 yaitu 0,488 mm, M2 Sp4 yaitu 0,471 mm, M2 Sp7 yaitu 0,331 mm, dan M3 Sp7 yaitu 0,261 mm.
2. Hasil indeks selulolitik tersebut terdapat 3 indeks selulolitik yang tertinggi yaitu indeks selulolitik pada media limbah sayur, M1 Sp2 yaitu 1,148 mm, M1 Sp4 yaitu 0,923 mm dan indeks selulolitik pada media limbah feses puyuh, M2 Sp3 yaitu 0,488 mm. Isolat bakteri selulolitik M1 Sp2 menunjukkan aktivitas selulolitik yang paling tinggi dibandingkan dengan isolat lainnya. Isolat ini termasuk isolat pendegradasi serat yang potensial dibandingkan isolat lainnya.
3. Berdasarkan hasil dari pewarnaan gram terdapat 1 bakteri jenis gram positif dan 7 bakteri jenis gram negatif.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang uji aktivitas enzim selulase secara kuantitatif dari bakteri selulolitik dan untuk penelitian selanjutnya diharapkan melakukan uji isolat manakah yang dapat dijadikan sebagai bioaktivator fermentasi pakan ternak.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-arif, M. A., Darmanto, W., Nyoman, N., dan Puspaningsih, T. 2012. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Selulolitik dengan Aktivitas Tinggi dalam Saluran Pencernaan Keong Emas (*Pomacea canaliculata*). *Biosains*, 14(2), 86–92.
- Ali, A. 2005. Mikrobiologi dasar. State University of Makassar Press. Makassar.
- Anuar, W., A. Dahliaty, dan C. Jose. 2014. Isolasi bakteri selulolitik dari perairan Dumai. *Jurnal of Mipa*. 1(2):3-6.
- Bairagi, S. 2016. Optimization of Cellulase Enzyme from Vegetable Waste by Using *Trichoderma atroviride* in Solid State Fermentation. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 10(5), 68-73. <http://doi.org/10.9790/2402-1005026873>.
- Banks, I. . J., Gibson, W. T., dan Cameron, M. M. 2014. Growth Rates of Black Soldier Fly Larvae Fed on Fresh Human Faeces and their Implication for Improving Sanitation. *Tropical Medicine and International Health*, 19(1), 14–22. <https://doi.org/10.1111/tmi.12228>
- Banks, I. J. 2014. To Assess The Impact of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae on faecal reduction in pit latrines. <https://doi.org/10.17037/PUBS.01917781>.
- Booth, dan Sheppard, D.C. 1984. "Oviposition of the Black Soldier Fly. *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): Eggs, Masses, Timing, and Site Characteristic". *Environ Entomol* 13 (2): 421-423.
- Diener, S., Zurbrügg, C., Gutiérrez, F. R., Nguyen, D. H., Morel, A., Koottatep, T., dan Tockner, K. 2011. Black Soldier Fly Larvae For Organic Waste Treatment –Prospects And Constraints, 52(February), 978–984.
- Furman, D. P., Young, R. D., dan Catts, E. P. 1959. *Hermetia illucens* (Linnaeus) as a Factor in the Natural Control of *Musca domestica* Linnaeus I. *Journal of Economic Entomology*, 52(5), 917–921.
- Gullan, P. ., dan Cranston, P. . 2005. *The Insects : An Outline of Entomology Third Edition. Science (New York, N.Y.)* (Vol. 144). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2028.2001.0270e.x>
- Hardouin, J., dan Mahoux, G. 2003. Insect Animal Husbandry - Breeding and Utilization for the Benefit of Humans and Other Animals. Bureau for exchange and distribution of information of the mini-livestock (BEDIM).
- Hartanti. 2010. Isolasi dan Seleksi Bakteri Selulolitik Termofilik dari Kawah Air Panas Gunung Pancar. FMIPA IPB. Bogor.

- Heinze, T. 2015. *Cellulose: Structure and Properties*. Switzerland: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/12>.
- <http://google.com>. Juli 2021. Morfologi Larva *H. Illucens*.
- Ibrahim, A.S.S, and A. Dewany. 2007. Isolation and identification of new cellulases producing thermophilic bacteria from an egyptian hot spring and some properties of the crude enzyme. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 4(1):473-478.
- Kasana, R. C., Salwan, R., Dhar, H., Dutt, S., dan Gulati, A. 2008. A Rapid and Easy Method for the Detection of Microbial Cellulases on Agar Plates Using Gram's Iodine. *Current Microbiology*, 57(5), 503–507. <https://doi.org/10.1007/s00284-008-9276-8>
- Kim, W., Bae, S., Park, K., Lee, S., Choi, Y., Han, S., dan Koh, Y. 2011. Biochemical characterization of digestive enzymes in the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 14(1), 11–14. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2010.11.003>
- Leclercq, M. 1997. A propose de *Hermetia Illucens* L. (Linnaeus, 1758) (“soldier fly”) (Diptera Stratiomyidae: Hermetiinae). *Bull. Anns. Socr. Belge. Ent.*, 133: 275–282.
- Linnaeus, C. 1758. *Systema Naturae per Regna tria Naturae, secundum Classes, Ordines, Genera, Species, cum Characteribus, Differentiis Synonymis, Locis*, (ed. 10) 1:1-824, i-ii.
- Mangunwardoyo, W., Aulia., & Hem, S. 2011. Penggunaan Bungkil Inti Kelapa Sawit Hasil Biokonversi Sebagai Substrat Pertumbuhan Larva *Hermetia illucens* L (Maggot). *Jurnal Biota*. Volume 16 ISSN 0853 – 8670. Halaman 166–172.
- Moat, A. G., Foster, J. W., dan Spector, M. P. 2002. *Microbial Physiology* (4th ed.). New York: Wiley-Liss Inc.
- Moran, N. A. 2006. Symbiosis. *Current Biology*, 16(20), 866–871.
- Mutafela, R. N. 2015. High Value Organic Waste Treatment via Black Soldier Fly Bioconversion (Onsite Pilot Study).
- Newton, L., Sheppard, C., Watson, D. ., Burtle, G., dan Dove, R. 2005. *USING THE BLACK SOLDIER FLY, Hermetia illucens, AS A VALUE-ADDED TOOL FOR THE MANAGEMENT OF SWINE MANURE*. *Waste Management Programs*. North Carolina State University.

- Pelczar, M.J. dan E.C.S. Chan. 2009. *Dasar Dasar Mikrobiologi*. Penerjemah: R.S. Hadioetomo, T. Imas dan S.S Tjitrosomo. Edisi 2. UI Press, Jakarta.
- Pradoto, W., Mardiansjah, F. H., Manullang, O. R., & Putra, A. A. (2018, February). *Urbanization and the Resulting Peripheralization in Solo Raya, Indonesia. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 123, No. 1, p. 012047)*. IOP Publishing.
- Prescott, L., John, P.H., & Donald, A.K., 1999, *Microbiology*, 507, United States (America), McGraw-Hill.
- Putra, A., Pradana, T. G., Rusdi, A., & Purwosiswoyo, P. (2021). *Addition of Rodent Tuber Leaf Flour (Typhonium Flagelliforme) In Growth Period Peking Duck*. Budapest International Research and Critics Institute (BIRCI-Journal): Humanities and Social Sciences, 4(3), 5747-5754.
- Sandec, 2017. *Proses Pengolahan Sampah Organik dengan Black Soldier Fly (BSF)*. EAWG, Swiss.
- Sari, M., Agustien, U dan Nurmiati, A. 2012. Screening and characterization of cellulolytic thermophylic bacteria from Sungai Medang hot spring, Kerinci, Jambi. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*.
- Sari, D. R., Suprijatna, E., Setyaningrum, S., & Mahfudz, L. D. (2019). Suplementasi inulin umbi gembili dengan *Lactobacillus plantarum* (sinbiotik) terhadap nisbah daging-tulang ayam broiler. *Jurnal Peternakan Indonesia (Indonesian Journal of Animal Science)*, 21(3), 284-293.
- Supriyatna, A. dan Ukit. 2016. Screening and isolation of cellulolytic bacteria from gut of Black Soldier Fly Maggot (*Hermetia illucens*) feeding with rice straw. *Journal of Biology & Biology Education. Biosaintifika* 8(3): 314-320.
- Supriyatna, A., dan Ramadhani, E.P. 2017. Estimasi pertumbuhan lalat *Black Soldier (Hermetia illucens)* dan penggunaan pakan jerami padi yang difermentasi dengan jamur *P.chrysosporium*. *Jurnal Biodjati* 2(2): 159166.
- Strohl, W.A., H. Rouse, and B.D. Fisher. 2001. *Microbiology*. Lippincott Williams & Wilkins, USA.
- Vilanova, C., Marco, G., Domínguez-Escribà, L., Genovés, S., Sentandreu, V., Bataller, E., dan Porcar, M. 2012. Bacteria from acidic to strongly alkaline insect midguts: Potential sources of extreme cellulolytic enzymes. *Biomass and Bioenergy*, 45, 288–294. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.06.017>
- Yang, S. T., Enshasy, H. El, dan Thongchul, N. 2013. *Bioprocessing technologies in Biorefinery for Sustainable Production of Fuels, Chemical, and Polymers*. Hoboken, New Jersey: John Wiley dan Sons, Inc.

Zendrato, D. P., Ginting, R., Siregar, D. J. S., Putra, A., Sembiring, I., Ginting, J., & Henuk, Y. L. (2019, May). *Growth performance of weaner rabbits fed dried Moringa oleifera leaf meal*. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 260, No. 1, p. 012058). IOP Publishing.

Zverlova, V V., Holl, W., and Schwarz, H. 2003. *Enzymes for digestion of cellulose and other polysaccharides in the gut of longhorn beetle larvae, Rhagium inquisitor L. (Col., Cerambycidae)*. *International biodeterioration & biodegradation*.