

**EKSPLORASI FUNGI PENDEGRADASI SELULOSA LIMBAH  
TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS)**



**SKRIPSI**

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

**OLEH :**

**VENICA WARDHANY**

**08041181924008**

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

## HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul Skripsi :Eksplorasi Fungi Pendegradasi Selulosa Limbah  
Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)  
Nama Mahasiswa :Venica Wardhany  
NIM :08041181924008  
Jurusan :Biologi

Telah disetujui untuk disidangkan pada tanggal Juni 2023

Indralaya, Juni 2023

### Pembimbing

1. Dr. Hary Widjajanti, M.Si.  
NIP. 19611212987102001

(  )

2. Dr. Elisa Nurnawati, M.Si. .  
NIP. 197504272000122001

(  )

## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

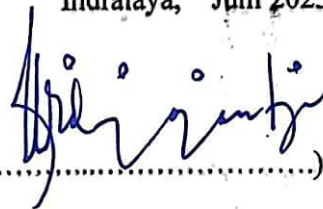
Judul Skripsi :Eksplorasi Fungi Pendegradasi Selulosa Limbah  
Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)  
Nama Mahasiswa :Venica Wardhany  
NIM :08041181924008  
Jurusan :Biologi

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Sidang Ujian Skripsi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Univeritas Sriwijaya pada tanggal 19 Juni 2023 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai dengan masukan yang diberikan.


Indralaya, Juni 2023

Pembimbing :

1. Dr. Hary Widajanti, M.Si.  
NIP. 19611212987102001

  
(.....)

2. Dr. Elisa Nurnawati, M.Si.  
NIP. 197504272000122001

  
(.....)

Pembahas :

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

  
(.....)

2. Dr. Salni, M.Si.  
NIP. 196608231993031002

  
(.....)

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Biologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Sriwijaya



Prof. Dr. Arum Setiawan, S.Si., M.Si.  
NIP. 197211221998031001

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Venica Wardhany  
NIM :08041181924008  
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 (SI) dar Univeritas Sriwijaya maupun perguruan 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 Juni 2023

Penulis,



Venica Wardhany

NIM. 08041181924008

## **HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Venica Wardhany  
NIM : 08041181924008  
Fakultas/Jurusan : MIPA/ Biologi  
Jenis Karya : Skripsi

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 Fungi Pendegradasi Selulosa Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)”

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 Juni 2023  
Penulis,



Venica Wardhany

NIM. 08041181924008

## HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Alhamdulillahirobbilalamin*

Kupersembahkan skripsi dan Gelar ini untuk:

- *Sang Penguat Hati, Allah SWT dan Nabiyullah Muhammad SAW.*
- *Kepada kakek, nenek, ibu, alm bapak dan keluarga besarku, berkat ketulusan hati atas do'a yang tak pernah putus, semangat yang tak ternilai dalam hidupku,*
- *Teruntuk om ku Ujang Syaputra dan sang istri Selly Novita Sari yang telah menanggung tanggung jawab besar mengantikan peran kedua orang tuaku sehingga aku sampai di titik ini dan memberikan dukungan penuh kepada ku.*
- *Pembimbing tugas akhir, ibu Dr. Hary Widjajanti, M.Si dan ibu Dr. Elisa Nurnawati, M.Si. yang telah banyak membantu, selalu memberikan dukungan dan semangat.*
- *Seluruh Sahabat-ku Biologi 2019 dan seluruh keluarga besar Biologi*
- *Almamater-ku*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua. Penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul **“EKSPLOKASI FUNGI PENDEGRADASI SELULOSA LIMBAH TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS)”** karena bimbingan, bantuan dan dukungan dari berbagai pihak sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada dosen pembimbing Ibu Dr. Hary Widjajanti, M.Si dan Ibu Elisa Nurnawati, M.Si yang tak lelah memberi arahan, menjawab setiap pertanyaan dan membantu membenarkan setiap kesalahan yang penulis lakukan dalam penulisan skripsi. Ibu Dra. Muharni, M.Si dan bapak Dr. Salni, M.Si selaku dosen pembahas yang telah banyak memberi masukan kepada penulis dalam penulisan skripsi.

Ucapan terimakasih juga penulis ucapkan kepada Yth:

1. Bapak Hermansyah, Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Dr. Arum Setiawan, M.Si selaku ketua jurusan Biologi dan Bapak Dr. Sarno, M.Si selaku sekretaris jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Elisa Nurnawati, M.Si. selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan nasihat, arahan dan memberikan banyak semangat selama perkuliahan.

1. Dosen dan staff pengajar Jurusan Biologi, yang telah memberikan ilmu berharga bagi penulis.
5. Rosmania, S.T. selaku analis Laboratorium Mikrobiologi dan Agus Wahyudi, S.Si. selaku analis Laboratorium Genetika dan Bioteknologi Jurusan Biologi yang banyak membantu dalam kegiatan penelitian di laboratorium.
6. Sahabat sekaligus rekan kerja tugas akhirku Vera Yuniar, Siti Faiza Nursiha dan Ria Naulia yang telah menemani perjalanan kuliahku, yang selalu memberikan support dan menguatkan saya hingga saya bisa sampai di titik ini juga berkat kalian.
7. Untuk Budiman, Ayu, Widela, Nandyta, Rani, Shanes, Ultri, Alissa para sahabatku yang selalu mendoakanku dan memberi banyak dukungan dan menjadi tempat saya berkeluh kesah.
8. Terakhir untuk diriku sendiri, Venca Wardhany terima kasih telah berjuang sejauh ini, berat memang tapi akhirnya bisa di lalui walaupun kamu sendiri kamu hebat, im so proud of u girls.

Semoga Allah membalas segala amal kebaikan kepada yang telah membantu saya dalam penyelesaian skripsi ini. Aamiinn Allahumaa Aamiin. Harapan penulis, semoga skripsi ini dapat menjadi referensi bagi seluruh civitas akademik. Penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu kritik dan saran sangat diperlukan untuk perbaikan skripsi ini dimasa datang.



# EKSPLORASI FUNGI PENDEGRADASI SELULOSA LIMBAH TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT

Venica Wardhany  
08041181924008

## RINGKASAN

Limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah yang memerlukan waktu yang lama dalam proses degradasi, hal ini dikarenakan adanya kandungan selulosa yang tinggi pada limbah TKKS. Selulosa merupakan polisakarida yang dihidrolisis akan menghasilkan monomer selobiosa dan glukosa. Selulase dapat dihasilkan oleh tumbuhan, khamir, bakteri dan fungi selulolitik. Fungi mempunyai kemampuan menguraikan selulosa yang terdapat dalam jaringan tumbuhan yang telah mati, menjadi senyawa yang lebih sederhana dikarenakan kemampuannya menghasilkan enzim lignoselulolitik. Fungi selulolitik adalah mikroorganisme yang mampu mendegradasi selulosa dengan menghasilkan enzim selulase. Selulase merupakan kompleks enzim yang berperan dalam hidrolisis selulosa yang terdiri dari endoglukanase, ekso-glukanase, dan selobiase. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui genus fungi yang memiliki nilai aktivitas selulase tinggi yang diisolasi dari limbah TKKS. Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari sampai Mei 2023, bertempat di Laboratorium Mikrobiologi, serta Laboratorium Genetika dan Bioteknologi, Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Sriwijaya, Indralaya. Tahapan penelitian yaitu isolasi dan pemurnian fungi, seleksi kemampuan fungi selulolitik secara kualitatif, pembuatan ekstrak kasar enzim selulase, pembuatan kurva standar glukosa, uji aktivitas enzim selulase secara kuantitatif menggunakan metode DNS, karakterisasi dan identifikasi nilai aktivitas selulase tinggi. Hasil penelitian diperoleh 8 dari 11 isolat fungi yang memiliki kemampuan dalam menghasilkan enzim selulase. Isolat TS2B1, TS1L1, TS3L2 dan TS3L3 memiliki nilai aktivitas selulase tinggi berturut-turut dengan nilai 5,7 (U/ml), 6,5 (U/ml), 6,1 (U/ml), 5,8(U/ml) berdasarkan uji aktivitas enzim selulase dengan metode DNS. Isolat TS2B1 teridentifikasi sebagai genus *Penicillium*, isolat TS1L1 dan TS3L3 teridentifikasi sebagai genus *Fusarium* dan isolat TS3L2 teridentifikasi sebagai genus *Trichoderma*.

**Kata Kunci** : Tandan Kosong Kelapa Sawit, Selulosa, Enzim Selulase, Fungi Selulolitik.

# EXPLORATION OF CELLULOSE DEGRADATION FUNNY OF PALM OIL EMPTY BUTTONS WASTE

Venica Wardhany

08041181924008

## SUMMARY

Oil palm empty fruit bunches (EFBF) waste is a waste that takes a long time to degrade, this is due to the high cellulose content in EFB waste. Cellulose is a hydrolyzed polysaccharide to produce cellobiose and glucose monomers. Cellulase can be produced by plants, yeast, bacteria and cellulolytic fungi. Fungi have the ability to decompose cellulose found in dead plant tissues into simpler compounds due to their ability to produce lignocellulolytic enzymes. Cellulolytic fungi are microorganisms capable of degrading cellulose by producing cellulase enzymes. Cellulase is an enzyme complex that plays a role in the hydrolysis of cellulose consisting of endoglucanase, ecoglucanase, and cellobiase. This study aims to determine the genus of fungi that have high cellulase activity values isolated from OPEFB waste. The research was conducted from January to May 2023, taking place at the Microbiology Laboratory, as well as the Genetics and Biotechnology Laboratory, Department of Biology, FMIPA, Sriwijaya University, Indralaya. The stages of the research were isolation and purification of fungi, qualitative selection of cellulolytic function, preparation of crude extracts of cellulase enzymes, preparation of glucose standard curves, quantitative testing of cellulase enzyme activity using the DNS method, characterization and identification of high cellulase activity values. The results showed that 8 out of 11 fungi isolates had the ability to produce cellulase enzymes. Isolates TS2B1, TS1L1, TS3L2 and TS3L3 had high cellulase activity values respectively 5.7 (U/ml), 6.5 (U/ml), 6.1 (U/ml), 5.8 (U/ ml) based on cellulase enzyme activity test with DNS method. Isolates TS2B1, TS1L1, TS3L2 and TS3L3 had high cellulase activity values respectively 5.7 (U/ml), 6.5 (U/ml), 6.1 (U/ml), 5.8 (U/ ml) based on cellulase enzyme activity test with DNS method. Isolate TS2B1 was identified as the genus *Penicillium*, isolates TS1L1 and TS3L3 were identified as the genus *Fusarium* and isolate TS3L2 was identified as the genus *Trichoderma*.

**Keywords** : Oil Palm Empty Bunches, Cellulose, Cellulase Enzymes, Cellulolytic Fungi.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAAHAN SEMINAR HASIL.....</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>x</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian .....	5
1.3. Tujuan Penelitian .....	6
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1. Tanaman Kelapa Sawit ( <i>Elaeis guineensis</i> Jaqc.).....	7
2.2. Klasifikasi Tanaman Kelapa Sawit ( <i>Elaeis guineensis</i> Jaqc.).....	7
2.3. Tandan Kosong Kelapa Sawit .....	8
2.4. Fungi Selulolitik .....	9
2.4. Selulosa.....	11
2.4. Enzim Selulase.....	12
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN.....</b>	<b>14</b>
3.1. Waktu dan Tempat.....	14
3.2. Alat dan Bahan .....	14
3.3. Cara Kerja.....	15
3.3.1. Pembuatan Medium dan Sterilisasi Alat dan Bahan.....	15
3.3.2. Pengambilan Sampel .....	15
3.3.3. Isolasi dan Pemurnian Fungi .....	16
3.3.4. Seleksi Kemampuan Isolat Fungi Selulolitik Secara Kualitatif .....	17

3.3.5. Uji Fungi Selulolitik secara Kuantitatif .....	18
3.3.5.1. Pembuatan Inokulum .....	18
3.3.5.2. Pembuatan Reagen DNS ( Asam 3,5- <i>Dinitrosalicylic acid</i> ) .....	18
3.3.5.3. Pembuatan Kurva Standar Glukosa Menggunakan metode DNS.....	19
3.3.5.4. Uji Aktivitas Enzim Selulase Secara Kuantitatif menggunakan metode DNS.....	19
3.3.6. Karakterisasi Fungi Selulolitik .....	21
3.3.6.1. Pengamatan makroskopis.....	21
3.3.7. Identifikasi Morfologi Fungi.....	22
3.3.8. Variabel Pengamatan .....	22
3.3.9. Penyajian Data .....	23
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>24</b>
4.1 Isolasi dan Pemurnian Fungi dari TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit).....	24
4.2 Seleksi Kemampuan Selulolitik Isolat Fungi Secara Kualitatif.....	25
4.3 Uji Aktivitas Selulase Secara Kuantitatif.....	29
4.5 Karakterisasi dan Identifikasi Fungi Selulolitik TKKS .....	30
4.5.1 Karaterisasi dan Identifikasi Fungi Selulolitik TKKS pada isolat TS3B1 .....	30
4.5.2 Karaterisasi dan Identifikasi Fungi Selulolitik Tandan Kosong Kelapa Sawit pada isolat TS1L1 .....	34
4.5.3 Karaterisasi dan Identifikasi Fungi Selulolitik Tkks pada isolat TS3L2 .....	38
4.5.4 Karaterisasi dan Identifikasi Fungi Selulolitik Tandan Kosong Kelapa Sawit pada isolat TS3L3 .....	39
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>45</b>
4.5 Kesimpulan .....	45
4.6 Saran .....	45
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>55</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Hasil isolasi pemurnian fungi dari TKKS.....	24
Tabel 4. 2 Indeks selulolitik fungi pada (TKKS).....	25
Tabel 4. 3 Aktivitas Selulase secara Kuantitatif dari 8 isolat fungi.....	29
Tabel 4. 4 Karakterisitik Makrokopis Fungi Selulolitik TKKS pada isolat TS3B1 .....	31
Tabel 4. 5 Karakterisitik Mikrokopis Fungi Selulolitik TKKS pada isolat TS3B1 .....	32
Tabel 4. 6 Karakterisitik Makrokopis Fungi Selulolitik TKKS pada isolat TS1L1 .....	34
Tabel 4. 7 Karakterisitik Mikrokopis Fungi Selulolitik TKKS pada isolat TS3B1 .....	35
Tabel 4. 8 Karakterisitik Mikrokopis Fungi Selulolitik TKKS pada isolat TS3B1 .....	38
Tabel 4. 9 Karakterisitik Mikrokopis Fungi Selulolitik TKKS pada isolat TS3B1 .....	39
Tabel 4. 10. Karakterisitik Mikrokopis Fungi Selulolitik TKKS pada isolat TS3B1 .....	42
Tabel 4. 11 Karakterisasi mikrokopis fungi selulolitik TKKS isolat TS3L3 .....	43

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Glukosa .....	6
Gambar 4.1 Hasil uji kemampuan selulolitik fungi secara kualitatif dari TKKS pada medium CMC .....	31

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Komposisi medium yang digunakan.....	55
Lampiran 2. Isolasi dan pemurnian fungi dari TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit)....	57
Lampiran 3. Tabel pengukuran faktor lingkungan pengambilan sampel.....	58
Lampiran 4. Tabel pengukuran uji Kualitatif sampel TKKS .....	59
Lampiran 5. Gambar Hasil seleksi kemampuan selulolitik isolat fungi pendegradasi selulosa .....	60
Lampiran 6. Tabel nilai absorbansi kurva standar glukosa .....	63
Lampiran 7 Tabel perhitungan absorbansi sampel dan control uji kuantitatif.....	64

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*) merupakan komoditas hasil pertanian yang diperdagangkan, baik untuk industri dalam negeri maupun ekspor. Provinsi Sumatera Selatan adalah salah satu penghasil kelapa sawit dengan luas pertanaman mencapai 1,2 juta hektar dengan total produksi tandan buah segar yang dihasilkan pada Tahun 2022 mencapai sekitar 4 juta ton (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2022). Meningkatnya produksi tanaman kelapa sawit, di sisi lain akan meningkatkan jumlah limbahnya, baik berupa limbah cair maupun limbah padat (Haji, 2013). Limbah padat dari pengelolaan kelapa sawit terdiri dari tandan kosong kelapa sawit, cangkang dan serabut (Prayitno *et al.*, 2008).

Permasalahan limbah perkebunan salah satunya ialah TKKS. Kelimpahan limbah ini terus meningkat seiring dengan perluasan areal perkebunan. Setiap produksi 1 ton tandan buah segar (TBS) akan dihasilkan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebanyak 20% (Santi, *et al.*, 2018). Peningkatan jumlah limbah TKKS dengan berjalannya waktu limbah tersebut tidak tertangani dengan baik sehingga akan menimbulkan pencemaran lingkungan disekitar pabrik kelapa sawit (Yusnia *et al.*, 2019).

Menurut Saputra (2018), TKKS merupakan sumber bahan organik yang kaya akan unsur hara makro Mg, N, P, dan K. Jumlah TKKS diperkirakan 22-23% dari jumlah tandan buah segar yang diolah dalam setiap ton tandan kosong kelapa sawit (Fuadi *et al.*, 2016). Setiap pengelolaan 1 ton TBS (tandan buah ,



segar) dihasilkan TKKS sebesar 22-23%, atau sebanyak 220-230 kg TKKS. Jika Pabrik Kelapa Sawit (PKS) berkapasitas 100 ton/jam maka dihasilkan sebanyak 22-23 ton TKKS.

Pemanfaatan TKKS tersebut belum dilakukan dengan optimal. Petani kelapa sawit umumnya hanya membiarkan limbah tersebut menumpuk atau membakarnya. Pembakaran dan penumpukan TKKS menyebabkan masalah selanjutnya yaitu timbulnya polusi serta menyebabkan penurunan kualitas tanah. TKKS yang berada dalam tumpukan dengan jumlah yang banyak dalam waktu yang lama saja maka hal tersebut akan menimbulkan bau yang tidak sedap sehingga dapat mencemari lingkungan sekitar. TKKS memerlukan waktu yang cukup lama untuk dapat terurai karena mengandung selulosa (Rahmasita, 2017).

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) memiliki kandungan selulosa 45,95%, hemiselulosa 16,49%, dan lignin 22,84% (Murdani, 2017). Salah satu faktor penting yang menentukan keberhasilan proses dekomposisi TKKS adalah mikroorganisme seperti fungi yang berperan sebagai bioaktivator dalam mendegradasi komponen yang terkandung di dalam TKKS (Agustinur dan Yusrizal, 2021). Dua bagian tandan kosong kelapa sawit yang banyak mengandung selulosa adalah bagian pangkal dan bagian ujung tandan kosong sawit yang agak runcing dan agak keras (Hasibuan, 2010).

Selulosa merupakan bagian polisakarida yang dihidrolisis akan menghasilkan monomer selobiosa dan glukosa. Selulosa memiliki sifat sukar larut di dalam air, berbentuk padatan kuat, stabil terhadap panas. Sekitar 50-90% dari selulosa merupakan bagian kristal dan sisanya merupakan zat amorf yang .

dihidrolisis. Molekul selulosa tunggal berupa polimer rantai lurus dari  $\beta$ -1,4-glukosida yang saling berikatan dengan ikatan glikosida (Razie, 2011). Selulase merupakan kompleks enzim yang berperan dalam proses hidrolisis selulosa terdiri dari endoglukanase, ekso-glukanase, dan selobiase. Selulase merupakan salah satu enzim hidrolitik yang penting bagi industri dan sangat penting dalam perkembangan bioteknologi (Gilna and Khaleel 2011).

Degradasi selulosa dengan bantuan enzim dipengaruhi beberapa faktor seperti suhu, pH maupun konsentrasi substrat yang didegradasi. Faktor-faktor tersebut akan sangat berpengaruh pada aktivitas enzim. Peningkatan aktivitas enzim dapat dilakukan dengan menjaga kestabilan enzim terhadap suhu maupun pH (Sui *et al.*, 2019).

Enzim bekerja pada keadaan optimum untuk menghasilkan sebuah produk. Kualitas kerja enzim ditinjau dari karakteristiknya terhadap pengaruh suhu, pH maupun konsentrasi substrat. pH optimum digunakan untuk mengaktifkan sisi aktif enzim yang akan berikatan dengan substrat. Hal ini seperti yang dilaporkan oleh Pandiarajan dan Revathy (2020), aktivitas optimal enzim selulase yang menghidrolisis substrat bubuk selulosa bekerja secara optimal pada pH 7 sebesar 0,45 U/mL. faktor lain yang berpengaruh terhadap aktivitas enzim adalah suhu.

Fungi termasuk salah satu mikroorganisme yang memiliki peranan penting dalam proses penguraian kandungan selulosa pada suatu bahan. Fungi menguraikan selulosa dengan menghasilkan selulase sehingga selulosa akan dirombak menjadi disakarida atau monosakarida yang lebih sederhana .

(Krishaditersanto, 2018). Selulase dapat dihasilkan oleh tumbuhan, khamir, bakteri dan fungi selulolitik (Gupta *et al.* 2012). Fungi mempunyai kemampuan menguraikan selulosa yang terdapat dalam jaringan tumbuhan yang telah mati, menjadi senyawa yang lebih sederhana dikarenakan kemampuannya menghasilkan enzim lignoselulolitik (Kadarmoidheen *et al.* 2012).

Penelitian Rupaedah *et al.*, (2019) mendapatkan isolat fungi yang terdapat dalam TKKS yaitu *Rhizopus microsporus*, *Aspergillus niger* dan *Aspergillus fumigatus*. Talantan *et al.*, (2018) mendapatkan fungi selulolitik yang berasal dari tanah yaitu *Aspergillus*. Penelitian Alhidayatullah *et al.*, (2014) mendapatkan hasil isolat *Trichoderma harzianum* mampu mendegradasi selulosa pada TKKS.

Penelitian Yuniar (2013), telah melakukan skrining dan identifikasi fungi selulolitik dari tandan kosong kelapa sawit yang menunjukkan aktivitas selulase pada substrat CMC (*Carboxyl Methyl Cellulose*), hasil dari skrining dan identifikasi fungi selulolitik mendapati 5 isolat terbaik isolat VTM1, VTM5, VTM6, dan VT12 semuanya termasuk dalam genus *Aspergillus*.

### **1.1. Rumusan Masalah**

Limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah yang paling banyak dihasilkan dari proses pengelolaan buah kelapa sawit. Limbah ini memerlukan waktu yang lama untuk terurai karena memiliki kandungan selulosa yang tinggi sehingga memerlukan mikroorganisme yang membantu proses mempercepat pendegradasian selulosa dengan menggunakan enzim selulase. Penelitian menggunakan sampel limbah TKKS untuk mencari fungi .

selulolitik yang lebih beragam dan mencari yang lebih unggul dari penelitian sebelumnya terkait fungi selulolitik yang mempercepat pengderadasian selulosa pada TKKS. Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Apakah isolat fungi dari limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) berpotensi dalam mengdradasi selulosa berdasarkan uji kualitatif?
2. Isolat fungi dari TKKS manakah yang memiliki nilai aktivitas selulase tinggi berdasarkan uji kuantitatif?
3. Bagaimana karakter dan identitas fungi selulolitik dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang memiliki nilai aktivitas selulase tinggi berdasarkan uji kuantitatif?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah, adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Mendapatkan isolat fungi selulolitik dari limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang berpotensi dalam mengdradasi selulosa berdasarkan uji kualitatif
2. Mengetahui isolat fungi dari TKKS manakah yang memiliki nilai aktivitas selulase tertinggi berdasarkan kuantitatif
3. Menentukan karakteristik dan identitas fungi selulolitik dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang memiliki nilai aktivitas selulase tinggi berdasarkan uji kuantitatif

#### **1.4. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang fungsi sebagai agen pendegradasi selulosa pada tandan kosong kelapa sawit (TKKS) hasil proses pengelolaan limbah kelapa sawit menjadi CPO (*Crude Palm Oil*) sebagai acuan untuk pengelolaan limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS)..

## DAFTAR PUSTAKA

- Adlini, N. I. (2014). Seleksi mikroba selulolitik dalam mendegradasi lignin asal tanah gambut Desa Rimbo Panjang Kampar Riau. Jurusan Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Riau. Riau.
- Agustinur dan Yusrizal. 2021. Eksplorasi Jamur Asal Tandan Kosong Kelapa Sawit Yang Berpotensi Sebagai Agen Pendegradasi Selulosa. *Jurnal Agrotek Tropika*: 9(3):533-541.
- Alhidayatullah, Lisdar I.S., dan O. S. Dharmaputra. 2014. Kemampuan Jamur Pelapuk Kayu Isolat JPA dan *Trichoderma* sp. S2-22 dalam Mendegradasi Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Menghasilkan Selulosa. *Menara Perkebunan* 82(2) : 51-56.
- Ali, S., Rusman, AR. 2017. Kuat Tekan Material Dari Bahan Komposit Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). *Jurnal Mekanava*, 3 (5)- 128-136.
- Anggraini, D., Roliadi, H. 2011. "Pembuatan Pulp dari Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Karton pada Skala Usaha Kecil". *Penelitian Hasil Hutan*. 29(3): 211-225.
- Anggraeni, D. N. dan M. Usman. 2015. "Uji Aktivitas dan Identifikasi Jamur Rhizosfer pada Tanah Perakaran Tanaman Pisang (*Musa paradisiaca*) terhadap Jamur *Fusarium*". *BioLink*. 1(2) :89-98.
- Aini, D. N., & Linda, T. M. (2020). Efficacy of Cellulolytic Bacteria Consortium for Composting Oil Palm Empty Bunches Containing Phytonutrients Potensi Konsorsium Bakteri selulolitik Untuk Pengomposan Tandan Kosong Kelapa Sawit Yang Mengandung Fitonutrien. 1(1): 12–19.
- Arifin, Z., I.B.W. Gunam, N.S. Antara dan Y. Setio. 2019. Isolasi Bakteri Selulolitik Pendegradasi Selulosa dari Kompos. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 7(1): 30-37.
- Azlansyah, Bobby, AS. 2012. Pengaruh Lama Pengomposan Tandan Kosong Kelapa Sawit Terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). Fakultas Agrikultur. Universitas Riau.
- Bacon, C.W., A.E. Glenn, & E.A. Richardson. 2004. Genetic and Morphological Characterization of a *Fusarium verticillioides* Conidiation Mutant. *Mycologia* 95: 968- 980.

- Bhattacharya AS, Bhattacharya A and Pletschke BI, 2015. Synergism of Fungal and Bacterial Cellulases and Hemicellulases: a Novel Perspective for Enhanced Bio-Ethanol Production. *Biotechnology Letters* 37(6): 1117-1129.
- BPS. Statistik kelapa sawit Indonesia 2022. Badan Pusat Statistik: Jakarta, Indonesia. Katalog 5504003.
- Choi, Y.W., I.J. Hodgkiss., and K.D. Hyde. (2005). Enzyme Production by Endophytes of *Brucea Javanica*. *J Agric Tech*, 1: 55-66. Dordrecht Heidelberg. xv + 519 hlm.
- E., Afriani, A., & Kardiansyah, T. (2015). Potensi Dan Peluang Tandan Kosong Sawit Sebagai Bahan Baku Pulp Dan Kertas: Studi Kasus Di Indonesia. *Jurnal Selulosa*. <https://doi.org/10.25269/jsel.v5i02.79>
- Erivianto, Dino., Bakoro, Abhi, P., Didik, Notosudjono. 2016. Penggunaan Limbah Padat Kelapa Sawit Untuk Menghasilkan Tenaga Listrik Pada Existing Boiler. *Sainstech*. 26 (2):85.
- Fadhilah, H., & Budiyanto, B. (2018). Pengaruh Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Media Tumbuh Jamur Terhadap Produksi dan Sifat Fisik Jamur Merang (*Volvariella volvacea*). *Jurnal Agroindustri*.
- Faudi, Anwar., Faridah., Yuniarti. 2016. Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Media Pertumbuhan Jamur Merang. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 2(4):16-19.
- Fauzi, Y., Y.S. Widyastuti, I. Setyawibawa, dan R.H. Paeru. 2012. Kelapa Sawit. Penebar Swadaya. Jakarta. 234 pp.
- Ferbiyanto, A., Rusmana, I., & Raffiudin, R. (2015). *Characterization and Identification of Cellulolytic Bacteria from gut of Worker Macrotermes gilvus*. *HAYATI Journal of Biosciences*.
- Firmansyah, M. A. 2010. Teknik pembuatan kompos. Pelatihan Plasma Petani Kelapa Sawit Di Kabupaten Sukamara. Peneliti Di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Kalimantan Tengah.
- Fuadi, Ahmad M. dan H. Pranoto. 2016. Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Pembuatan Glukosa. *Chemica* 3(1):1-5.
- Gandjar, I. W., Sjamsuridzal, & Oetari, A. (2006). Mikologi dasar dan terapan. DKI Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.

- Gilna VV, Khaleel KM. 2011. *Cellulase enzyme activity of Aspergillus fumigatus from mangrove soil on lignocellulosic substrates. Recent Res Sci Technol* 3 (1) : 132-134.
- Gupta P, Samant K, Sahu A. 2012. *Isolation of cellulose degrading bacteria and determination of their cellulolytic potential. Intl J Microbiol* 578925.
- Hafid, H. S., Rahman, N. A. A., Shah, U. K. M., Baharuddin, A. S., & Ariff, A. (2017). *Feasibility of Using Kitchen Waste As Future Substrate for Bioetha Production: A review. Renewable and Sustainable Energy Review* 74: 671–686.
- Haji. A. G. 2013. Konsep Kimia Asap Cair Hasil Pirolisis Limbah Padat Kelapa Sawit. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 9(3): 109-116.
- Hardianty, D. I., Roza, R. M., dan Martina, A. (2013). Isolasi dan Seleksi Jamur Selulolitik dari Hutan Arboretum Universitas Riau. *Skripsi*. Jurusan Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Riau. Riau.
- Haryanti, Andi., Norsamsi., Putri, Suci, F, S., Novry, Pralisa, P. 2014. Studi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit. *Konversi*. Vol 3 (2) 57-66.
- Haryanti, T., Marbun, P. A., & Purwadaria, T. (2010). Preservasi xylanase *Bacillus pumilus* PU4-2 dengan Teknik imobilisasi pada pollard dan penambahan kation. *Mikrobiol Indonesia*. 15(1):63-71.
- Hasana, N., & Iwan, S. (2015). Aktivitas selulase isolate jamur dari limbah media tanam jamur merang. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon*. 1(5):1110-1115.
- Hatefi, A., Makhdoumi, A., Asoodeh, A., & Mirshamsi, O. (2017). *Characterization of A Bi-Functional Cellulase Produced by A Gut Bacterial Resident of Rosaceae Branch Borer Beetle, Osphranteria Coerulescens (Coleoptera: Cerambycidae). International Journal of Biological Macromolecules*, 103: 158–164.
- Horas, Jan, V., Purba, T, S. 2017. Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia Dalam Perspektif Pembangunan Berkelanjutan. *Masyarakat Indonesia*. Vol 43; 81-94.
- Ichriani, Gusti I., Fahrumsyah dan E., Handayanto. 2018. Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Sumber Fungi Pelarut Fosfat Indegenus dan Media Pembawa Fungi. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah* 3(1): 263-266.
- Ihsan, B., dan Retnaningrum, E. 2017. Isolasi dan Identifikasi Bakteri *Vibrio sp.* Pada Kerang Kapah (*Meretrix meretrix*) Di Kabupaten Trenggalek. *Jurnal Harpodon Borneo*. 10(1): 23-27.



- Inayah, Tisah Afiatul. 2013. Audit Energi Pada Proses Produksi CPO (Crude Palm Oil) Di PMKS PT. Condong Garut, Jawa Barat. Skripsi. Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB. Bogor.
- Irawadi, T.T. (1999). Produksi Enzim Ekstraseluler (Selulase dan Xilanase) dari *Neurospora* sp pada Substrat Limbah Padat Kelapa Sawit. Bogor: IPB.
- Irma, Denty, H., R,M, Roza., A.Martina. 2013. Isoalsi Seleksi Jamur Selulolitik dari Hutan Arboretum. Univeritas Riau.
- Isnawati. 2019. Aktivitas Sellulolitik Fungi Indigenus pada Fermetoge: Pakan Fermentasi Hewan Ruminansia Terbuat dari Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Tongkol Jagung (*Zea mays*). *Jurnal Riset Biologi dan Aplikasinya*; 1(1): 26-31.
- Jennifer, V dan Thiruneelakandan, G. 2015. Enzymatic Activity of Marine Lactobacillus Species from South East Coast of India. *IJSET*. 2(1): 542-546.
- Jumbriah. (2006). Bioremediasi Tanah Tercemar Diazinon Secara Ex Situ dengan Menggunakan Kompos Limbah Media Jamur (Spent Mushroom Compost). Tesis. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Kasana, R. C., Richa. S., Hena. D., Som. D., dan Arvind., G. 2008. A Rapid dan Easy.
- Krishaditersanto, R. 2018. Degradasi Komponen Serat Serbuk Gergaji Hasil Biokonversi Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) dengan Level Urea Berbeda. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan* 28(2): 175-182.
- Kuhad, R. C., Deswal, D., Sharma, S., Bhattacharya, A., Jain, K. K., Kaur, A., Pletschke, B. I., Singh, A., & Karp, M. (2016). *Revisiting Cellulase Production and Redefining Current Strategies Based on Major Challenges. Renewable andustainable Energy Reviews*, 55: 249–272.
- Lehninger, A. L. 1997. Dasar-Dasar Biokimia. Jilid I (Edisi Revisi). Erlangga, Jakarta.
- Lestari, P. B dan Triasih W. H. 2017. Mikrobiologi berbasis inquiry. Malang : Gunung Samudra. viii + 235 hlm.
- Lukas, A., Ngudiwaluyo, S., Mulyono, H., Rosyadi, I., & Noor, I. M. (2007). Kelapa Sawit Menjadi Biokar Sebagai Pupuk Karbon *Technical and Financial Aspects on Inceneration of Oil Palm Empty Fruit Bunches Into Biochar as Carbon Fertilizer. Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 13, 37–42.

- Manzoor, N., Cao, L., Deng, D., Liu, Z., Jiang, Y., & Liu, Y. (2018). *Cellulase Extraction from Cellulolytic Bacteria Promoting Bioelectricity Production by Degrading Cellulose*. *Journal of Electroanalytical Chemistry* 829: 241–248.
- Mulyasari, Irma M., dan Mas T. D. S. 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.
- Murdani, F. C. 2017. Pengolahan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Sebagai Alternatif Material Tekstil. *e-Proceeding of Art & Design* 4(3): 1187–1206.
- Murtiyaningsih, Hidayah & Muhammad, Hazm. 2017. Isolasi dan Uji Aktivitas Enzim Selulase Pada Bakteri Selulolitik Asal Tanah Sampah. *Agritrop*, Vol. 15 (2): 293 – 308.
- Ningtyas, V.A. & Astuti, L.Y. (2010). Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sisa Media Jamur Merang (*Volvariella volvacea*) sebagai Pupuk Organik dengan Penambahan Aktivator Effective Microorganism EM-4. Skripsi. Fakultas Teknik. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Ni Putu, N. R., Ketut, S. J., Ida Ayu Putu, S., 2018. Isolasi dan Identifikasi Jamur Mikroskopis Pada Rhizosfer Tanaman Jeruk Siam (*Citrus nobilis* Lour.) di Kecamatan Kintamani, BALI. *Jurnal Pendidikan Biologi Undiksha*. 6(1) :10-19.
- Nisban, Moh, Ramli. 2022. Pengomposan Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*) Dengan Beberapa Pemberian Mikroorganisme Lokal (MOL). *Jurnal Ilmiah*.1(1) :21-27.
- Nisa, Dianrifiya., Widya, Dwi., Rukmi, Putri. 2014. Pemanfaatan selulosa dari Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao* L.) Sebagai Bahan Baku Pembuatan CMC (*Carboxymethyl Cellulose*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2 (3): 34-42.
- Nurkanto, A. 2007. Identifikasi Aktinomisetes Tanah Hutan Pasca Kebakaran Bukit Bangkirai Kalimantan Timur dan Potensinya Sebagai Pendegradasi Selulosa dan Pelarut Fosfat. *Jurnal Bidang Mikrobiologi Puslit Biologi LIPI*. 8(4).
- Octavia, A., & Wantini, S. 2017. Perbandingan pertumbuhan cendawan *Aspergillus flavus* pada media PDA (*potato dextrose agar*) dan media alternatif dari singkong (*Manihot esculenta* Crantz). *Jurnal Analisis Kesehatan*, 6(1): 625–631.

- Pahan, I. 2011. Panduan Lengkap Kelapa Sawit: Manajemen Agribisnis dari Hulu Hingga Hilir. Penebar Swadya. Jakarta. 411 hal.
- Pandiarajan, J., & Revathy, K. (2020). *Cellulolytic Potential of Gut Bacterial Biomass in Silkworm Bombyx mori. L. Ecological Genetics and Genomics*, 14, 100045. <https://doi.org/10.1016/j.egg.2019.100045>.
- Pitt, J. I., and Ailsa D. H. 2009. *Fungi And Food Spoilage*. New York : Springer.
- Pinem, Asreni, Lisna., Harlis., Retni, S, B. 2018. Uji Kemampuan Jamur Selulolitik Dari Ekstrak Tandan Kosong Kelapa Sawit Pada Pengomposan Limbah Jerami Padi Sebagai Bahan Pengayaan Praktikum Mikrobiologi Terapan. LISNAARENIPNEM (AIC4) Pendidikan Biologi . FKIP: Jambi.
- Poerwanto, R., A. Munif., A. Nurmansyah., S. Wiyono., W. Sari. 2017. Keanekaragaman dan Patogenisitas *Fusarium* spp. Asal Beberapa Kultivar Pisang. Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680.
- Prasutiyo, I., & Yolanda, D. (2015). Degradasi selulosa dari Batang Jagung (*Cornstalk*) Menjadi Glukosa dengan Proses Hidrotermal Menggunakan Kombinasi Proses Pretreatment Delignifikasi. In FTI-ITS.
- Purkan., Purnama., dan Sumarsih S. 2015. Produksi Enzim Selulase Dari *Aspergillus niger* Menggunakan Sekam Padi Dan Ampas Tebu Sebagai Induser. Jurnal Ilmu Dasar, 16 ( 2) : 95-102.
- Purwati dan Hamidah. 2018. “Biodiversitas Mikroba Rizosfer Tanaman Jeruk Keprok Borneo Prima (*Citrus reticulata cv Borneo Prima*)”. Jurnal Agrifarm.7( 2) :23-32.
- Putera, & Harya, R. D. (2012). Ekstraksi Serat Selulosa dari Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) dengan Variasi Pelarut. Skripsi. Program Studi Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Rahmasita, M. E., Farid, M., & Ardhyanta, H. 2017. Analisa Morfologi Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Penguat Komposit Absorpsi Suara. Jurnal Teknik ITS, 6(2): 2337-3520.
- Razie, F., Anas, I., Sutandi, A., Gunarto, L., & Sugiyanta, S. 2011. Aktivitas Enzim Selulase Mikroba Yang Diisolasi Dari Jerami Padi Di Persawahan Pasang Surut Di Kalimantan Selatan. Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan, 13(2): 43-48.
- Refai, M., El-yazid, H. A. and Hassan, A. 2014. *Monograph on Aspergillus and Aspergillosis in man, animals and birds. Department of Microbiology, Faculty of Veterinary Medicine, Cairo University. Department of Mycology and Mycotoxins, Animal Health Research Institute, Dokki.*

- Risdianto, Hendro., Elis, Sofianti., Suryana., Sri, H, S., Thandra, Setiadi. 2018. Pengaruh Sumber Karbon pada Produksi Lakase dari Jamur Pelapuk Putih *Marasmius sp.* dalam Fermentasi Kultur Padat. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 22(1) :1-12.
- Rismawati, Yuli., Syaiful, Bahri., Prismawiryanti. 2016. Produksi Glukosa dari Jerami Padi (*Oryza sativa*) Menggunakan Jamur **Trichoderma sp.** *KOVALEN*, 2(2):67-76.
- Rosalia, Merlyna., Wayan, A. I, Gede, P, W. 2021. Isolasi Bakteri Selulolitik dari Buah Kopi Robusta (*Coffea canephora*) dan Uji Kemampuan Degradasi pada Buah Kopi. *Nandur*, 1 (1):46-55.
- Rosyada, N. (2015). Isolasi Bakteri Asam Laktat dengan Aktivitas Selulolitik pada Saluran Pencernaan Mentok (*Cairina moschata*). Skripsi. Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Rupaedah, B., Devit P., Anna S., Teuku T., Abdul W., Mahmud S., Imam S., dan S. Agus. 2019. Skrining dan Identifikasi Mikroba Lignolitik pada Pengomposan Alami Tandan Kosong Kelapa Sawit. *J Bioteknologi Biosains Indonesia* 6(1): 139-148.
- Safaria, S. 2013. Efektivitas Campuran Enzim Selulase dari *Aspergillus Niger* dan *Trichoderma Reesei* Dalam Menghidrolisis Substrat Sabut Kelapa. *Jkk*. 2 (1).
- Samson, R. A., C.M. Visagie., J. Houbraeken., S.-B. Hong., V. Hubka., C.H.W. Klaassen., G. Perrone., K.A. Seifert., J.B. Tanney., J. Varga., S. Kocsub., G. Szigeti., T. Yaguchi And J.C. Frisvad. 2014. *Phylogeny, Identification And Nomenclature Of The Genus Aspergillus*. *Studies In Mycology*. 78:141–173.
- Sapareng, Sukriming & Amir, M. 2022. Dekomposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Cendawan Pelapuk. *Jurnal TABARO* 6(1):718-726.
- Saputra, J., Hanum, C. dan J. Ginting. 2018. Kadar N, P Daun dan Produksi Kelapa Sawit melalui Penempatan TKKS pada Rorak. *Jurnal Agroteknologi*, 2(4): 1279-1286.
- Sari, A. R., Endang K., dan Isworo R. 2017. Produksi Selulase Oleh Kapang *Aspergillus sp.* Hasil Isolasi Dari Limbah Pengolahan Sagu (*Metroxylon Sp.*) Dengan Variasi Konsentrasi Inokulum Pada Fermentasi Terendam Statis. *Jurnal Biologi*, 6 (1): 11-20.
- Saropah AA, Jannah, Maunatin A. 2012. Kinetika reaksi enzimatis ekstrak kasar enzim bakteri selulolitik hasil isolasi dari bekatul. *Alchemy* 2 (1): 34-45

- Sastrahidayat, I.R. 1992. Ilmu Penyakit Tumbuhan. Surabaya: Usaha Nasional. 365 Hal..
- Semangun, H. 2001. Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sethi S, Gupta S. 2014. Optimization cultural parameters for cellulase enzyme production from fungi. *J Biol Life Sci* 2 (3): 989-996
- Sharma HK, Xu C and Qin W, 2019. Biological Pretreatment of Lignocellulosic Biomass for Biofuels and Bioproducts: an Overview. *Waste and Biomass Valorization* 10 (2): 235-251.
- Suanda, I.W.2016. Karakteristik Morfologis *Trichoderma sp.* Isolat JB dan Daya Antagonisme Terhadap Patogen Penyebab Penyakit Rebah Kecambah (*Sclerotium rofsii* Sacc.) pada Tanaman Tomat. Prosiding Seminar Nasional MIPA 2016.
- Suharnowo, L. S. Budipramana dan Isnawati. 2012. Pertumbuhan Miselium Dan Produksi Tubuh Buah Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) Dengan Memanfaatkan Kulit Ari Biji Kedelai Sebagai Campuran pada Media Tanam. *LenteraBio* (1) : 125–130.
- Talantan, V. M., Marina, Orryani L., dan Nengah S. 2018. Uji Aktivitas Selulase Dari Jamur Selulolitik Asal Tanah Danau Kalimpa'a Sulawesi Tengah. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 7 (3) 323-333.
- Tan, L., Yu, Y., Li, X., Zhao, J., Qu, Y., Choo, Y.M. & Loh, S.K. (2013). Pretreatment of Empty Fruit Bunch from Oil Palm for Fuel Ethanol Production and Proposed Biorefinery Process. *Bioresource Technology*. (135), 275-282.
- Tianah, Yeni., Santi, Sani. 2022 Pengaruh Penambahan Serabut (Fiber) Kelapa Sawit Terhadap Porositas Beton. *Jurnal Deformasi*. 7 (1) : 94-95. Universitas Brawijaya Press. xiii + 142 hlm.
- USDA (United States Department of Agriculture). (2014). *Taxonomy of *Elaeis guineensis* Jacq.* <https://plants.usda.gov/home/plantProfile?symbol=ELGU>. USDA NRCS National Plant Data Team. Diakses pada 06 Oktober 2022.
- Vidanarko. 2011. Buku Pintar Kelapa Sawit. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Vieira, E, -F., Carvalho, -J., Pinto, -E., Cunha, -S., Almeida, A, -A., Fereira, I, M, P, L, V, -O., 2016. Nutritive value, antioxi-dant activity and phenolic compounds profile of brewer's spent yeast extract. *Journal of Food Composition and Analysis*. 52, 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.07.006>

- Waghunde, R. R., Shelake, R. M., & Sabalpara, A. N. (2016). Trichoderma : A significant fungus for agriculture and environment. *African Journal Of Agricultural Research*, 11(22), 1952–1965. <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.10584>
- Watanabe, T. (2010). *Pictorial atlas of soil and seed fungimorphologies of cultured fungi and key of species* 3<sup>rd</sup>. Taylor & Francis Group.
- Wayan, Ni, Sri, S. 2020. Isolasi dan Identifikasi Morfologi Jamur Selulolitik dari Limbah Rumah Tangga di Desa Sanur Kauh, Bali. *Jurnal Agroekoteknologi*. 13(2):100–105.
- Widada, J., Mulyadi., B. Hadisutrisno., Suryanti. 2015. Identifikasi Fusarium dan Nematoda Parasit yang Berasosiasi dengan Penyakit Lada Di Kalimantan Barat. Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jln. Flora 1, Bulaksumur, Sleman, Yogyakarta 55281.
- Widiastuti. Panji, T. 2007. Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sisa Jamur Merang (*Volvariella volvacea*)(TKSJ) Sebagai Pupuk Organik Pada Pembibitan Kelapa Sawit. Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia :Bogor.
- Widitanto, R. K. P. (2020). Outlook Kelapa Sawit. In Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Wirajana, I.N., Kimura, T., Sakka, K., Wasito, E.B., Kusuma, E.K., & Puspaningsih, N.N.T., 2016, Secretion of Geobacillus thermoleovorans IT-08  $\alpha$ -L-Arabinofuranosidase (AbfA) in *Saccharomyces cerevisiae* by Fusion with HM-1 Signal Peptide, *Procedia Chemistry* 18: 69 – 74.
- Wulandari, N. L. D., M. W. Proborini, dan I. Kt. Sundra. 2013. “Eksplorasi Spasial Cendawan Tanah pada Sekitar Rhizosfer Tanaman Jambu Mete (*Anacardium occidentale L.*) di Karangasem dan Buleleng-Bali”. *Jurnal Simbiosis*. 1(2) :85-101.
- Yenie, Elvi & Syelvia, Putri, Utami. 2015. Pengaruh Suhu dan pH Pertumbuhan Jamur Merang(*Volvariella Volvacea*). Terhadap Degradasi Lignin Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian*. 1(1): 29-35.
- Yosmar, R., Suharti, N., dan Rayid, R. (2013) Isolasi dan Uji Kualitatif Hidrolisat Jamur Penghasil Enzim Selulase Dari Tanah Tumpukan Ampas Tebu. Fakultas Farmasi Univeritas Andalas. Padang
- Yuleli. 2009. Penggunaan Beberapa Jenis Fungi untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis*) di Tanah Gambut. Tesis. Medan: Sekolah Pascasarjana, Universitas Sumatera Utara.

- Yuna, R.; Mardina, V. *Evaluation of The Chemical Characteristics of Palm Oil Liquid Waste In Factory. Jurnal Biologica Samudra* 2019, 1 (1), 1 – 8.
- Yuniar, W. 2013. Skrining dan Identifikasi Kapang Selulolitik Pada Proses Vermikomposting Pada Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). *Skripsi. Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Jember.*
- Yunilas, Y., Lili Warly., Irsan, Ryanto. 2019. Isolasi Dan Karakteristik Fungi Lignoselulolitik Dari Limbah Sawit Sebagai Agen Pendegradasi Pakan Berserat. *Rona Teknik Pertanian*. 12 (2): 40-41.
- Yusnia, E. D., Wayan Gunam, I. B., & Semadi Antara, N. (2019). Isolasi Dan Skrining Bakteri Selulolitik Dari Beberapa Tanah Hutan Di Bali. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 7(1): 11.
- Zin, N. A., & Badaluddin, N. A. (2020). Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(2), 168-178.