

**STUDI IN SILICO KERAGAMAN GEN PENYANDI ENZIM
SELULASE DARI FUNGI SELULOLITIK FILAMENTOSA**

SKRIPSI

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S-1
Program Studi Biologi**



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Disusun oleh:

Lutviah Rizqi Azi

15640007

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2022**



PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1924/Un.02/DST/PP.00.9/08/2022

Tugas Akhir dengan judul : **STUDI IN SILICO KERAGAMAN GEN PENYANDI ENZIM SELULASE DARI FUNGI SELULOLITIK FILAMENTOSA**

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : LUTVIAH RIZQI AZI
Nomor Induk Mahasiswa : 15640007
Telah diujikan pada : Jumat, 05 Agustus 2022
Nilai ujian Tugas Akhir : A/B

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Jumailatus Solihah, S.Si., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 630845fbc30b8



Penguji I

Dian Aruni Kumalawati, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 6308492759fdd



Penguji II

Siti Aisah, S.Si., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6306f60228320



Yogyakarta, 05 Agustus 2022
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6308789543114

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lutviah Rizqi Azi

NIM : 15640007

Program Studi : Biologi

Menyatakan dengan sesungguhnya skripsi saya ini adalah asli hasil karya atau penelitian penulis sendiri dan bukan plagiasi dari hasil karya orang lain kecuali pada bagian yang dirujuk sumbernya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya agar dapat diketahui oleh dewan penguji.

Yogyakarta, 6 Juli 2022

Yang menyatakan,



Lutviah Rizqi Azi

NIM.15640007

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Surat Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir

Lamp :-

Kepada Yth.

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : LUTVIAH RIZQI AZI

NIM : 15640007

Judul Skripsi : STUDI IN SILICO KERAGAMAN GEN PENYANDI ENZIM
SELULASE DARI FUNGI SELULOLITIK FILAMENTOSA

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu Biologi.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 29 Juli 2022

Pembimbing



Jumailatus Solihah S.Si., M.Biotech

NIP. 19760624 200501 2 007

STUDI IN SILICO KERAGAMAN GEN PENYANDI ENZIM SELULASE DARI FUNGI SELULOLITIK FILAMENTOSA

Lutviah Rizqi Azi
1540007

Abstrak

Selulosa di alam tersedia dalam jumlah yang sangat besar dan belum banyak dimanfaatkan. Limbah hasil pertanian merupakan salah satu suplai selulosa terbanyak di Indonesia. mengingat semakin sedikitnya jumlah bahan bakar fossil yang tersedia di alam, Pemanfaatan selulosa dari limbah hasil pertanian sebagai sumber bahan baku dalam pembuatan biofuel menjadi peluang yang sangat besar dalam dunia industri. Dilakukan penelitian secara *in silico* untuk mengetahui karakteristik pI, MW dan Solubilitas enzim selulase dari beberapa spesies fungi selulolitik melalui perangkat lunak MegaX untuk melihat keragaman gen dan tingkat kekerabatan/similaritas sekuens gen penyandi enzim selulase, website Expasy untuk mengetahui titik isoelektrik dan berat molekul, serta website ccsol omics untuk mengetahui nilai solubilitas enzim. Spesies fungi selulolitik filamentosa yang digunakan adalah *Aspergillus niger*, *Rhizopus stolonifer*, *Melanocarpus albomyces*, *Filobasidiella neoformans*, dan *Orpinomyces*. Hubungan kekerabatan gen penyandi enzim selulase berdasarkan analisis pohon filogenetik menunjukkan bahwa spesies *Aspergillus stolonifer* dan spesies *Melanocarpus albomyces* memiliki tingkat homologi yang tinggi dengan nilai *bootstrap* 93, sedangkan enzim selulase dari spesies lain diduga memiliki karakter berbeda-beda dan belum dapat ditentukan tingkat similaritasnya satu sama lain disebabkan oleh nilai *bootstrap* yang rendah. Dari hasil penelitian diperoleh nilai pI antara 4.0-.61, MW antara 1586.89-3094.18 serta Solubilitas paling rendah 1% dan paling tinggi 100%.

Kata kunci: Selulosa, fungi selulolitik, enzim selulase, pI, MW, Solubilitas.

MOTTO

SETIAP ADA KESULITAN PASTI ADA KEMUDAHAN



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan kepada:

Kedua orang tua saya, Bapak Maskuri Hadi dan Ibu Turikhah

Suami tercinta M. Amin Firdaus

Mertua saya, Bapak A. Ja'far

Kakak dan Adik saya, mbak Lia, mbak Lina, mbak Izza, Fawwaz dan Nafa

Semoga keberkahan selalu menyertai kalian

Serta tempat saya menimba ilmu sekarang, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kepada Allah swt. yang telah memberikan hidayah dan kesehatan, hingga akhirnya penulis menyelesaikan tugas akhir ini. *Sholawat* dan salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad saw. yang telah membawa kita dari zaman kebodohan menuju zaman kecerdasan.

Karya dengan judul “Studi In Silico Keragaman Gen Penyandi Enzim Selulase Dari Fungi Selulolitik Filamentosa” tentu bukanlah karya yang sempurna, akan tetapi mudah-mudahan karya ini dapat membawa manfaat bagi siapapun, baik pembaca maupun penulis sendiri.

Selama menempuh pendidikan dan melakukan penelitian ini tentu banyak melibatkan banyak pihak terkait. Untuk itu izinkan penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada semua elemen yang terlibat selama proses perkuliahan dan penyelesaian tugas akhir. Penghargaan setinggi-tingginya penulis berikan kepada:

1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ketua dan Sekretaris Program Studi Biologi.
3. Ibu Jumailatus Solihah, S.Si., M.Biotech. selaku Dosen Pembimbing Skripsi.
4. Bapak Ardyan Pramudya Kurniawan, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Civitas akademika UIN Sunan Kalijaga, khususnya seluruh dosen Fakultas Sains dan Teknologi, tanpa penulis sebutkan satu-persatu, namun tanpa mengurangi rasa hormat kepada mereka.

6. Suami tercinta, Mas Amin yang selalu mendukung dalam setiap langkah hidupku.
7. Sedulur Keluarga Mahasiswa Tegal (KAMASITA) UIN Sunan Kalijaga.
8. Teman-teman kos Diva, Lulu, Deka, Mbak Irma, Iis, Mbak Tuti, Fahma, yang selalu kocak tingkah lakunya.
9. Jakwir Ngelayab Gunip, Baidho, dan Sandi yang selalu ada saat suka dan duka.
10. Semua pihak yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung dalam penulisan skripsi ini, maupun dalam kehidupan penulis.

Yogyakarta, 30 Juli 2022

Penulis

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN KEASLIAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Selulosa	4
B. Enzim Selulase.....	7
C. Analisis Filogenetika.....	10
D. Fungi Filamentosa.....	13

BAB III METODE PENELITIAN	19
A. Waktu dan Tempat Penelitian	19
B. Alat dan Bahan	19
C. Prosedur Kerja.....	19
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	 21
A. Hasil Penelitian	21
B. Pembahasan.....	22
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	 26
A. Kesimpulan	26
B. Saran.....	26
 DAFTAR PUSTAKA	 27
LAMPIRAN.....	31

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Karakteristik PI, MW dan Solubilitas enzim selulase dari beberapa spesies fungi.....	21
--	----



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur molekul selulosa.....	5
Gambar 2. Selulosa, Selobiosa, dan Glukosa.....	9
Gambar 3. Struktur sel hifa	15
Gambar 4. <i>Aspergillus niger</i>	16
Gambar 5. <i>Rhizopus stolonifer</i>	17
Gambar 6. <i>Melanocarpus albomyces</i>	17
Gambar 7. <i>Filobasidiella neoformans</i>	18
Gambar 8. <i>Orpinomyces</i>	18
Gambar 9. Konstruksi pohon filogenetik menggunakan metode <i>Maximum likelihood</i> pada perangkat <i>MEGAX</i> dari sekuens gen penyandi selulase yang berasal dari beberapa spesies fungi selulolitik filamentosa	21

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Original tree	31
Lampiran 2. Bootstrap consensus tree	32
Lampiran 3. Nilai PI/MW <i>Aspergillus niger</i>	32
Lampiran 4. Nilai PI/MW <i>Rhizopus stolonifer</i>	33
Lampiran 5. Nilai PI/MW <i>Melanocarpus albomyces</i>	33
Lampiran 6. Nilai PI/MW <i>Filobasidiella neoformans</i>	33
Lampiran 7. Nilai PI/MW <i>Orpinomyces</i>	34
Lampiran 8. Solubilitas <i>Aspergillus niger</i>	34
Lampiran 9. Solubilitas <i>Rhizopus stolonifer</i>	34
Lampiran 10. Solubilitas <i>Melanocarpus albomyces</i>	35
Lampiran 11. Solubilitas <i>Filobasidiella neoformans</i>	35
Lampiran 12. Solubilitas <i>Orpinomyces</i>	36

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Enzim merupakan suatu protein yang dapat mempercepat reaksi metabolisme dalam sel yang disebut katalisator atau biokatalisator. Biokatalisator adalah senyawa organik yang berfungsi mempercepat suatu reaksi kimia tanpa ikut bereaksi di dalamnya. Katalisator atau enzim memiliki nama yang didasarkan pada substrat yang didegradasi, salah satunya yaitu enzim selulase.

Selulase adalah enzim ekstraseluler yang dapat menguraikan ikatan glikosidik β -1-4 pada polisakarida selulosa menjadi molekul-molekul glukosa. Selulosa di alam dihidrolisis oleh kombinasi tiga jenis selulase yaitu endoglukanase, eksoglukanase dan β -glukosidase dari kapang aerob (Zhang dan Zhang, 2013 dalam Sari *et al.*, 2017). Endoglukanase berperan menghidrolisis rantai selulosa secara acak dengan memotong daerah amorf dan menghasilkan rantai oligosakarida sebagai substrat bagi eksoglukanase. Eksoglukanase menghidrolisis oligosakarida menjadi selobiosa disakarida. β -glukosidase menghidrolisis selobiosa disakarida menjadi dua monomer glukosa (Iqbal *et al.*, 2010 dalam Sari *et al.*, 2017).

Enzim selulase berperan dalam proses biokonversi selulosa menjadi glukosa. Dalam dunia industri enzim selulase digunakan pada berbagai bidang, antara lain bidang teknologi tekstil, kertas, pakan ternak, pertanian dan dalam pengembangan penelitian. Beberapa contoh aplikasi enzim selulase antara lain pada *biopolishing* kain untuk meningkatkan kelembutan dan kecerahan kain dalam industri tekstil, meningkatkan kualitas gizi pada pakan ternak dan pencernaan hewan, meningkatkan produksi etanol, juga digunakan dalam pembuatan kertas baru dari kertas bekas (Kovac, 2009).

Enzim selulase dapat dihasilkan oleh mikroorganisme selulolitik berupa bakteri dan kapang. Bakteri yang pada umumnya dapat menghasilkan enzim selulase antara lain *Pseudomonas*, *Cellulomonas*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Cellovibrio*, dan *Sporosphytophag*. Sedangkan kapang selulolitik antara lain dari jenis *Trichoderma*, *Aspergillus* dan *Penicillium* (Lynd *et al.*,2002).

Salah satu sumber penghasil enzim selulase yang potensial adalah fungi selulolitik filamentosa yang dapat ditemukan di berbagai tempat. Fungi selulolitik memiliki kemampuan untuk menghidrolisis selulosa melalui aktivitas yang dimilikinya. Perolehan mikroba selulolitik yang mampu menghasilkan aktivitas enzim selulase sangat penting untuk dapat dimanfaatkan dalam proses hidrolisis selulosa agar dapat digunakan dalam dunia Industri (Kovac, 2009).

Selulosa di alam tersedia dalam jumlah yang sangat besar dan belum banyak dimanfaatkan. Limbah hasil pertanian merupakan salah satu suplai selulosa terbanyak di Indonesia. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Indonesia jumlah produksi tanaman tebu pada tahun 2019 mencapai angka 22.582.000 ton dan jumlah produksi tanaman padi sebanyak 54.604.033,34 ton. Dari data tersebut maka dapat diketahui bahwa limbah hasil pertanian tebu dan padi di Indonesia sangat melimpah. Pemanfaatan selulosa dari limbah hasil pertanian sebagai sumber biomassa dalam menghasilkan bioetanol menjadi peluang yang sangat besar dalam dunia industri. Oleh karena itu, studi karakteristik enzim selulase serta penentuan keragaman molekuler gen penyandi enzim selulase secara *in silico* diharapkan dapat memberikan gambaran awal mengenai keragaman enzim selulase khususnya yang berasal dari enzim selulolitik filamentosa sehingga potensi pemanfaatannya dalam bidang industri dapat lebih optimal.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana keragaman sekuens gen penyandi enzim selulase dari beberapa spesies fungi selulolitik filamentosa secara *in silico*.
2. Bagaimana karakteristik enzim selulase yang diperoleh dari beberapa spesies fungi selulolitik filamentosa meliputi pI, Mw, dan Solubilitas secara *in silico*.

C. Tujuan Penelitian

1. Menentukan keragaman sekuens gen penyandi enzim selulase dari beberapa spesies fungi selulolitik filamentosa secara *in silico*.
2. Menentukan karakteristik enzim selulase meliputi pI, Mw, dan Solubilitas enzim selulase dari beberapa spesies fungi selulolitik filamentosa secara *in silico*

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa enzim selulase dari beberapa fungi selulolitik filamentosa memiliki keragaman sekuens gen penyandi enzim selulase. Hubungan kekerabatan gen penyandi enzim selulase berdasarkan analisis pohon filogenetik menunjukkan bahwa spesies *Aspergillus stolonifer* dan spesies *Melanocarpus albomyces* memiliki tingkat homologi yang tinggi dengan nilai *bootstrap* 93, sedangkan enzim selulase dari spesies lain diduga memiliki karakter berbeda-beda dan belum dapat ditentukan tingkat similaritasnya satu sama lain disebabkan oleh nilai *bootstrap* yang rendah. Spesies-spesies fungi selulolitik filamentosa juga menunjukkan karakteristik titik isoelektrik, berat molekul, dan solubilitas yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh perbedaan lingkungan yang ditempati oleh masing-masing fungi selulolitik. Berdasarkan penentuan nilai pI, MW, dan Solubilitas, *Aspergillus niger* memiliki nilai pI 6.19, MW 1761.86 dan solubilitas 85%. *Rhizopus stolonifer* memiliki nilai pI 9.61 MW 2560.48 dan solubilitas 100%. *Melanocarpus albomyces* memiliki nilai pI 4.53 MW 2628.50 dan solubilitas 21%. *Filobasidiella neoformans* memiliki nilai pI 4.14 MW 3094.18 dan solubilitas 96%. *Orpinomyces* memiliki nilai pI 4.0 MW 1586.89 dan 1%.

B. Saran

Saran yang dapat penulis berikan untuk peneliti selanjutnya ialah adanya tindak lanjut terhadap hasil penelitian ini, baik berupa pengaplikasian maupun penelitian dan pengembangan lebih lanjut.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik (BPS), 2020. *Tabel Dinamis Subjek Tanaman Pangan*.
- Carlile, M.J. and Watkinson, S.C., 1994. *The Fungi*. London: Academic Press Ltd.
- Cavalli, S.L.L., & Balfourier. 1997. Phylogenetic Analysis: Models and Estimation Procedures. *Am. J. Human. Genet.* 19 : 122-257.
- Fatriasari, W., Masruchin, N., dan Hermiati, E., 2019. *Selulosa: Karakteristik dan pemanfaatannya*. LIPI Press. Jakarta.
- Felsenstein, J. 1981. Evolutionary Trees From DNA Sequences: A Maximum Likelihood Approach. *Journal of Molecular Evolution.* 17 (6) : 368-376.
- Fischer, H., Polikarpov, I., & Craievich, A.F. (2004). Average Protein Density Is A Molecular-Weight-Dependent Function. *Protein Science: A Publication Of The Protein Society*, 13 (10), 2825-2828, doi: 10.1110/ps.04688204.
- Gandjar, 2006. *Mikologi: Dasar dan Terapan*. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Hall, B.G. 1942. *Phylogenetic Trees Made Easy : A How-to Manual For Molecular Biologist*. Sunderland, Massachusetts : Sinaeur Association Inc.
- Harahap, Fauziyah. 2012. *Fisiologi Tumbuhan : Suatu Pengantar*. Unimed Press. Medan.
- Hermiati, Euis, Djumali Mangunwidjaja, Titi Candra Sunarti, Ono Suparno, dan Bambang Prasetya. 2010. Pemanfaatan Biomassa Lignoselulosa Ampas Tebu Untuk Produksi Bioetanol. *Jurnal Litbang Pertanian.* 29 (4) : 126.
- Hidayat, T., & Pancoro, A. 2016. Ulasan Kajian Filogenetika Molekuler Dan Peranannya Dalam Menyediakan Informasi Dasar Untuk

Meningkatkan Kualitas Sumber Informasi Genetik Anggrek. *Jurnal AgroBiogen*. 4 (1) : 35-40.

Hidayat, R.A. dan Isnawati. 2021. Isolasi dan Karakterisasi Jamur Selulolitik Pada Fermentodege : Pakan Fermentasi Berbahan Campuran Eceng Gondok, Bekatul Padi, dan Tongkol Jagung. *Lentera Bio*, 2021; Volume 10, nomor 2 : 176-187.

Hills, D.M., C. Moritz, dan Mable, B.K. 1996. *Molecular Systematic*. Massachusetts : Sinauer Association Inc.

Holder, M. & Lewis, P.O. 2003. Phylogeny Estimation : Traditional And Bayesian Approaches. *Nature Reviews Genetics*. 4 (4) : 275.

Kovacs, K., (2009). *Production of Cellulolytic Enzymes with Trichodermaatroviride Mutants for The Biomass-To-Bioethanol Process*. Thesis. ELTE Institute of Chemistry.

Kwon-Chung, K.J. 1976. A New Species Of Filobasidiella, The Sexual State Of Cryptococcus neoformans B and C Serotypes. *Mycologia*, Vol. 68.

Lemey, P., Salemi, M. & Vandamme, A.M. 2009. *The Phylogenetic handbook : Practical Approach To Phylogenetic Analysis And Hypothesis Testing*. Cambridge : Cambridge University Press.

Lestari, A.D., Elfrida, Indriyati. 2019. Identifikasi Jamur Pada Roti Yang Dijual Di Kota Langsa Berdasarkan Lama Penyimpanan. *Jurnal Jeumpa*, 6 (2) Juli-Desember.

Lynd L. R., P.J. Weimer, W.H. Van Zyl WH and I.S. Pretorius, (2002). *Microbial Cellulose Utilization: Fundamentals and Biotechnology*. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* **66**(3):506-577.

Maheshwari, R. and Kamalam, P.T. 1985. Isolation and Culture Of A Thermophilic Fungus, *Melanocarpus albomyces*, and Factors Influencing

The Production and Activity Of Xylanase. *Journal Of General Microbiology*. 131 : 3017-3027.

Moore-Landecker. 1996. *Fundamental Of The Fungi*. Prentice Hall. New Jersey.

Natawijaya, D., A. Saepudin, dan D. Pangesti. 2015. “Uji Kecepatan Pertumbuhan Jamur *Rhizopus stolonifer* dan *Aspergillus niger* yang diinokulasikan pada Beberapa Jenis Buah Lokal”. *Dalam Jurnal Siliwangi Seri Sains dan Teknologi*, 1(1).

Pearson, W.R., 2013. An Introduction to Sequence Similarity (“Homology”) Searching. *Curr protect Bioinformatics Volume 42, Issue 1*.

Pikukuh, 2011. “Selulosa, Komponen yang Paling Banyak Ditemukan Di Alam”, <http://blog.ub.ac.id/supat/2011/03/14/hello-world/>.

Putra, G.W.K., Ramona, Y., dan Proborini, M.W. 2020. Eksplorasi dan Identifikasi Mikroba Yang Diisolasi Dari Rhizosfer Tanaman Stroberi (*Fragaria x ananassa* Dutch) Di Kawasan Pancasari Bedugul. *Metamorfosa : Journal Of Biological Sciences* 7 (2) : 205-213.

Putri, S. 2016. *Karakterisasi Enzim Selulase Yang Dihasilkan Oleh Lactobacillus plantarum Pada Variasi Suhu, pH, Dan Konsentrasi Substrat*. [Skripsi]. Universitas Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.

R. Putri J., dkk., 2019. *Studi In Silico Karakteristik Enzim Lipase dari Berbagai Kelompok Alga Pada Kingdom Protista*. *Pengantar Bioinformatika*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.

Refai M, El-yazid HA, Hassan atef. *Monograph on Aspergillus and Aspergillosis in Man, Animals, and Birds. A Guide for Classification and Identification of Aspergilli, Disease Caused by Them, Diagnosis and Treatment*; 2014.

- Santoso, 2010. Modul Biokimia. Staff.undip.ac.id/fk/santosojaeri/files/modul-biokimia-enzim.pdf. diakses pada tanggal 16 Juni 2021 pukul 16:28 WIB.
- Santoso, A. A. G., Uno, W.D., Rahman, S. R. 2013. Identifikasi Jamur Makroskopis di Cagar Alam Tengale Kecamatan Tibawa Kabupaten Gorontalo. Gorontalo: Jurusan Biologi Universitas Negeri Gorontalo (UNG).
- Sari, A.R. *et al.*, 2017. Produksi Selulase Oleh Kapang *Aspergillus*. Hasil Isolasi Dari Limbah Pengolahan Sagu (*Metroxylon* sp.) Dengan Variasi Konsentrasi Inokulum Pada Fermentasi Terendam Statis. *Jurnal Biologi*. 6, 11-20.
- Sirohi, S.K. *et al.*, 2012. Isolation, Characterization and Fibre Degradation Potential of Anaerobic Rumen Fungi From Cattle. *Ann Microbiol* (2013) 63 : 1187-1194.
- Soltis, P. S., & Soltis, D. E. (2003). Applying the bootstrap in phylogeny reconstruction. *Statistical Science*, 256-267.
- Suriawiria U. 2005. Mikrobiologi Dasar. Paps Sinar Sinanti. Jakarta.
- Yang, Z., & Rannala, B. 2012. Molecular Phylogenetics : Principles and Practice. *Nature Reviews Genetics*, 13 (5) : 303.
- Yazid, E & Nursanti, L. (2006). *Penuntun Praktikum Biokimia untuk Mahasiswa Analisis*. Yogyakarta: Penerbit Andi Yogyakarta.
- Zayas, J.F. 1997. *Functionality of Proteins in Food*. Springer-Verlag. Berlin.