

**SKRINING POTENSI BAKTERI ENDOFIT RANTING KETAPANG
(*Terminalia catappa* L.) SEBAGAI PENGHASIL ENZIM
XILANASE DAN AMILASE**

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

**Disusun oleh:
Lidia Nur Hidayah
1704015313**



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

Skripsi dengan Judul

**SKRINING POTENSI BAKTERI ENDOFIT RANTING KETAPANG
(*Terminalia catappa* L.) SEBAGAI PENGHASIL ENZIM XILANASE
DAN AMILASE**

Telah disusun dan dipertahankan di hadapan penguji oleh:
Lidia Nur Hidayah, NIM 1704015313

	Tanda Tangan	Tanggal
<u>Ketua</u> Wakil Dekan I Drs. apt. Inding Gusmayadi, M.Si.		<u>6/10/21</u>
<u>Penguji I</u> apt. Etin Diah Permanasari, Ph.D.		<u>01/09/2021</u>
<u>Penguji II</u> Tahyatul Bariroh, M.Biomed.		<u>02/09/2021</u>
<u>Pembimbing I</u> Dr. H. Priyo Wahyudi, M.Si.		<u>07/09/2021</u>
<u>Pembimbing II</u> Rizky Arcintha Rachmania, M.Si.		<u>04/09/2021</u>
<u>Mengetahui</u> Ketua Program Studi Dr. apt. Rini Prastiwi, M.Si.		<u>08/09/2021</u>

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

ABSTRAK

SKRINING POTENSI BAKTERI ENDOFIT RANTING KETAPANG (*Terminalia catappa* L.) SEBAGAI PENGHASIL ENZIM XILANASE DAN AMILASE

Lidia Nur Hidayah
1704015313

Ranting ketapang (*Terminalia catappa* L.) mengandung pati dan xilan yang dapat diubah menjadi glukosa dan xilosa oleh suatu enzim yaitu, xilanase dan amilase. Xilanase dan amilase dapat diproduksi oleh bakteri endofit yang dapat ditemukan pada tanaman berkayu keras. Penelitian ini bertujuan untuk menskrining bakteri endofit ranting ketapang yang dapat menghasilkan enzim xilanase dan amilase tertinggi. Isolasi endofit dilakukan dengan menggunakan metode teknik tanam langsung pada medium *nutrient agar* (NA). Isolat yang diperoleh dikarakterisasi morfologinya secara makroskopis dan mikroskopis. Uji aktivitas enzim xilanase dan amilase secara kualitatif dilakukan dengan mengamati zona bening di sekitar koloni pada media. Isolat yang memiliki aktivitas enzim tertinggi kemudian dikultur dalam medium fermentasi cair. Uji aktivitas enzim amilase secara kuantitatif dilakukan dengan menggunakan metode asam dinitrosalisilat (DNS). Tiga isolat bakteri endofit diperoleh dari ranting ketapang, salah satunya isolat KP1 yang memiliki aktivitas enzim amilase tertinggi sebesar 8,5664 U/ml. Namun isolat tersebut tidak menunjukkan adanya aktivitas xilanase.

Kata Kunci: Bakteri Endofit, Ranting Ketapang (*Terminalia catappa* L.), Xilanase, Amilase.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillah, puji dan syukur ke hadirat Allah *subhanahu wata'ala* karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi, dengan judul **“SKRINING POTENSI BAKTERI ENDOFIT RANTING KETAPANG (*Terminalia catappa* L.) 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 UHAMKA 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.Farm. selaku ketua program studi Farmasi Fakultas Farmasi dan Sains Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA, Jakarta.
4. Ibu Dr. apt. Hariyanti, M.Si selaku pembimbing akademik yang telah memberikan arahan dari awal hingga akhir kelulusan ini.
5. Bapak H. Priyo Wahyudi, M.Si, selaku Pembimbing I dan Ibu Rizky Archintya Rachmania, M.Si selaku Pembimbing II yang senantiasa membantu dan memberikan bimbingan, arahan, nasihat, motivasi, serta berbagai dukungan yang sangat berarti selama pengerjaan penelitian dan penyusunan naskah skripsi ini. Terima kasih 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 dan Ibu Linda yang luar biasa serta adikku Rahmat Hidayat, yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dukungan, semangat, pengorbanan, dan perjuangan yang tak mungkin dapat terbalaskan.

Penulis sangat menyadari bahwa dalam melakukan penelitian serta penulisan skripsi ini masih sangat jauh dari sempurna. Untuk itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik dari pembaca untuk membangun dan menyempurnakan skripsi ini.

Jakarta, 24 Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	Hlm.
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Permasalahan Penelitian	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Landasan Teori	4
1. Pohon Ketapang	4
2. Xilan	5
3. Enzim Xilanase	6
4. Amilum	7
5. Enzim Amilase	8
6. Bakteri Endofit	9
7. Isolasi Bakteri Endofit	10
8. Kultivasi Bakteri Endofit	10
9. Pengujian Aktivitas Enzim	11
B. Kerangka Berpikir	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	14
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 Uji Aktivitas Enzim Xilanase dan Amilase	17
5. Isolasi Bakteri Endofit	18
6. Pemurnian Bakteri Endofit	18
7. Pengamatan Karakterisasi Morfologi Bakteri Secara Makroskopik	19
8. Pengamatan Karakterisasi Morfologi Bakteri Secara Mikroskopik	19
9. Pengujian Aktivitas Enzim Xilanase dan Amilase Secara Kualitatif	20
10. Kultivasi Bakteri Endofit Potensial	20

	Hlm.
11. Pengujian Aktivitas Enzim Amilase dan Xilanase Secara Kuantitatif	21
12. Analisis Data	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
A. Hasil Determinasi Tanaman Ketapang	24
B. Hasil Isolasi Bakteri Endofit Ranting Ketapang	24
C. Hasil Karakterisasi Secara Makroskopik dan Mikroskopik Bakteri Endofit Ranting Ketapang	26
D. Hasil Uji Aktivitas Enzim Amilase Bakteri Endofit Ranting Ketapang Secara Kualitatif	28
E. Hasil Uji Kultivasi Bakteri Endofit Ranting ketapang sebagai Penghasil Enzim Amilase	30
F. Hasil Uji Aktivitas Enzim Amilase Bakteri Endofit Ranting Ketapang Secara Kuantitatif	31
G. Hasil Uji Aktivitas Enzim Xilanase Bakteri Endofit Ranting Ketapang Secara Kualitatif	33
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	35
A. Simpulan	35
B. Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	43



DAFTAR TABEL

	Hlm.
Tabel 1. Komposisi Medium Xilan Agar	17
Tabel 2. Hasil Pengamatan Morfologi Bakteri Endofit Ranting Ketapang Secara Makroskopik	27
Tabel 3. Hasil Pengukuran Diameter Koloni dan Diameter Zona Bening Bakteri Endofit Ranting Ketapang	29
Tabel 4. Hasil Supernatan Isolat KP 1	31
Tabel 5. Hasil Uji Aktivitas Enzim Amilase KP 1 Secara Kuantitatif	32



DAFTAR GAMBAR

	Hlm.
Gambar 1. Pohon Ketapang	4
Gambar 2. Struktur Xilan	5
Gambar 3. Struktur Amilopektin	7
Gambar 4. Struktur Amilosa	8
Gambar 5. Hasil Isolasi Bakteri Endofit Ranting Ketapang	26
Gambar 6. Hasil Pemurnian Bakteri Endofit Ranting Ketapang	26
Gambar 7. Hasil Pengamatan Morfologi Bakteri Endofit Ranting Ketapang Secara Mikroskopik pada Perbesaran 100 kali	27
Gambar 8. Hasil Uji Aktivitas Enzim Amilase Bakteri Endofit Ranting Ketapang Secara Kualitatif	29



DAFTAR LAMPIRAN

	Hlm.
Lampiran 1. Hasil Determinasi Ranting Ketapang (<i>Terminalia catappa</i> L.)	43
Lampiran 2. Sertifikat Analisis <i>Xylan Corn Cob</i>	44
Lampiran 3. Sertifikat Analisis DNS	45
Lampiran 4. Sertifikat Analisis <i>Starch Soluble</i>	46
Lampiran 5. Sertifikat Analisis <i>Congo Red</i>	47
Lampiran 6. Sertifikat Analisis D - Glukosa	48
Lampiran 7. Sertifikat Analisis <i>Nutrient Agar</i>	49
Lampiran 8. Sertifikat Analisis Xilosa	51
Lampiran 9. Alat dan Bahan	53
Lampiran 10. Skema Isolasi Bakteri Endofit Ranting Ketapang	57
Lampiran 11. Skema Pemurnian Bakteri Endofit Ranting Ketapang	58
Lampiran 12. Skema Karakterisasi Makroskopik dan Mikroskopik Bakteri Endofit Ranting Ketapang	59
Lampiran 13. Skema Uji Aktivitas Enzim Xilanase Bakteri Endofit Ranting Ketapang Secara Kualitatif	60
Lampiran 14. Skema Uji Aktivitas Enzim Amilase Bakteri Endofit Ranting Ketapang Secara Kualitatif	61
Lampiran 15. Skema Kultivasi Bakteri Endofit Ranting Ketapang sebagai Penghasil Enzim Amilase	62
Lampiran 16. Skema Penetapan Panjang Gelombang Maksimum Glukosa	63
Lampiran 17. Skema Pembuatan Kurva Baku Glukosa	64
Lampiran 18. Skema Uji Aktivitas Enzim Amilase Bakteri Endofit Ranting Ketapang Kuantitatif	65
Lampiran 19. Skema Penetapan Panjang Gelombang Maksimum Xilosa	66
Lampiran 20. Skema Pembuatan Kurva Baku Xilosa	67
Lampiran 21. Perhitungan Pembuatan Medium	68
Lampiran 22. Penyiapan Larutan	73
Lampiran 23. Hasil Supernatan Bakteri Endofit Ranting Ketapang	76
Lampiran 24. Perhitungan Hasil Uji Aktivitas Enzim Amilase Bakteri Endofit Ranting Ketapang Secara Kualitatif	77
Lampiran 25. Hasil Spektrum Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Glukosa	79
Lampiran 26. Perhitungan Kurva Baku Glukosa	80
Lampiran 27. Hasil Absorbansi Kurva Baku Glukosa	81
Lampiran 28. Perhitungan Hasil Uji Aktivitas Enzim Amilase Bakteri Endofit Ranting Ketapang Secara Kuantitatif	82
Lampiran 29. Hasil Uji Aktivitas Enzim Xilanase Bakteri Endofit Ranting Ketapang Secara Kualitatif	84
Lampiran 30. Hasil Spektrum Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Xilosa	85
Lampiran 31. Perhitungan Kurva Baku Xilosa	86
Lampiran 32. Hasil Absorbansi Kurva Baku Xilosa	87

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Enzim adalah katalisator biologis yang akan mempercepat reaksi kimia dalam organisme hidup tanpa ikut bereaksi ke dalamnya (Puspitaningrum dan Adhiyanto, 2016). Beberapa kebutuhan manusia seperti produk barang dan jasa banyak dihasilkan dari penggunaan enzim (Sutrisno, 2017). Kemampuan enzim yang unik dan spesifik membuat enzim semakin banyak digunakan dalam proses industri farmasi, bioteknologi, tekstil, pangan, dan teknologi lingkungan (Susanti dan Fibriana, 2017). Penggunaan enzim sangat aman bagi industri farmasi, pangan, dan lingkungan. Keuntungan enzim dalam bidang industri yaitu mengurangi pencemaran lingkungan dan dapat memperbaiki nilai ekonomis dari suatu produk (Chapman *et al.*, 2018). Enzim xilanase dan amilase merupakan enzim yang telah banyak diaplikasikan pada beberapa bidang industri.

Enzim xilanase berperan dalam memutus ikatan rantai utama xilan dengan mendegradasi polimer xilan yang terdapat pada dinding sel tanaman berkayu (Susanti dan Fibriana, 2017). Senyawa xilan tersebut merupakan hemiselulosa yang dapat dihidrolisis menjadi xilosa dan dapat ditemukan pada jerami, tongkol jagung, dan kayu (Toha, 2010). Xilanase pada bidang farmasi dimanfaatkan untuk mengubah xilan menjadi xilosa yang digunakan sebagai pemanis buatan untuk penderita diabetes (Kumala, 2014). Xilanase berperan dalam produksi xilitol yang digunakan sebagai bahan campuran pasta gigi dan obat kumur untuk mencegah karies pada gigi (Makinen, 2010; Singh *et al.*, 2019). Penelitian Lee *et al.* (2018) mengatakan bahwa enzim xilanase dapat menghambat pembentukan biofilm yang disebabkan oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. Selain enzim xilanase, salah satu enzim yang telah banyak diaplikasikan pada bidang industri kesehatan maupun lainnya adalah enzim amilase.

Amilase terdiri atas α -amilase, β -amilase, dan γ -amilase yang merupakan golongan enzim katalis penghidrolisis pati atau amilum menjadi gula (Liu and Kokare, 2017). Amilum terdiri atas rantai bercabang molekul-molekul glukosa yang dihubungkan dari satu dengan yang lain oleh rantai glikosida dan dihasilkan pada proses fotosintensis dalam tumbuh-tumbuhan (Toha, 2010). Enzim amilase

banyak digunakan dalam industri makanan, farmasi, dan industri kertas maupun tekstil (Gopinath *et al.*, 2017). Peranan enzim amilase pada bidang farmasi, yaitu menghidrolisis amilum menjadi glukosa, maltosa, dan dextrin sebagai pemanis atau bahan tambahan dalam pembuatan sediaan farmasi sirup dan digunakan sebagai sediaan enzim pencernaan (Pratiwi, 2008; Saini *et al.*, 2017). Beberapa enzim dapat diperoleh dari hewan, tumbuhan, maupun mikroba. Enzim mikroba dapat diproduksi lebih efektif pada skala industri dibandingkan dengan enzim tumbuhan dan hewan karena dalam proses produksinya dapat menggunakan teknik fermentasi padat maupun cair (Raveendran *et al.*, 2018).

Salah satu mikroba yang berpotensi memiliki aktivitas enzim yaitu mikroba endofit. Mikroba endofit adalah mikroba yang hidup di dalam jaringan tanaman tanpa merugikan tanaman inangnya dan dapat berkolonisasi pada kurun waktu tertentu (Kumala, 2014). Mikroba endofit terdiri dari bakteri, kapang, dan khamir yang dapat ditemukan di berbagai jenis tanaman mulai dari tanaman tingkat rendah sampai tanaman tingkat tinggi (Kumala, 2014; Nair and Padmavathy 2014). Mikroba endofit ditemukan dalam jaringan pohon ketapang (*Terminalia catappa* L.). Anugerah (2018) melaporkan bahwa, didapatkan 3 isolat bakteri endofit dari bagian batang, akar, dan daun. Hasil penelitian lain Patel *et al.* (2016), didapat 2 isolat bakteri endofit dengan spesies *Paenibacillus motobuensis* dan *Cronobacter sakazakii* dari bagian buah pohon ketapang. Bakteri endofit yang ditemukan pada pohon ketapang dengan jenis lain seperti pohon ketapang hutan (*Terminalia copelandii*) didapat 3 isolat bakteri dari bagian daun dan 4 isolat bakteri dari bagian akar (Nuruwe *et al.*, 2020).

Pohon ketapang merupakan tanaman tahunan dan termasuk ke dalam jenis pohon besar berkayu keras yang tumbuh di Indonesia (Suhono, 2010). Pohon berkayu keras mengandung hemiselulosa sekitar 24 - 40%, salah satu bagian dari hemiselulosa yaitu xilan. Xilan merupakan substrat yang berikatan dengan enzim xilanase, xilan ditemukan sekitar 15 - 30% pada kayu keras (Saka and Bae, 2016; Sun and Cheng, 2002). Amilum merupakan substrat yang berikatan dengan enzim amilase dan sumber karbohidrat yang dapat ditemukan pada bagian kayu tanaman (Rosell, 2019; Toha, 2010). Enzim xilanase dan amilase memiliki banyak manfaat yang menyebabkan perlunya produksi bakteri endofit penghasil enzim xilanase

dan amilase untuk memenuhi kebutuhan industri maupun kesehatan. Bakteri endofit dapat ditumbuhkan dengan cepat pada skala industri karena waktu inkubasi yang diperlukan bakteri endofit cukup singkat (Kumala, 2014).

Berdasarkan uraian di atas, maka pada penelitian ini dilakukan skrining potensi bakteri endofit dari pohon ketapang sebagai penghasil enzim xilanase dan amilase. Penelitian ini diawali dengan isolasi bakteri endofit dari bagian ranting pohon ketapang yang segar dan sehat yang telah dilakukan sterilisasi permukaan dengan teknik tanam langsung pada medium *Nutrient Agar* (NA). Pengamatan morfologi bakteri endofit yang tumbuh dilakukan secara mikroskopik dan makroskopik. Bakteri endofit yang berhasil diisolasi, kemudian dilanjutkan skrining aktivitas enzim xilanase dan amilase secara kualitatif ditandai dengan terbentuknya zona bening di sekitar koloni bakteri endofit yang diinokulasikan pada medium padat mengandung substrat. Zona bening yang terbentuk menandakan terhidrolisisnya substrat xilan dan amilum oleh enzim xilanase dan amilase. Diameter zona bening yang paling lebar menunjukkan bahwa bakteri endofit tersebut memiliki aktivitas enzim xilanase dan amilase tertinggi (Jain *et al.*, 2020). Bakteri endofit yang paling potensial dikultivasi dan dilanjutkan pengujian aktivitas enzim xilanase dan amilase secara kuantitatif menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis dengan metode asam dinitrosalisilat (DNS) (Kumala dan Fitri, 2008; Yimer and Tilahun, 2018).

B. Permasalahan Penelitian

Permasalahan pada penelitian ini adalah untuk melihat manakah isolat bakteri endofit ranting ketapang yang paling berpotensi menghasilkan enzim xilanase dan amilase tertinggi.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan isolat bakteri endofit ranting ketapang yang memiliki aktivitas enzim xilanase dan amilase tertinggi.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini untuk memberikan informasi mengenai bakteri endofit ranting ketapang yang memiliki aktivitas enzim xilanase dan amilase tertinggi, sehingga dapat diaplikasikan pada industri farmasi dan industri lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Afzal I, Shinwari ZK, Sikandar S, Shahzad S. 2019. Plant Beneficial Endophytic Bacteria: Mechanisms, Diversity, Host Range and Genetic Determinants. *Microbiological Research*. **2019**(221): 36–49.
- Ahmad MA, Isah U, Raubilu IA, Muhammad SI, Ibrahim D. 2020. An Overview of the Enzyme: Amylase and its Industrial Potentials. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*. **12**(1): 354–355.
- Anugerah GC. 2018. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Endofit Penghasil Enzim L-Asparaginase dari Mangrove Ketapang (*Terminalia catappa*) di Pantai Bajul Mati Kabupaten Malang, Jawa Timur. *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya, Malang. Hlm. 25.
- 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.
- Atlas R. 2010. *Handbook of Microbiological Media Fourth Edition*. CRC Press. Boca Raton. Hlm. 1.
- Bajpai P. 2014. *Xylanolytic Enzymes*. Academic Press. Amsterdam. Hlm. 13, 92-93.
- Bemiller J, Whistler R. 2009. *Starch: Chemistry and Technology Third Edition*. Academic Press. Amsterdam. Hlm. 194.
- Bintang M, Rahmawati F, Safira UM, Andrianto D. 2020. *Biokimia Fisik*. IPB Press. Bogor. Hlm. 244
- Boleng, DT. 2015. *Bakteriologi Konsep-Konsep Dasar*. UMM Press. Malang. Hlm. 35.
- Chapman J, Ismail AE, Dinu CZ. 2018. Industrial Applications of Enzymes: Recent Advances, Techniques, and Outlooks. *Catalysts*. **8**(6): 20.
- Departemen Kesehatan RI. 1979. *Farmakope Indonesia (III)*. Direktorat Jendral Pengawasan Obat dan Makanan. Jakarta. Hlm. 755.
- Elmarzugi NA, El Enshasy HA, AbdulHamid M, Hasham R, Aziz A, Elsayed EA, Othman NZ, Salama M. 2014. Alpha-Amylase Economic and Application Value. *World Journal of Pharmaceutical Research*. **3**(3): 4901–4902.
- Fessenden RJ, Fessenden JS. 1982. *Kimia Organik Edisi Ketiga Jilid 2*. Erlangga. Jakarta. Hlm. 354
- Firani NK. 2019. *Metabolisme Karbohidrat*. UB Press. Malang. Hlm. 9.

- Ginting L, Kusdiyantini E. 2020. Isolasi Bakteri Endofit Tanaman Pepaya (*Carica papaya* L.) dan Uji Aktivitas Enzim Amilase. *Berkala Bioteknologi*. **3**(2): 1-7.
- Gopinath SCB, Anbu P, Arshad MKM, Lakshmipriya T, Voon CH, Hashim U, Chinni SV. 2017. Biotechnological Processes in Microbial Amylase Production. *BioMed Research International*. **2017**: 1-6.
- Hadioetomo RS. 1993. *Mikrobiologi Dasar dalam Praktek*. Gramedia Pustaka Utama. Hlm. 55-61.
- Hallmann J, Quadt-Hallmann A, Mahaffee WF, Kloepper JW. 1997. Bacterial Endophytes in Agricultural Crops. *Canadian Journal of Microbiology*. **43**(10): 908.
- Hussain I, Siddique F, Mahmood MS, Ahmed SI. 2013. A Review of The Microbiological Aspect of α -Amylase Production. *International Journal of Agriculture and Biology*. **15**(5): 1032.
- Integrated Taxonomy Information System. 2011. *Terminalia catappa* L. *Taxonomy*. Serial No.27762 https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=27762#null. Diakses pada tanggal 20 November 2020: 20:00.
- Irfan M, Asghar U, Nadeem M, Nelofer R, Syed Q. 2016. Optimization of Process Parameters for Xylanase Production by *Bacillus* sp. in Submerged Fermentation. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*. **9**(2): 139-147.
- Jain A, Jain R, Jain S. 2020. *Basic Techniques in Biochemistry, Microbiology and Molecular Biology*. Humana Press. New York. Hlm. 39-41.
- Jaka K. 2012. Isolasi Dan Uji Aktivitas Enzim Amilase Dari Bakteri Termofilik Pada Sumber Air Panas Desa Pincara Kecamatan Masamba Kabupaten Luwu Utara. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi. Uin Alauddin, Makassar. Hlm. 66
- 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): 1-14.
- Khan AL, Shahzad R, Al-Harrasi A, Lee IJ. 2017. Endophytic Microbes: A Resource for Producing Extracellular Enzymes. In Maheswari DK, Annapurna K(Eds.) *Endophytes: Crop Productivity and Protection*.

Springer Internasional Publishing. Hlm 103.

- Kumala S. 2014. *Mikroba Endofit Pemanfaatan Mikroba Endofit dalam Bidang Farmasi*. PT. ISFI Penerbitan. Jakarta. Hlm. 15-87.
- Kumala S, Fitri N. 2008. Penapisan Kapang Endofit Ranting Kayu Meranti Merah (*Shorea balangeran* Korth.) sebagai Penghasil Enzim Xylanase. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*. **6**(1): 1–6.
- Lee JH, Kim YG, Lee J. 2018. Thermostable Xylanase Inhibits and Disassembles *Pseudomonas aeruginosa* Biofilms. *Biofouling*. **34**(3): 9.
- Liu X, Kokare C. 2017. Microbial Enzymes of Use in Industry. In: Brahmachari G.(Ed.). *Biotechnology of Microbial Enzymes*. Edition 1. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2015-0-00048-X>. Hlm. 269, 274.
- Lodewyckx C, Vangronsveld J, Porteous F, Moore ERB, Mezgeay M, Lelie D Van Der, Edward RB, Taghavi S. 2002. Endophytic Bacteria and Their Potential Applications Endophytic Bacteria and Their Potential Applications. *Critical Reviews in Plant Sciences*. **21**(6): 584.
- Macneill GJ, Mehrpouyan S, Minow MAA, Patterson JA, Tetlow IJ, Emes MJ. 2017. Starch as a Source, Starch as a Sink: The Biofunctional Role of Starch in Carbon Allocation. *Journal of Experimental Botany*. **68**(16): 4434.
- Maier RM. 2009. Bacterial Growth. In Maier RM, Pepper IL, Gerba CP (Eds.). *Environmental Microbiology* Second Edition. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-370519-8.00003-1>. Hlm. 39
- Makinen KK. 2010. Sugar Alcohols, Caries Incidence, and Remineralization of Caries Lesions: A Literature Review. *International Journal of Dentistry*. **2010**(1): 17.
- Manias D, Verma A, Soni DK. 2020. Isolation and characterization of endophytes: Biochemical and molecular approach. In: Kumar A, Singh VK (Eds.). *Microbial Endophytes*. Woodhead Publishing. Cambridge. Hlm. 1-3.
- Marjenah, Putri NP. 2017. Morphological Characteristic and Physical Environment of *Terminalia catappa* in East Kalimantan, Indonesia. *Asian Journal of Forestry*. **1**(1): 33–39.
- Mayasari. 2016. Pemurnian Enzim Amilase Kasar dari Bakteri Amilolitik Endogenous Bekatul Secara Parsial Menggunakan Ammonium Sulfat. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang. Hlm. 42.
- Motta FL, Andrade CCP, Santana MHA. 2013. A Review of Xylanase Production by The Fermentation of Xylan: Classification, Characterization and

- Applications. In: Chandel AK, Silva SS. (Eds.). *Sustainable Degradation of Lignocellulosic Biomass - Techniques, Applications and Commercialization*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/1490>. Hlm. 253-254.
- Murtiyaningsih H, Hazmi M. 2017. Isolasi dan Uji Aktivitas Enzim Selulase Pada Bakteri Selulolitik Asal Tanah Sampah. *Agritrop*. **2017**(1): 1–5.
- Nair DN, Padmavathy S. 2014. Impact of Endophytic Microorganisms on Plants, Environment and Humans. *The Scientific World Journal*. **2014**: 1-2.
- Nascimento RP, Gravina-Oliveira MP, Coelho RRR. 2013. Methods to Determine Xylanolytic Activity. In: Vermelho AB, Couri S. (Eds.). *Methods to Determine Enzymatic Activity*. Beetham Science Publisher. Sharjah. Hlm. 130-131.
- Nuruwe C, Matinahoru JM, Hadijah MH. 2020. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Endofit Beberapa Jenis Pohon Berhabitat Basah. *Jurnal Budidaya Pertanian*. **16**(1): 65–70.
- Oukala N, Pastor V, Aissat K. 2021. Bacterial endophytes: The hidden actor in plant immune responses against biotic stress. *Plants*. **10**(5):1-24
- Patel H, Kalaria R, Leva R, Patel RM. 2016. Isolation and Identification of Endophytes from Terminalia Species. *Advances in Life Sciences*. **5**(9): 3640-3647.
- Patil U, Muskan K. 2009. *Essentials of biotechnology*. I.K. International Publishing House Pvt. Ltd. New Delhi. Hlm. 333.
- Perin D, Murano E. 2017. Starch Polysaccharides in The Human Diet: Effect of the Different Source and Processing on its Absorption. *Natural Product Communications*. **12**(6). 837–839.
- Pokhrel S. 2015. A review on Introduction and Applications of Starch and its Biodegradable Polymers. *International Journal of Environment*. **4**(4): 114–125.
- Pratiwi ST. 2008. *Mikrobiologi Farmasi*. Penerbit Erlangga. Jakarta. Hlm. 128.
- Pratiwi YH, Ratnayani O, Wirajana IN. 2018. Perbandingan Metode Uji Gula Pereduksi dalam Penentuan Aktivitas α -L-Arabinofuranosidase Dengan Substrat Janur Kelapa (*Cocos nucifera*). *Jurnal Kimia*. 134.
- Puspitaningrum R, Adhiyanto C. 2016. *Enzim dan Pemanfaatannya*. Ghalia Indonesia. Bogor. Hlm. 1.
- Putri MF, Fifendy M, Putri DH. 2018. Diversitas Bakteri Endofit Pada Daun Muda dan Tua Tumbuhan Andaleh (*Morus macroura* miq.). *Eksakta*.

19(1):128.

- Rani K, Datt S, Rana R. 2015. Review on Characteristics and Application of Amylases. *International Journal of Microbiology and Bioinformatics*. 1(2): 2.
- Raveendran S, Parameswaran B, Ummalyma SB, Abraham A, Mathew AK, Madhavan A, Rebello S, Pandey A. 2018. Applications of Microbial Enzymes in Food Industry. *Food Technology and Biotechnology*. 56(1): 16–30.
- Rosell JA. 2019. Bark in Woody Plants: Understanding the Diversity of a Multifunctional Structure. *Integrative and Comparative Biology*. 59(3): 543.
- Rowell RM, Pettersen R, Tshabalala MA. 2012. Cell Wall Chemistry. In: Rowell RM. (Ed.). *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*. Edition 2. CRC Pres. Boca Raton. Hlm. 45-47.
- S Harisha. 2006. *An Introduction to Practical Biotechnology*. Laxmi Publications (P) LTD. New Delhi. Hlm. 51.
- Saini R, Singh Saini H, Dahiya A. 2017. Amylases: Characteristics and Industrial Applications. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 6(4): 1865–1871.
- Saka S, Bae HJ. 2016. Secondary Xylem for Bioconversion. In: Yoon SK, Funada R, Singh AP. (Eds.). *Secondary Xylem Biology Origins, Functions, and Applications*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2014-0-01292-0>. Hlm. 225.
- Saqib AAN, Whitney PJ. 2011. Differential Behaviour of The Dinitrosalicylic Acid (DNS) Reagent Towards Mono- and Di-Saccharide Sugars. *Biomass and Bioenergy*. 35(11): 4749.
- Sasmitaloka KS, Arif AB, Juniawati, Winarti C, Hayuningtyas M, Ratnaningsih, Richana N. 2019. Xylan Production from Corn Cobs for Isolation of Xylanase-Producing Bacteria. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 309(1): 1
- 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.
- Singh RS, Singh T, Pandey A. 2019. Microbial Enzymes—An Overview. In: Singh RS, Singhanian RR, Pandey A, Larroche C. (Eds.). *Advances in Enzyme Technology a Volume in Biomass, Biofuels, Biochemicals*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-02308-X>. Hlm. 3.

- Sturz AV, Christie BR, Matheson BG, Nowak J. 1997. Biodiversity of Endophytic Bacteria which Colonize Red Clover Nodules, Roots, Stems and Foliage and Their Influence on Host Growth. *Biology and Fertility of Soils*. **25**(1): 18.
- Suhono B. 2010. *Ensiklopedia Flora*. PT Kharisma Ilmu. Bogor. Hlm. 152.
- Sun Y, Cheng J. 2002. Hydrolysis of Lignocellulosic Materials for Ethanol Production: A review. *Bioresource Technology*. **83**(1): 1–11.
- 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. 1-71.
- Sutrisno A. 2017. *Teknologi Enzim*. UB Press. Malang. Hlm. 6.
- Toha AHA. 2010. *Ensiklopedia Biokimia dan Biologi molekuler*. EGC. Jakarta. Hlm. 32-33, 874.
- Vidyalakshmi R, Paranthaman R, Indhumathi J. 2009. Amylase Production on Submerged Fermentation by *Bacillus spp.* World Journal of Chemistry. **4**(1): 89–91.
- 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.
- Wani ZA, Ashraf N, Mohiuddin T, Riyaz-Ul-Hassan S. 2015. Plant-Endophyte Symbiosis, an Ecological Perspective. *Applied Microbiology and Biotechnology*. **99**(7): 2955–2965.
- Wignyanto, Hidayat N. 2017. *Bioindustri*. UB Press. Malang. Hlm. 9.
- Wu W, Chen W, Liu S, Wu J, Zhu Y, Qin L, Zhu B. 2021. Beneficial Relationships Between Endophytic Bacteria and Medicinal Plants. *Frontiers in Plant Science*. **12**:1–13.
- Yimer D, Tilahun A. 2018. Microbial Biotechnology Review in Microbial Enzyme Production Methods, Assay Techniques and Protein Separation and Purifications. *Journal of Nutritional Health and Food Engineering*. **8**(1): 1–7.
- Yunianti AD, Syahidah, Agussalim, Suhasman. 2020. *Buku Ajar Ilmu Kayu*. Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin. Makassar. Hlm. 25-26
- Zimbro MJ, Power DA, Miller SM, Wilson GE, Johnson JA. 2009. *Difco & BBL Manual Manual of Microbiological Culture Media Second Edition*.

Becton, Dickinson and Company. Sparks. Hlm. 4.

