

**SKRINING POTENSI BAKTERI ENDOFIT RANTING KELOR  
(*Moringa oleifera* Lam.) SEBAGAI PENGHASIL ENZIM  
XILANASE DAN AMILASE**

**Skripsi  
Untuk Melengkapi Syarat-syarat guna Memperoleh Gelar  
Sarjana Farmasi pada Program Studi Farmasi**

**Disusun oleh:  
Zella Vesaliana  
1704015192**






**PROGRAM STUDI FARMASI  
FAKULTAS FARMASI DAN SAINS  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA  
JAKARTA  
2021**

Skripsi dengan Judul

**SKRINING POTENSI BAKTERI ENDOFIT RANTING KELOR  
(*Moringa oleifera* Lam.) SEBAGAI PENGHASIL ENZIM  
XILANASE DAN AMILASE**

Telah disusun dan dipertahankan di hadapan penguji oleh:

**Zella Vesaliana, NIM 1704015192**

	Tanda Tangan	Tanggal
<u>Ketua</u> Wakil Dekan I <b>Drs. apt. Inding Gusmayadi, M.Si.</b>		<u>6/10/21</u>
<u>Penguji I</u> <b>Tahyatul Bariroh, M.Biomed.</b>	 <small>Tahyatul Bariroh 02/09/21 AM Skripsi</small>	<u>2/09/2021</u>
<u>Penguji II</u> <b>Imam Hardiman, M.Sc.</b>		<u>23/08/2021</u>
<u>Pembimbing I</u> <b>Dr. Priyo Wahyudi, M.Si.</b>		<u>07/09/2021</u>
<u>Pembimbing II</u> <b>Rizky Arcintha Rachmania, M.Si.</b>		<u>04/09/2021</u>
Mengetahui:		
Ketua Program Studi <b>Dr. apt. Rini Prastiwi, M.Si.</b>	 8-9-2021	<u>08/09/2021</u>

**Dinyatakan Lulus pada Tanggal: 14 Agustus 2021**

## ABSTRAK

### SKRINING POTENSI BAKTERI ENDOFIT RANTING KELOR (*Moringa oleifera* Lam.) SEBAGAI PENGHASIL ENZIM XILANASE DAN AMILASE

**Zella Vesaliana**  
**1704015192**

Ranting kayu kelor memiliki mikroba endofit yang hidup di dalam jaringan tanaman yang dapat menghasilkan enzim ekstraseluler seperti enzim xilanase dan amilase. Tanaman berkayu terdiri dari komponen hemiselulosa dan polimer berbahan dasar karbohidrat, yaitu xilan dan pati. Tujuan penelitian ini untuk memperoleh bakteri endofit ranting kelor yang memiliki potensi tertinggi aktivitas enzim xilanase dan amilase. Bakteri endofit ranting kelor diisolasi menggunakan metode tanam langsung pada medium *Nutrient Agar* (NA). Pengujian aktivitas enzim secara kualitatif dilakukan dengan mengamati zona bening yang terbentuk di sekitar koloni pada medium xilan dan pati, kemudian dilakukan pengujian kuantitatif dengan menggunakan metode Asam Dinitrosalisilat (DNS). Hasil penelitian isolasi bakteri endofit ranting kelor didapatkan 6 isolat, dua diantara isolat tersebut (KL 1 dan KL 2) menunjukkan kemampuan yang dapat menghasilkan enzim amilase dan isolat KL 2 memiliki potensi tertinggi aktivitas enzim amilase yaitu 8,1939 U/ml. Namun, ke-6 isolat bakteri endofit ranting kelor tidak dapat menghasilkan enzim xilanase.

**Kata Kunci:** Ranting Kelor (*Moringa oleifera* Lam.), Bakteri Endofit, Enzim Xilanase, Enzim Amilase.

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Alhamdulillah*, puji, dan syukur kehadirat Allah subhanahu wata'ala karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi, dengan judul **“SKRINING POTENSI BAKTERI ENDOFIT RANTING KELOR (*Moringa oleifera* Lam.) SEBAGAI PENGHASIL ENZIM XILANASE DAN AMILASE”**.

Penulisan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi tugas akhir sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Farmasi (S.Farm.) pada program studi Farmasi Fakultas Farmasi dan Sains Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA, Jakarta.

Pada kesempatan yang baik ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. apt. Hadi Sunaryo, M.Si selaku Dekan Fakultas Farmasi dan Sains Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA, Jakarta.
2. Bapak Drs. apt. Inding Gusmayadi, M.Si selaku Wakil Dekan I Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA, Jakarta.
3. Ibu Dr. apt. Rini Prastiwi, M.Si selaku Ketua Program Studi Farmasi, Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA, Jakarta.
4. Ibu Dr. Hariyanti, M.Si selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan arahan dari awal hingga akhir kelulusan ini.
5. Bapak Dr. H. Priyo Wahyudi M.Si, selaku Pembimbing I dan Ibu Rizky Arcintha Rachmania, M.Si., selaku Pembimbing II yang senantiasa membantu dan memberikan bimbingan, arahan, nasihat, motivasi, pengorbanan waktu, serta berbagai dukungan yang sangat berarti selama pengerjaan penelitian dan penyusunan skripsi ini. Terimakasih atas pengalaman dan kesabarannya dalam membantu penulis selama ini.
6. Seluruh staf dosen yang telah memberikan ilmu dan masukan-masukan yang berguna selama kuliah dan selama penyelesaian skripsi ini
7. Kedua orang tua saya bapak Edi Supriadi dan ibu Supiati, Kakak tercinta Lia Verani atas doa, kasih sayang, cinta, semangat dan dukungannya yang selalu diberikan kepada penulis sejak penulis dilahirkan hingga saat ini dan selamanya.
8. Sahabat satu bimbingan satu kelompok penelitian (Lidia Nurhidayah, Nisa Agistina, Tri Nurwulandari, dan Desrina Gusdaradhanty), yang senantiasa bersabar, memberikan dukungan dan semangat dalam proses penelitian dan penulisan skripsi ini.
9. Teman Seperjuangan semasa kuliah (Feni Damayanti, Aina Fidini, Mifta Lutfia) yang selalu menemani selama perkuliahan hingga skripsi.
10. Sahabat-sahabatku tercinta Suci Rahmawati Dewi, Mery Puspitasari, Retno Purwaningsih, Arum Amini yang selalu memberikan semangat serta doanya kepada penulis.
11. Muhammad Afdal Zikri yang senantiasa memberikan doa, semangat, dukungan, serta tidak pernah bosan mendengar cerita keluh dan kesah selama menyelesaikan skripsi ini.
12. Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis selama penyusunan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu.

Penulis sangat menyadari bahwa dalam melakukan penelitian serta penulisan skripsi ini masih sangat jauh dari kesempurnaan. Untuk itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik dari pembaca untuk membangun dan menyempurnakan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri pada khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Jakarta, 24 Juli 2021

Penulis



## DAFTAR ISI

	Hlm.
<b>HALAMAN JUDUL</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	<b>x</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang	1
B. Permasalahan Penelitian	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>4</b>
A. Landasan Teori	4
1. Pohon Kelor ( <i>Moringa oleifera</i> Lam.)	4
2. Bakteri Endofit	5
3. Isolasi Bakteri Endofit	6
4. Kultivasi Bakteri Endofit	7
5. Xilan	8
6. Enzim Xilanase	9
7. Amilum	9
8. Enzim Amilase	11
9. Uji Aktivitas Enzim	11
B. Kerangka Berpikir	12
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>14</b>
A. Tempat dan Waktu Penelitian	14
1. Tempat Penelitian	14
2. Waktu Penelitian	14
B. Bahan dan Alat Penelitian	14
1. Bahan Penelitian	14
2. Alat Penelitian	14
C. Prosedur Penelitian	15
1. Determinasi Tanaman	15
2. Sterilisasi Alat	15
3. Pembuatan Medium	15
4. Penyiapan Larutan Pereaksi Uji Aktivitas Enzim	17
5. Isolasi Bakteri Endofit	18
6. Pemurnian Bakteri Endofit	18
7. Pengamatan Karakterisasi Morfologi Bakteri Secara Makroskopis	18
8. Pengamatan Karakterisasi Morfologi Bakteri Secara Mikroskopis	19
9. Pengujian Aktivitas Enzim Xilanase dan Amilase Secara Kualitatif	19
10. Kultivasi Bakteri Endofit Potensial	20
11. Pengujian Aktivitas Enzim Xilanase dan Amilase Secara Kuantitatif	20
12. Analisis data	22

<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>24</b>
A. Hasil Determinasi Tanaman Kelor	24
B. Hasil Isolasi Bakteri Endofit Ranting Kelor	24
C. Hasil Pemurnian Bakteri Endofit Ranting Kelor	26
D. Hasil Karakterisasi Morfologi Bakteri Endofit Ranting Kelor Secara Makroskopis dan Mikroskopis	27
E. Hasil Pengujian Aktivitas Enzim Amilase Secara Kualitatif	28
F. Kultivasi Bakteri Endofit Potensial	31
G. Hasil Pengujian Aktivitas Enzim Amilase Secara Kuantitatif	32
H. Hasil Pengujian Aktivitas Enzim Xilanase Secara Kualitatif	34
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>36</b>
A. Simpulan	36
B. Saran	36
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>37</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>	<b>43</b>



## DAFTAR TABEL

	Hlm.
Tabel 1. Komposisi Medium Xilan Agar	16
Tabel 2. Hasil Karakterisasi Secara Makroskopis Bakteri Endofit Ranting Kelor	27
Tabel 3. Hasil Karakterisasi Secara Mikroskopis Bakteri Endofit Ranting Kalor	28
Tabel 4. Hasil Uji Aktivitas Enzim Amilase dari Bakteri Endofit Ranting Kalor Secara Kualitatif	31
Tabel 5. Hasil Supernatan Isolat Bakteri Endofit Ranting Kelor KL 1 dan KL 2	32
Tabel 6. Hasil Uji Aktivitas Enzim Amilase dari Bakteri Endofit Ranting Kelor Secara Kuantitatif	34





## DAFTAR GAMBAR

	Hlm.
Gambar 1. Pohon, Ranting, Daun, dan Buah Kelor	4
Gambar 2. Struktur Xilan	8
Gambar 3. Struktur Amilosa	10
Gambar 4. Struktur Amilopektin	10
Gambar 5. Hasil Isolasi Bakteri Endofit Ranting Kelor	25
Gambar 6. Hasil Pemurnian Bakteri Endofit dari Ranting Kelor	26
Gambar 7. Aktivitas Enzim Ranting Kelor Secara Kualitatif (a) Ulangan 1; (b) Ulangan 2; (c) Ulangan 3	30



## DAFTAR LAMPIRAN

	Hlm.	
Lampiran 1.	Determinasi Tanaman Kelor ( <i>Moringa oleifera</i> Lam.)	43
Lampiran 2.	Sertifikat <i>Nutrient Agar</i> (NA)	44
Lampiran 3.	Sertifikat Asam Dinitrosalisilat (DNS)	46
Lampiran 4.	Sertifikat <i>Soluble Starch</i>	47
Lampiran 5.	Sertifikat D-Glucose	48
Lampiran 6.	Sertifikat <i>Congo Red</i>	49
Lampiran 7.	Sertifikat <i>Xylan Corn Cob</i>	50
Lampiran 8.	Sertifikat Xilosa	51
Lampiran 9.	Hasil Kultivasi dan Sentrifuge Bakteri Endofit Ranting Kelor	53
Lampiran 10.	Prosedur Penelitian	54
Lampiran 11.	Skema Isolasi Bakteri Endofit Ranting Kelor	55
Lampiran 12.	Skema Pemurnian Bakteri Endofit Ranting Kelor	56
Lampiran 13.	Skema Karakterisasi Bakteri Endofit dari Ranting Kelor	57
Lampiran 14.	Skema Pengujian Aktivitas Enzim Amilase Secara Kualitatif	58
Lampiran 15.	Skema Pengujian Aktivitas Enzim Xilanase Secara Kualitatif	59
Lampiran 16.	Perhitungan Aktivitas Enzim Amilase Secara Kualitatif	60
Lampiran 17.	Skema Proses Kultivasi Cair Bakteri Endofit Ranting Kelor	64
Lampiran 18.	Skema Penetapan Panjang Gelombang Serapan Maksimum Glukosa	65
Lampiran 19.	Hasil Penetapan Panjang Gelombang Serapan Maksimum Glukosa	66
Lampiran 20.	Skema Pembuatan Kurva Baku Glukosa	67
Lampiran 21.	Hasil Kurva Baku Glukosa	68
Lampiran 22.	Perhitungan Kurva Baku Glukosa	69
Lampiran 23.	Absorbansi Kurva Baku Glukosa	70
Lampiran 24.	Skema Pengujian Aktivitas Enzim Amilase Secara Kuantitatif	71
Lampiran 25.	Hasil Absorbansi Uji Sampel Isolat Bakteri Endofit Ranting Kelor pada $\lambda$ 535 nm	72
Lampiran 26.	Hasil Absorbansi Kontrol Sampel Isolat Bakteri Endofit Ranting Kelor pada $\lambda$ 535 nm	73
Lampiran 27.	Perhitungan Aktivitas Enzim Amilase	74
Lampiran 28.	Hasil Uji Aktivitas Enzim Xilanase Secara Kualitatif	77
Lampiran 29.	Skema Penetapan Panjang Gelombang Serapan Maksimum Xilosa	79
Lampiran 30.	Hasil Penetapan Panjang Gelombang Maksimum Xilosa	80
Lampiran 31.	Skema Pembuatan Kurva Baku Xilosa	81
Lampiran 32.	Hasil Kurva Baku Xilosa	82
Lampiran 33.	Perhitungan Kurva Baku Xilosa	83
Lampiran 34.	Absorbansi Kurva Baku Xilosa	84
Lampiran 35.	Perhitungan Komposisi Medium dan Larutan Endofit Ranting Kelor	85
Lampiran 36.	Alat dan Bahan	92

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Enzim merupakan suatu protein sebagai katalis biologis selektif (Ngili dan Ubyaan, 2015). Enzim juga dapat diartikan sebagai pengubah dalam mempercepat suatu substrat menjadi produk, tetapi enzim itu sendiri tidak mengalami suatu perubahan (Puspitaningrum dan Adhiyanto, 2016). Enzim banyak dimanfaatkan di bidang kesehatan maupun industri. Aplikasi enzim secara komersial tersebar di berbagai bidang seperti pada industri pengolahan pangan, pakan, detergen, kertas, biologi molekuler, rekayasa genetika, dan dalam bidang kesehatan yaitu farmasi (misalnya sintesis antibiotik), hingga industri di bidang jasa analisis diagnosis. Pengembangan teknologi enzim sangat dibutuhkan untuk merancang produk-produk inovatif dalam memenuhi kriteria keberlanjutan (Sutrisno, 2017). Salah satu usaha untuk meningkatkan, yaitu melakukan pengembangan di bidang teknik produksi dengan memanfaatkan enzim di bidang farmasi.

Pemanfaatan enzim di bidang farmasi salah satunya enzim xilanase dan amilase. Enzim xilanase dimanfaatkan dalam bidang farmasi, yaitu dengan mengubah xilan menjadi xilosa sebagai pemanis buatan untuk penderita diabetes (Kumala, 2014). Selain itu, xilitol yang merupakan gula alkohol dari xilosa dijadikan sebagai campuran pasta gigi yang berfungsi untuk mencegah gigi berlubang dan sebagai formula untuk obat kumur (Makinen, 2010). Sedangkan, untuk enzim amilase banyak digunakan di industri farmasi untuk hidrolisis pati dalam proses pencairan pati menjadi sirup fruktosa dan glukosa (Nielsen and Borchert, 2000). Enzim xilanase dan enzim amilase dapat bersumber dari mikroorganisme seperti bakteri dan fungi (Chakdar *et al.*, 2016; Sundarram and Murthy, 2014). Sebagian besar, 80% pemanfaatan enzim diproduksi dari mikroorganisme (Sutrisno, 2017).

Mikroorganisme terdiri dari bakteri, kapang, dan khamir yang dapat hidup di dalam jaringan tanaman tanpa menimbulkan suatu kerugian bagi inangnya disebut sebagai mikroba endofit (Kumala, 2014). Endofit juga dapat bermanfaat bagi inangnya dengan menghasilkan senyawa alami yang dapat dimanfaatkan dalam pengobatan dan pertanian (Ryan *et al.*, 2007). Bakteri endofit

mempunyai sifat dan morfologi yang sama seperti bakteri pada umumnya (Kumala, 2014). Bakteri endofit dapat diketahui keberadaannya dengan mengisolasi bagian tanaman yang telah disterilisasi permukaan dan ditempatkan pada media pertumbuhan bakteri (Bacon and Hinton, 2007). Salah satu peran mikroba endofit yaitu dapat menghasilkan enzim ekstraseluler (Kumala, 2014).

Enzim ekstraseluler merupakan enzim yang diproduksi oleh suatu mikroorganisme yang berada di luar sel, salah satunya enzim xilanase dan enzim amilase (Kumala, 2014). Xilanase merupakan enzim yang dapat memutuskan ikatan rantai utama xilan, dengan menghasilkan oligosakarida pendek. Xilan adalah hemiselulosa yang banyak ditemukan pada dinding sel tanaman berkayu (Susanti dan Fibriana, 2017). Pada kayu lunak keberadaan xilan dapat ditemukan sebesar 7 - 10% (Saka and Bae, 2016). Sedangkan, enzim amilase adalah enzim pengurai pati, glikogen, dan polisakarida yang terdiri dari tiga macam enzim amilase, seperti  $\alpha$ -amilase,  $\beta$ -amilase,  $\gamma$ -amilase (Toha, 2010). Pada tanaman berkayu terdapat amilum yang berfungsi sebagai penyimpanan sumber karbohidrat (Magel *et al.*, 2000).

Pohon kelor (*Moringa oleifera* Lam.) merupakan tumbuhan dikotil yang memiliki tekstur berkayu lunak (Suhono, 2010). Pada batang berkayu tersusun atas jaringan selulosa, hemiselulosa, dan lignin serta semua dinding sel tanaman berkayu terdiri dari polimer berbahan dasar karbohidrat (Rowell *et al.*, 2013). Menurut penelitian Ilmi *et al.* (2018), pohon kelor memiliki 4 isolat bakteri endofit yang diisolasi dari kulit batang kelor yang memiliki hubungan genetik paling dekat dengan *Bacillus cereus* JL. Angelina (2016) melaporkan bahwa terdapat isolat bakteri endofit dari pohon kelor sebanyak 2 isolat yang diisolasi pada bagian ranting dan 2 isolat yang diisolasi pada bagian daun. Penelitian lain juga dilakukan oleh Souza *et al.* (2016) mendapatkan isolat bakteri endofit sebanyak 215 isolat dari pohon kelor di beberapa tempat berbeda yang diisolasi pada bagian daun. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan prospek pohon kelor memiliki mikroba endofit di dalamnya sehingga dapat menghasilkan enzim ekstraseluler seperti enzim xilanase dan enzim amilase dari ranting berkayu.

Berdasarkan hal tersebut, dilakukan skrining potensi bakteri endofit ranting kelor sebagai penghasil enzim xilanase dan amilase. Penelitian diawali dengan

mengisolasi bakteri endofit pada media *Nutrient Agar* (NA) dari ranting kelor (*Moringa oleifera* Lam.) segar dan sehat yang sudah disterilisasi permukaan dengan menggunakan teknik penanaman langsung. Isolat bakteri yang diperoleh diamati morfologi secara makroskopis dan mikroskopis dan dilanjutkan pengujian skrining aktivitas enzim xilanase dan enzim amilase secara kualitatif untuk memperoleh bakteri endofit yang berpotensi. Metode uji kualitatif ditunjukkan terbentuknya zona bening di sekitar koloni bakteri endofit yang ditumbuhkan pada medium padat yang di dalamnya mengandung substrat xilan dan amilum dengan diameter zona bening yang menunjukkan daerah paling lebar memperlihatkan aktivitas enzim xilanase dan amilase terbesar. Zona bening menunjukkan bahwa enzim xilanase dan amilase menghidrolisis substrat xilan dan amilum (Jain *et al.*, 2020; Yimer and Tilahun, 2018). Kultivasi dilakukan dengan menumbuhkan bakteri endofit yang menunjukkan paling berpotensi pada medium cair yang mengandung substrat xilan dan amilum dengan dilakukan sentrifugasi untuk diambil supernatannya. Supernatan hasil kultivasi bakteri diuji aktivitas enzimatis dengan metode *Dinitrosalicylic Acid* (DNS) dengan menggunakan spektrofotometer dan hasil pengujian aktivitas enzim didapatkan isolat bakteri endofit ranting kelor yang paling besar menghasilkan aktivitas enzim xilanase dan amilase (Kumala dan Fitri, 2008).

### **B. Permasalahan Penelitian**

Permasalahan dalam penelitian ini adalah untuk melihat manakah isolat bakteri endofit ranting kelor yang memiliki aktivitas enzim xilanase dan amilase terbesar.

### **C. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh isolat bakteri endofit ranting kelor yang memiliki aktivitas enzim xilanase dan amilase terbesar.

### **D. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini untuk memberikan informasi mengenai isolat bakteri endofit ranting kelor yang memiliki aktivitas enzim xilanase dan amilase terbesar, sehingga dapat diaplikasikan disektor industri farmasi dan industri lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdalla MA, McGaw LJ. 2018. Bioprospecting of South African Plants as a Unique Resource for Bioactive Endophytic Microbes. *Frontiers in Pharmacology*. **9**: 1-18.
- Afzal I, Shinwari ZK, Sikandar S, Shahzad S. 2019. Plant Beneficial Endophytic Bacteria: Mechanisms, Diversity, Host Range and Genetic Determinants. *Microbiological Research*. **221**: 36–49.
- Alcazar-Alay SC, Meireles MAA. 2015. Physicochemical Properties, Modifications and Applications of Starches from Different Botanical Sources. *Food Science and Technology*. **35**(2): 215–236.
- Angelina SM. 2016. Isolasi Bakteri Endofit Ranting dan Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) serta Aktivitas Antibakteri Metabolitnya Terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Skripsi. Fakultas Farmasi dan Sains UHAMKA, Jakarta. Hlm. 19.
- Aqlinia M, Pujiyanto S, Wijanarka. 2020. Isolasi Bakteri Endofit Bangle (*Zingiber Cassumunar* Roxb.) dan Uji Antibakteri Supernatan Crude Metabolit Sekunder Isolat Potensial Terhadap *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Akademika Biologi*. **9**(1): 23–31.
- Bacon CW, Hinton DM. 2007. Bacterial Endophytes: The Endophytic Niche, its Occupants, and its Utility. In: Gnanamanickam SS. (Ed.). *Plant-Associated Bacteria*. Springer. Dordrecht. Hlm. 155.
- Baroroh U, Yusuf M, Rachman SD, Ishmayana S, Syamsunarno MR, Levita J, Subroto T. 2017. The Importance of Surface-Binding Site Towards Starch-Adsorptivity Level in  $\alpha$ -Amylase: A Review on Structural Point of View. *Enzyme Research*. **2017**: 1-11.
- Bintang Maria, Rahmawati Fri, Safira UK, Adrianto Dimas. 2020. *Biokimia Fisik*. IPB Press. Bogor. Hlm 244.
- Chakdar H, Kumar M, Pandiyan K, Singh A, Nanjappan K, Kashyap PL, Srivastava AK. 2016. Bacterial Xylanases: Biology to Biotechnology. *3 Biotech*. **6**: 1-15.
- Cornejo-Ramirez YI, Martinez-Cruz O, Del Toro-Sanchez CL, Wong-Corral FJ, Borboa-Flores J, Cinco-Moroyoqui FJ. 2018. The Structural Characteristics of Starches and Their Functional Properties. *CYTA - Journal of Food*. **16**(1): 1003–1017.
- Departemen Kesehatan RI. 1979. *Farmakope Indonesia III*. Direktorat Jendral Pengawasan Obat dan Makanan. Jakarta. Hlm 755.
- Edwinanto L, Septiadi E, Nurfazriah LR. 2018. Studi Pustaka Fitur Fitokimia Daun Kelor (*Moringa oleifera*) yang Memiliki Efek Antikanker. *Journal of Medicine and Health*. **2**(1): 680–688.

- Frank AC, Guzman JP, Shay JE. 2017. Transmission of Bacterial Endophytes. *Microorganisms*. **5**(4): 1-21.
- Gandjar IG, Rohman A. 2012. *Kimia Farmasi Analisis*. Pustaka Pelajar. Jakarta. Hlm. 242.
- Ginting L, Wijanarka, Kusdiyantini E. 2020. Isolasi Bakteri Endofit Tanaman Pepaya (*Carica Papaya L.*) dan Uji Aktivitas Enzim Amilase. *Berkala Bioteknologi*. **3**(2): 1–7.
- Hadioetomo RS. 1993. *Mikrobiologi Dasar dalam Praktek*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. Hlm. 55-61.
- Hidayat N, Meitiniarti I, Setyahadi S, Pato U, Susanti E, Padaga MC, Wardani AK, Purwandari U, Srianta I, Ristiarini S. 2018. *Mikrobiologi Industri Pertanian*. UB Press. Malang. Hlm. 12-16.
- Ilmi N, Jekti DS, Zulkifli L. 2018. Molecular Identification of Endophytic Bacteria from The Stem's Bark of Moringa Plant and Their Antibacterial Activities. *IOSR Journal of Biotechnology and Biochemistry*. **4**(4): 21–30.
- Integrated Taxonomic Information System (ITIS). 2011. *Moringa oleifera* Lam. *Taxonomy*. Serial No. 503874. [https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=503874#null/](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=503874#null/). Diakses pada tanggal 22 November 2020: 15:00.
- Jain A, Jain R, Jain S. 2020. *Basic Techniques in Biochemistry, Microbiology and Molecular Biology*. Humana Press. Boca Raton. Hlm. 41, 46.
- Kalim B, Ali NM. 2016. Optimization of Fermentation Media and Growth Conditions for Microbial Xylanase Production. *3 Biotech*. **6**(2): 1–7.
- Kalim B, Bohringer N, Ali N, Schaberle T. 2015. Xylanases—from Microbial Origin to Industrial Application. *British Biotechnology Journal*. **7**(1): 1–20.
- Kandel S, Joubert P, Doty S. 2017. Bacterial Endophyte Colonization and Distribution within Plants. *Microorganisms*. **5**(4): 1-26.
- Kristiandi K, Lusiana SA, A'yuni NA, Ramdhini RN, Marzuki I, Rezeki S, Erdiandini I, Yuniarto AE, Lestari SD, Ifadah RA, Kushargina R, Yuniarti T, Pasanda O. 2021. *Tenologi Fermentasi*. Yayasan Kita Menulis. Jakarta. Hlm 99.
- Kumala S. 2014. *Mikroba Endofit*. PT. Isfi Penerbitan. Jakarta. Hlm. 12, 23, 41-63, 81-82, dan 87.
- Kumala S, Fitri NA. 2008. Penapisan Kapang Endofit Ranting Kayu Meranti Merah (*Shorea balangeran* Korth.) Sebagai Penghasil Enzim Xilanase. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*. **6**(1): 1–6.
- Kumala S, Shanny F, Wahyudi P. 2006. Aktivitas Antimikroba Metabolit Bioaktif Mikroba Endofitik Tanaman Trengguli (*Cassia fistula L.*). *Jurnal Farmasi*

*Indonesia*. **3**(2): 97–102.

- Lestari PB, Hartati TW. 2017. *Mikrobiologi Berbasis Inkuiry*. Gunung Samudera. Malang. Hlm 45.
- Liu H, Carvalhais LC, Crawford M, Singh E, Dennis PG, Pieterse CMJ, Schenk PM. 2017. Inner Plant Values : Diversity, Colonization and Benefits from Endophytic Bacteria. *Frontiers in Microbiology*. **8**: 1-17.
- Magel E, Einig W, Hampp R. 2000. Carbohydrates in Trees. In: Gupta AK, Kaur N. (Eds.). *Carbohydrate Reserves in Plants*. *Elsivier*. Amsterdam. Hlm. 323.
- Makinen KK. 2010. Sugar Alcohols, Caries Incidence, and Remineralization of Caries Lesions: A Literature Review. *International Journal of Dentistry*. **2010**: 1–23.
- Malgas S, Mafa MS, Mkabayi L, Pletschke BI. 2019. A Mini Review of Xylanolytic Enzymes with Regards to Their Synergistic Interactions During Hetero-Xylan Degradation. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. **35**(12): 1–13.
- Marks DB, Marks AD, Smith C. 2000. *Biokimia Kedokteran Dasar*. EGC. Jakarta. Hlm 63.
- Martinez-Klimova E, Rodriguez-Peia K, Sanchez S. 2017. Endophytes as Sources of Antibiotics. *Biochemical Pharmacology*. **134**: 1–17.
- Mobini-Dehkordi M, Javan FA. 2012. Aplication of Alpha-Amylase in Biotechnology. *Journal of Biology and Today's World*. **1**(1): 39–50.
- Moreira LR, Filho EX. 2016. Insights into The Mechanism of Enzymatic Hydrolysis of Xylan. *Applied Microbiology and Biotechnology*. **100**(12): 5205–5214.
- Motta FL, Andrade CC, Santana MH. 2013. A Riview of Xylanase Production by The Fermentation of Xylan: Classification, Characterization and Applications. In Chandel AK, Silva SS. (Eds.). *Sustainable Degradation of Lignocellulosic Biomass*. Intech. Croatia. Hlm. 252.
- Naidu DS, Hlangothi SP, John MJ. 2018. Bio-Based Products from Xylan: A Review. *Carbohydrate Polymers*. **179**: 28–41.
- Nascimento RP, Gravina-Oliveira MP, Coelho RR. 2013. Methods to Determine Xylanolytic Activity. In: Vermelho AB, Couri S. (Eds.). *Methods to Determine Enzymatic Activity*. Bebtham Science Publisher. Sharjah. Hlm. 130-135.
- Nazir A. 2016. Review on Metagenomics and its Applications. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research*. **2**(3): 277–286.
- Ngili Y, Ubyaan R. 2015. *Enzimologi*. Innosain. Yogyakarta. Hlm. 1-2.
- Nielsen JE, Borchert TV. 2000. Protein Engineering of Bacterial  $\alpha$ -Amylases.



- Biochimica et Biophysica Acta-Protein Structure and Molecular Enzymology*. **1543**(2): 253–274.
- Nurhadianty V, Cahyani C, Nirwana WO, Dewi LK. 2018. *Pengantar Teknologi Fermentasi Skala Industri*. UB Press. Malang. Hlm. 7-8.
- Paliwal R, Sharma V, Pracheta. 2011. A Riview on Horse Radish Tree (*Moringa oleifera*): A Multipurpose Tree with High Economic and Commercial Importance. *Asian Journal Biotechnology*. **3**(4): 317–328.
- Paul D, Bengal W. 2016. Microorganisms and A-Amylase : A Concise Review. *Innovare Journal of Science*. **4**(4): 1–5.
- Pratiwi YH, Ratnayani O, Wirajana IN. 2018. Perbandingan Metode Uji Gula Pereduksi Dalam Penentuan Aktivitas  $\alpha$ -L-Arabinofuranosidase Dengan Substrat Janur Kelapa (*Cocos Nucifera*). *Jurnal Kimia*. **12**(2): 134-139.
- Pokhrel S. 2015. A Review on Introduction and Applications of Starch and its Biodinegradable Polymers. *International Journal of Environment*. **4**(4): 114–125.
- Puspitaningrum R, Adhiyanto C. 2016. *Enzim dan Pemanfaatannya*. Ghalia Indonesia. Bogor. Hlm. 1.
- Putri MH, Sukini Y. 2017. *Mikrobiologi*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta. Hlm. 266.
- Quambusch M, Winkelmann T. 2018. Bacterial Endophytes in Plant Tissue Culture: Mode of Action, Detection, and Protocol. In: Layola-Vargas VM, Ochoa-Alejo N. (Eds.). *Plant Cell Culture Protocols*. Edition 4. Humana Press. New York. Hlm. 72.
- Rohman A, Dijkstra BW, Puspaningsih NN. 2019.  $\beta$ -Xylosidases: Structural Diversity, Catalytic Mechanism, and Inhibition by Monosaccharides. *International Journal of Molecular Sciences*. **20**: 1–26.
- Rowell RM, Pettersen R, Tshabalala MA. 2013. Cell Wall Chemistry. In: Rowell RM. (Ed.). *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*. Edition 2. CRC Press. Boca Raton. Hlm. 34-35.
- Ryan RP, Germaine K, Franks A, Ryan DJ, Dowling DN. 2007. Bacterial Endophytes: Recent Developments and Applications. *FEMS Microbiology Letters*. **278**(1): 1–9.
- Saini R, Saini HS, Dahiya A. 2017. Amylases : Characteristics and Industrial Applications. *Journal of Phamacognosy and Phytochemistry*. **6**(4): 1865–1871.
- Saka S, Bae H. 2016. Secondary Xylem for Bioconversion. In: Kim YS, Funada R, Singh AP. (Eds.). *Secondary Xylem Biology*. Elsvier. Amsterdam. Hlm. 225.

- Samanta S. 2020. Enhancement of Characteristics and Potential Applications of Amylases: A Brief Review. *American Journal of Pure and Applied Biosciences*. **2**(2): 24–35.
- Sari TN. 2015. Isolasi dan Karakterisasi Aktivitas Xilanolitik Kapang Endofit dari Tongkol Jagung (*Zea mays* L.). *Skripsi*. Fakultas Farmasi dan Sains UHAMKA, Jakarta. Hlm. 14-16.
- Scheller HV, Ulvskov P. 2010. Hemicelluloses. *Annual Review of Plant Biology*. **61**: 263–289.
- Souza I, Napoleao TH, Sena K, Paiva PM, Araujo JM, Coelho L. 2016. Endophytic Microorganisms in Leaves of *Moringa oleifera* Collected in Three Localities at Pernambuco State. Northeastern Brazil. *British Microbiology Research Journal*. **13**(5): 1–7.
- Suhono B. 2010. *Ensiklopedia Flora*. PT Kharisma Ilmu. Bogor. Hlm. 71-72.
- Sundarram A, Murthy TP. 2014.  $\alpha$ -Amylase Production and Applications: A Review. *Journal of Applied and Environmental Microbiology*. **2**(4): 166–175.
- Supriyatna A, Amalia D, Jauhari AA, Holydaziah D. 2015. Aktivitas Enzim Amilase, Lipase, dan Protease dari Larva. *Jurnal ISTEK*. **9**(2): 18–32.
- Susanti R, Fibriana F. 2017. *Teknologi Enzim*. Penerbit Andi. Yogyakarta. Hlm. 86, dan 101-103.
- Sutrisno A. 2017. *Teknologi Enzim*. Brawijaya Press. Malang. Hlm 3-6.
- Toha AH. 2004. *Ensiklopedia Biokimia dan Biologi Molekuler*. Kedokteran EGC. Jakarta. Hlm. 32-33.
- Vidyalakshmi R, Paranthaman R, Indhumathi J. 2009. Amylase Production on Submerged Fermentation by *Bacillus* spp. *World Journal of Chemistry*. **4**(1): 89–91.
- Visvanathan R, Qader M, Jayathilake C, Jayawardana BC, Liyanage R, Sivakanesan R. 2020. Critical Review on Conventional Spectroscopic  $\alpha$ -Amylase Activity Detection Methods: Merits, Demerits, and Future Prospects. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **100**(7): 2836–2847.
- Walia A, Guleria S, Mehta P, Chauhan A, Parkash J. 2017. Microbial Xylanases and Their Industrial Application in Pulp and Paper Biobleaching: A Review. *3 Biotech*. **7**(1): 1–12.
- Wang S, Guo P. 2020. Botanical Sources of Starch. In: Wang S. (Ed.). *Starch Structure, Functionality and Application in Foods*. Springer. Singapore. Hlm. 10.
- Wu C, Zhou X. 2018. The Overview of Functional Starch. In: Jin Z. (Ed.).

*Functional Starch and Applications in Food*. Springer. Singapore. Hlm. 1.

Yimer D, Tilahun A. 2018. Microbial Biotechnology Review in Microbial Enzymeproduction Methods, Assay Techniques and Protein Separation and Purifications. *Journal of Nutritional Health and Food Engineering*. **8**(1): 1–7.

Yunianti AD, Syahidah, Agussalim, S. 2020. *Buku Ajar Ilmu Kayu*. Fakultas Kehutanan Universitas Hassanudin. Makassar. Hlm. 27-28.

Zhang Q, Han Y, Xiao H. 2017. Microbial  $\alpha$ -Amylase: A Biomolecular Overview. *Process Biochemistry*. **53**: 88–101.

