

**KERAGAMAN GENETIK JAMUR MOREL (*Morchella* spp.)
DARI GUNUNG RINJANI, LOMBOK. INDONESIA**



**M. RIZKI SAPUTRA
NIM. 20032022/ 2020**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2026**

**KERAGAMAN GENETIK JAMUR MOREL (*Morchella* spp.)
DARI GUNUNG RINJANI, LOMBOK. INDONESIA**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar
Sarjana Sains*



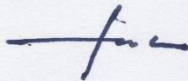
**Oleh:
M. RIZKI SAPUTRA
NIM. 20032022/2020**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2026**

PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Keragaman Genetik Jamur Morel (*Morchella* spp.) Dari Gunung Rinjani, Lombok, Indonesia
Nama : M. Rizki Saputra
NIM/TM : 20032022/2020
Program Studi : Biologi
Departemen : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Mengetahui,
Kepala Departemen Biologi



Dr. Dwi Hilda Putri, S.Si., M.Biomed.
NIP. 197508152006042001

Padang, 12 Februari 2026
Disetujui oleh,
Dosen Pembimbing



Dezi Handayani, S.Si., M.Si.
NIP. 197701262006042002

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

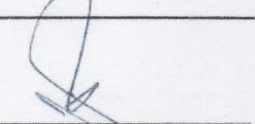
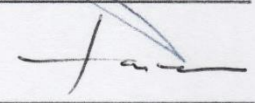
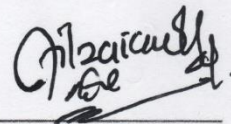
Nama : M. Rizki Saputra
NIM/TM : 20032022/2020
Program Studi : Biologi
Departemen : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

KERAGAMAN GENETIK JAMUR MOREL (*Morchella* spp.) DARI GUNUNG RINJANI, LOMBOK. INDONESIA

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Pendidikan Biologi, Departemen Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 12 Februari 2026

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Dezi Handayani, S.Si, M.Si.	
Anggota	: Asep Hidayat, Ph. D	
Anggota	: Dr. Dwi Hilda Putri, S.Si, M.Biomed.	
Anggota	: Dr. Filza Yulina Ade, S.Si, M.Si.	

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M. Rizki Saputra

NIM/TM : 20032022/2020

Program Studi : Biologi

Departemen : Biologi

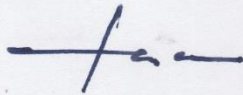
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa, skripsi saya yang berjudul "**Keragaman Genetik Jamur Morel (*Morchella* spp.) Dari Gunung Rinjani, Lombok, Indonesia**" adalah benar hasil karya sendiri, bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya yang dituliskan dan diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti aturan penulisan karya ilmiah yang benar.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, 11 Februari 2026

Diketahui oleh,
Kepala Departemen Biologi



Dr. Dwi Hilda Putri, S.Si., M.Biomed.
NIP. 197508152006042001

Saya yang menyatakan,



M. Rizki Saputra
NIM. 20032022

Keragaman Genetik Jamur Morel (*Morchella* spp.) dari Gunung Rinjani, Lombok. Indonesia

M. Rizki Saputra

ABSTRAK

Jamur morel (*Morchella* spp.) merupakan kelompok jamur Ascomycota bernilai ekologis dan ekonomis tinggi, namun memiliki kompleksitas taksonomi yang tinggi akibat kemiripan morfologi antarspesies. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi serta menganalisis hubungan kekerabatan dan keragaman genetik jamur morel yang ditemukan di Taman Nasional Gunung Rinjani (TNGR), Nusa Tenggara Barat, menggunakan pendekatan morfologi dan molekuler. Sampel jamur dikoleksi dari beberapa lokasi di TNGR dan dianalisis menggunakan empat penanda genetik, yaitu ITS, LSU, SSU, dan EF1- α . Sekuens hasil sekuensing digabungkan dan dianalisis secara filogenetik menggunakan metode *Maximum Likelihood* dan *Bayesian Inference* untuk menentukan posisi taksonominya. Analisis keragaman genetik dilakukan menggunakan DnaSP, jaringan haplotipe disusun dengan PopART menggunakan metode median-joining, serta analisis diferensiasi genetik atau *Fixation Index of Subpopulations relative to the Total population* (F_{ST}) dilakukan menggunakan Arlequin. Hasil analisis filogenetik menunjukkan bahwa jamur morel dari Gunung Rinjani membentuk klad tersendiri yang berkerabat dekat dengan *Morchella galilaea* namun terpisah secara genetik dengan dukungan statistik yang kuat, mengindikasikan keberadaan spesies baru. Analisis keragaman genetik menunjukkan adanya struktur populasi, di mana populasi Aikmel bersifat lebih terisolasi dibandingkan populasi Senaru dan Torean yang menunjukkan kedekatan genetik melalui haplotipe bersama. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa jamur morel dari TNGR memiliki keunikan genetik yang mendukung penetapannya sebagai spesies baru serta menunjukkan pola keragaman genetik yang dipengaruhi oleh kondisi geografis dan ekologis setempat.

Kata kunci: *Morchella*, jamur morel, filogenetik, keragaman genetik, Gunung Rinjani

**Genetic Diversity of Morel Mushrooms (*Morchella* spp.)
from Mount Rinjani, Lombok. Indonesia**

M. Rizki Saputra

ABSTRACT

*Morel mushrooms (*Morchella* spp.) are a group of Ascomycota fungi with high ecological and economic value, but they exhibit considerable taxonomic complexity due to morphological similarities among species. This study aimed to identify and analyze the phylogenetic relationships and genetic diversity of morel mushrooms found in Mount Rinjani National Park (MRNP), West Nusa Tenggara, using both morphological and molecular approaches. Mushroom samples were collected from several locations within MRNP and analyzed using four genetic markers: ITS, LSU, SSU, and EF1- α . The resulting sequences were concatenated and subjected to phylogenetic analyses using the Maximum Likelihood and Bayesian Inference methods to determine their taxonomic position. Genetic diversity analysis was conducted using DnaSP, haplotype networks were constructed with PopART using the median-joining method, and genetic differentiation Fixation Index of Subpopulations relative to the Total population (F_{ST}) was calculated using Arlequin. The phylogenetic analyses revealed that the morel specimens from Mount Rinjani formed a distinct clade closely related to *Morchella galilaea*, yet genetically separated with strong statistical support, indicating the presence of a new species. Genetic diversity analysis showed population structure, where the Aikmel population appeared more isolated compared to the Senaru and Torean populations, which exhibited genetic connectivity through shared haplotypes. Based on these findings, it can be concluded that the morel mushrooms from MRNP possess unique genetic characteristics supporting their designation as a new species and exhibit patterns of genetic diversity influenced by local geographic and ecological conditions.*

Keywords: Morchella, morel mushroom, phylogenetics, genetic diversity, Mount Rinjani

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan skripsi yang berjudul “Keragaman genetik jamur morel (*Morchella* spp.) dari Gunung Rinjani, Lombok, Indonesia”. Shalawat beserta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad Shalallahu ‘alaihi wasallam. Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains di Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

Pada kesempatan ini penulis ucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Dezi Handayani, S.Si., M.Si, Bapak Asep Hidayat Ph.D dan Ibu Sarah Asih Faulina, M. Sc. selaku pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam membimbing, memotivasi, serta semangat untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Dr. Dwi Hilda Putri, M.Biomed dan Ibu Dr. Filza Yulina Ade, S.Si, M.Si selaku dosen Penguji yang telah memberikan saran dan kritikan untuk kesempurnaan penulisan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Resti Fevria, S.TP., MP selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan, nasehat, dan arahan selama masa perkuliahan.
4. Ibu Dr. Dwi Hilda Putri, M.Biomed sebagai Ketua Departemen Biologi dan Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

5. Bapak dan Ibu staf Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang yang telah memberikan dukungan dan perhatian dalam penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Prof. Maman Turjaman, D. E. A, Bapak Helbert, M. Env., Ph.D., Mbak Laras Murni Rahayu, serta staf-staf BRIN lainnya yang telah memberikan dukungan dan perhatian dalam penyusunan skripsi ini.
7. Kedua orangtua tercinta, Papa F. Yasmeardi dan Mama Niwarnida, serta kakak Khadiyah Andini Putri yang senantiasa memberikan doa, dukungan dan selalu mengiringi setiap langkah penulis.
8. Sepupu Devina Ramadhani, S.I.Kom, Sahabat Raihan Rakha Pratama, S.Tr.Tra., Reihan Hanafi Wiyanatra, S.Tr.T, dan Ghina Dwi Fadel, S.Pd yang telah memberikan dukungan, doa juga perhatian kepada penulis.
9. Sahabat dari grup SAMPAI NANTI Donny Suherman, S.Si, Muhammad Zikri, S.Si, Anugra Saputra, S.Si, Wahyuni Fitri, S.Si, Netri Yuliati, S.Si, Rifda Hayati, S.Si, dan Ni Luh Wayan Widhi Prihartini, S.Si yang telah membantu dan menemani selama proses perkuliahan hingga penulisan skripsi penulis.
10. Sahabat dari Bioskop jombs Wiji Subekti, S.T., Shelly Marcelina, S.T., Vara Dilla Octaviani, Sisi Febri Andini, Fadillah Nurwahidah, Amd.T., Rilla Gustia, A.Md, dan Mawaddah Sakinah Depiston, A.Md.T. yang telah memberikan dukungan, doa juga perhatian kepada penulis.
11. Semua teman-teman grup penelitian Ibu Peri Squad, terima kasih untuk semua dukungan dan bantuannya. Penulis bersyukur bisa berproses bersama kalian semua, yang telah mengajarkan banyak hal pada penulis

12. Teman-teman angkatan Biologi 2020 dan pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan serta doa kepada penulis

Semoga segala bantuan, bimbingan, dukungan, dan petunjuk yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal ibadah dan mendapat imbalan yang setimpal dari Allah SWT. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua orang yang membacanya.

Padang, Februari 2026

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Taman Nasioanal Gunung Rinjani	5
B. Jamur Morel	6
C. Ekstraksi DNA	9
D. PCR dan <i>Sequencing</i>	11
BAB III METODE PENELITIAN	16
A. Jenis Penelitian	16
B. Waktu dan Tempat Penelitian	16
C. Peta Lokasi	16
D. Alat dan Bahan	17
E. Prosedur Penelitian.....	18
F. Analisis Data	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
A. Hasil Penelitian	23
B. Pembahasan	28
BAB V PENUTUP	32
A. Kesimpulan.....	32
B. Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA.....	33
LAMPIRAN.....	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Jamur morel yang berasal dari India: (A) <i>Morchella vulgaris</i> ; (B) <i>Morchella kaibabensis</i> ; (C) <i>Morchella tridentia</i>	7
2. <i>Morchella pulchella</i> dari Pakistan.....	7
3. Jamur morel yang berasal dari Amerika: (A) <i>Morchella hispaniolensis</i> ; (B) <i>Morchella gracilis</i> , (C) <i>Morchella peruviana</i>	7
4. Peta lokasi sebaran jamur morel.....	16
5. Lokasi penemuan jamur morel secara spesifik di Gunung Rinjani.....	17
6. Hasil amplifikasi PCR DNA ribosom jamur morel.....	23
7. Peta <i>haplotype</i> tiga populasi jamur morel	25
8. Hasil analisis dendogram populasi jamur morel.....	26
9. Pohon filogenetik <i>Morchella</i> spp. berdasarkan analisis set data tiga gen yang mencakup bagian dari ITS, LSU, dan, EF1- α	27

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Protokol PCR masing-masing primer.....	20
2. Komposisi PCR untuk Kit Promega.....	21
3. Hasil analisis keragaman genetik	24
4. Analisis haplotype	25
5. Nilai F_{ST} tiga populasi	26

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data Hasil Amplifikasi	39
2. Dokumentasi Kegiatan	40

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Jamur merupakan bagian fungi yang berukuran makroskopis dan tubuh buahnya dapat dilihat tanpa menggunakan alat bantu khusus. Jamur juga merupakan organisme kosmopolitan yang dapat dijumpai pada berbagai *niche* mulai dari ekosistem alami ataupun tempat-tempat yang banyak bersinggungan dengan kegiatan antropogenik (Putra *et al.*, 2017; Putra *et al.*, 2018; Putra, 2020). Jamur memiliki fungsi ekologis dan ekonomis karena peran pentingnya sebagai dekomposer serta tubuh buahnya banyak dimanfaatkan oleh manusia. Seluruh fungi makroskopik diketahui merupakan anggota kelompok Basidiomycota dan Ascomycota (Kirk *et al.*, 2013). Ascomycota merupakan kelompok fungi dengan jumlah spesies banyak dan posisi taksonominya yang dinamis (Wijayawardene *et al.*, 2017). Filum Ascomycota dilaporkan mencakup sekitar 15 kelas, 68 ordo, 327 famili, 6.300 genus, serta lebih dari 64.000 spesies yang tersebar di berbagai wilayah dunia. (Kirk *et al.*, 2013). Tercatat sebanyak 117 spesies jamur ditemukan tumbuh di kawasan Taman Nasional Gunung Rinjani, dengan satu spesies yang tergolong jarang dijumpai di Indonesia, yaitu jamur morel (*Morchella* sp.) (Kristiawan *et al.*, 2021).

Jamur Morel (*Morchella* sp.) merupakan salah satu jamur yang dapat dimakan dengan harga jual yang sangat tinggi. (Du Xi-Hui *et al.*, 2016). Jamur Morel kering diperjualbelikan dengan kisaran harga 50 – 216 USD per kg (Flores, 2006). Jamur ini biasanya tumbuh di kawasan hutan beriklim sedang (*temperate*) seperti Eropa dan Amerika (Emery and Barron, 2010). Jamur ini juga ditemukan di negara Asia terutama di sekitar pegunungan Himalaya, seperti India, Pakistan, dan Tiongkok

(Masaphy, 2010). Jamur ini umumnya tumbuh pada lantai hutan yang mengandung humus tinggi dan bergaya hidup saprofit ataupun mikoriza. Tubuh buah jamur ini berbentuk kerucut memanjang dengan permukaan berlekuk seperti spons. Warna dominan coklat dari daerah basal ke apikal dengan bagian basal sedikit lebih gelap. Tangkai umumnya berbentuk silindris hingga gada dengan bagian bawah sedikit membesar. Jamur ini biasanya membentuk asosiasi dengan tumbuhan berpembuluh sebagai mikoriza (Putra IP, 2021). Walaupun Jamur Morel biasanya hidup di daerah *temperate*, tetapi jamur ini juga di temukan di daerah Indonesia (Gunung Rinjani) beberapa tahun yang lalu.

Jamur Morel di TNGR ditemukan pertama kali tahun 2009 oleh staf Pengendali Ekosistem Hutan, Balai TNGR dan berhasil diisolasi dan diidentifikasi pada tingkat genus oleh Tim Peneliti Pusat Litbang Hutan Bogor pada tahun 2017 (Pangetsu, 2017, Kristiawan *et al.*, 2021). Pemanfaatan jamur Morel di Indonesia, khususnya di TNGR belum optimal, karena penyebaran jamur ini baru diketahui dan sangat berbeda dengan jamur Morel yang tumbuh di Amerika, Eropa dan Asia yang sebelumnya sudah banyak diteliti. Jamur morel yang tumbuh dikawasan TNGR ditemukan di 3 lokasi yang berbeda yaitu Kawasan Aikmel, Senaru, Torean (Retnowati *et al.*, 2025). Jamur Morel yang ditemukan di TNGR sudah terkonfirmasi menjadi spesies jamur baru yaitu *Morchella rinjaniensis* yang sangat terkait dengan *Morchella galilaea* (Retnowati *et al.*, 2025).

Kekerabatan antara jamur morel yang ditemukan pada 3 lokasi di Kawasan TNGR belum diketahui. Perbedaan antara setiap spesies Morel telah menjadi fokus utama studi genetik jamur Morel, meskipun ditujukan secara khusus untuk

menyelesaikan perbedaan taksonomi antara spesies *Morchella* (Dalglish *et al.*, 2005 ; O'Donnell *et al.*, 2011).

Salah satu teknik identifikasi yang memiliki akurasi tinggi adalah identifikasi secara molekuler. Identifikasi secara molekuler memiliki keuntungan yaitu lebih akurat dan proses yang lebih cepat. Teknik molekuler yang telah berkembang untuk menganalisis suatu mikroorganisme melalui asam nukleatnya adalah menggunakan teknik PCR (Polymerase Chain Reaction) (Sulistiyo, 2017). Pada PCR terdapat satu komponen yang penting yaitu primer. Primer PCR ialah oligonukleotida yang berperan sebagai inisiasi amplifikasi molekul DNA (Aris M *et al.*, 2013). Dalam penelitian ini menggunakan 4 pasang primer untuk menganalisis dan mempelajari karakteristik dari jamur morel serta mengetahui kekerabatan yang terdekat dari jamur morel ini. Penggunaan keempat primer ini secara bersamaan (pendekatan multilokus) bertujuan untuk memperoleh hasil identifikasi dan filogeni yang lebih kuat, konsisten, dan akurat. Pendekatan ini telah direkomendasikan dalam berbagai penelitian untuk menyelesaikan permasalahan taksonomi dan kekerabatan pada genus *Morchella* yang memiliki variasi morfologi tinggi dan kompleksitas genetik (O'Donnell *et al.*, 2011; Du *et al.*, 2015).

Jamur Morel yang ada di Indonesia belum diteliti, terutama dalam bidang keragaman genetik dan tingkat kekerabatannya dengan jamur Morel yang ada di dunia. Oleh sebab itu, peneliti melakukan penelitian dengan judul **“Keragaman Genetik Jamur Morel (*Morchella* sp.) dari Gunung Rinjani, Lombok, Indonesia “**.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana diversitas dan struktur genetik spesies jamur morel yang tumbuh di Taman Nasional Gunung Rinjani berdasarkan pendekatan secara molekuler?
2. Bagaimana hubungan kekerabatan antara jamur morel yang ada di Taman Nasional Gunung Rinjani dengan jamur morel yang ditemukan di daerah luar Indonesia?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Menganalisis diversitas dan struktur genetik spesies jamur morel yang tumbuh di Taman Nasional Gunung Rinjani berdasarkan pendekatan molekuler.
2. Menentukan dan menganalisis hubungan kekerabatan jamur morel yang terdapat di Taman Nasional Gunung Rinjani dengan jamur morel dari luar Indonesia.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi sebagai berikut:

1. Memberikan informasi terkait keragaman, struktur genetik dan hunungan kekerabatan jamur morel yang berada di kawasan Taman Nasional Gunung Rinjani dengan teknologi *sequencing* DNA.
2. Sebagai informasi dan bahan acuan awal untuk pengembangan penelitian terkait lanjutan jamur morel baik aspek konservasi atau pun budidaya.
3. Menambah pengetahuan dan keterampilan peneliti dalam pelaksanaan penelitian.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Jamur morel di TNGR menunjukkan adanya variasi genetik antar populasi. Populasi Aikmel memiliki tingkat keragaman genetik paling tinggi dibandingkan Senaru dan Torean, ditunjukkan oleh nilai *haplotype diversity* (Hd) dan jumlah situs polimorfik yang lebih besar. Nilai *nucleotide diversity* (π) yang relatif rendah pada seluruh populasi mengindikasikan bahwa perbedaan genetik terjadi dalam skala kecil, namun tetap menunjukkan adanya variasi antar individu. Hasil uji netralitas (Tajima's D dan Fu & Li's F*) bernilai negatif, yang mengindikasikan kemungkinan adanya ekspansi populasi atau seleksi purifying dalam populasi jamur morel di TNGR.

Analisis kekerabatan menunjukkan bahwa jamur morel di TNGR memiliki hubungan filogenetik dengan spesies morel dari luar Indonesia, namun tetap membentuk kluster tersendiri. Hal ini menunjukkan adanya kedekatan genetik dengan populasi luar negeri, tetapi juga memperlihatkan ciri khas genetik lokal. Nilai F_{ST} antar populasi menunjukkan tingkat diferensiasi genetik sedang hingga tinggi, terutama antara populasi Senaru dan Aikmel, yang mengindikasikan adanya pembatasan aliran gen (*gene flow*) antar lokasi.

B. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan cakupan wilayah yang lebih luas dan jumlah sampel lebih banyak untuk memastikan status taksonomi dan keragaman genetik *Morchella* dari TNGR dan disarankan menggunakan penanda gen tambahan seperti RPB1 dan RPB2

DAFTAR PUSTAKA

- Aris, M., Sukenda, S., Harris, E., & Sukadi, M. F. (2013). Molecular identification of pathogenic bacteria and PCR specific primer design. *E-Journal Budidaya Perairan*, 1(3).
- Avery, O. T., MacLeod, C. M., & McCarty, M. (1944). Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of pneumococcal types. *Journal of Experimental Medicine*, 79(2), 137–158.
- Badshah, H., Ali, B., Shah, S. A., Alam, M. M., Aly, H. I., & Mumtaz, A. S. (2018). First record of *Morchella pulchella* from Pakistan. *Mycotaxon*, 133(1), 201-207.
- Baroni, T. J., Beug, M. W., Cantrell, S. A., Clements, T. A., Iturriaga, T., Læssøe, T., ... & O'Donnell, K. (2018). Four new species of *Morchella* from the Americas. *Mycologia*, 110(6), 1205-1221.
- Bulam, S., Üstün, N.Ş. & Peksen, A. (2018). True morel (*Morchella* spp.) mushroom in Turkey. Proceedings of the Conference International Eurasian Congress on Natural Nutrition and Healthy Life, 2018, 12–15. Disampaikan pada Conference International Eurasian Congress on Natural Nutrition and Healthy Life, Ankara, Turkey 12-15 Juli 2018.
- Buscot, F. & Kottke, I. (1990) The association of *Morchella rotunda* (Pers.) Boudier with roots of *Picea abies* (L.) Karst. *New Phytologist*, 116, 425–430. doi: 10.1111/j.1469- 8137.1990.tb00528.x.
- Buscot, F., (1992a). Mycorrhizal succession and morel biology. In: Read, D.J., Lewis, D.H., Fitter, A.H., Alexander, IT (Eds.), *Mycorrhizas in Ecosystems*. CAB International, Oxon, UK, pp. 220-224.
- Buscot, F., (1992b). Strategies ecologiques et biologiques des morilles. *Cryptog. Mycol.* 13, 171-179.
- Buscot, F., (1993a). Mycelial differentiation of *Morchella esculenta* in pure culture. *Mycol. Res.* 97, 136-140.
- Buscot, F., 1993b. Synthesis of two types of association between *Morchella esculenta* and *Picea abies* under controlled culture conditions. *J. Plant Physiol.* 141, 12-17.
- Buscot, F. (1994). Ectomycorrhizal types and endobacteria associated with ectomycorrhizas of *Morchella elata* (Fr.) Boudier with *Picea abies* (L.) Karst. *Mycorrhiza*, 4, 223–232.
- Clowez, P., Izumi, T., Lamiable, P. B., Shibakusa, K., Minculeasa, C., & Alvarado, P. (2022). *Morchella nipponensis* sp. nov. (Ascomycota,

- Pezizales): a paleoendemic species of section *Morchella* discovered in Japan. *Mycoscience*, 63(6), 274-283.
- Dahlstrom, I.L., Smith, J.E., Weber, N.S., (2000). Mycorrhiza like interaction by *Morchella* with species of the Pinaceae in pure culture synthesis. *Mycorrhiza*, 9, 279-285.
- Dalgleish, H. J., & Jacobson, K. M. (2005). A first assessment of genetic variation among *Morchella esculenta* (Morel) populations. *Journal of Heredity*, 96(4), 396-403.
- Du, X. H., Zhao, Q., & Yang, Z. L. (2015). A review on the species of *Morchella* in China. *Mycology*, 6(2), 78–89.
- Du, X. H., Zhao, Q., & Yang, Z. L. (2015). A review on research advances, issues, and perspectives of morels. *Mycology*, 6(2), 78–93.
- Du Xi-Hui, Zhao Qi, Jianping Xu, Yang Zhu L. (2016) High inbreeding, limited recombination and divergent evolutionary patterns between two sympatric morel species in China. *Scientific Report*. 6:22434. DOI: 10.1038/srep22434
- Emery, M.R. and E.S. Barron. (2010). Using local ecological knowledge to assess morel decline in the U.S. mid-Atlantic region. *Econ. Bot.* 64 (3): 205-216.
- Faatih, Mukhlissul. (2009). Isolasi Dan Digesti Dna Kromosom. *Jurnal Penelitian Sains & Teknologi*, Vol. 10, No. 1, 2009: 61 - 67.;
- Fatchiyah, E. L. A., Widyarti, S., & Rahayu, S. (2011). *Biologi molekular: Prinsip dasar analisis*. Jakarta: Erlangga
- Fitriya, R. T., Ibrahim, M., & Lisdiana, L. (2015). Keefektifan metode isolasi DNA kit dan CTAB/NaCl yang dimodifikasi pada *Staphylococcus aureus* dan *Shigella dysenteriae*. *LenteraBio*, 4(1), 87-92.
- Flores, C. (2006). High-value Wild Mushrooms: A Livelihood Development Strategy for Earthquake Affected Pakistan. New York: Agriculture Development Specialist, EastWest Management Institute.
- Frankham, R., Ballou, J. D., & Briscoe, D. A. (2010). *Introduction to Conservation Genetics*. Cambridge University Press.
- Geneaid, (2020). *Protocol Genomic DNA Mini Kit (Plant)*. Indonesia: www.geneaid.com
- Harbin, M., Volk, T.J., (1999). The relationship of *Morchella* with plant roots. Abstract. In: *Proceedings of the XVI International Botanical Congress*, St. Louis, Missouri, USA, p. 59.

- Hasibuan, E. (2015). Peranan Teknik Polymerase Chain Reaction (PCR) Terhadap Perkembangan Ilmu Pengetahuan.
- Hershey, A. D., & Chase, M. (1952). Independent functions of viral protein and nucleic acid in growth of bacteriophage. *Journal of General Physiology*, 36(1), 39–56.
- Holme DJ, Peck H. (1998). *Analytical Biochemistry*. Ed ke-3. Harlow (GB): Pearson Education Limited.
- Kirk PM, Stalpers JA, Braun U, Crous P W, Hansen K, Hawksworth DL, Stadler M. (2013). A without-prejudice list of generic names of fungi for protection under the International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants. *IMA Fungus*, 4(2), 381–443.
- Kristiawan, R., Marianto, G., Johansyah, A., Soesmardi B., Kurniawan S., Megawati, N M D., Rosang D, A., Subagj, S. (2021). *Rencana Pengelolaan Jangka Panjang Taman Nasional Gunung Rinjani Kabupaten Lombok Utara, Lombok Tengah dan Lombok Timur Provinsi Nusa Tenggara Barat. Balai Taman Nasional Gunung Rinjani Direktorat Jendral Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistem Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan*. Hal V
- Kauresud, H., & Schumacher, T. (2001). Outcrossing or inbreeding: DNA markers provide evidence for type of reproductive mode in *Phellinus nigrolimitatus* (Basidiomycota). *Mycological Research*, 105(6), 676–683.
- Loizides, M., Bellanger, J. M., Clowez, P., Moreau, P. A. (2018). *Morchella galilaea*: expanding the species' range. *Mycologia*, 110(4), 812–826.
- Machuta, A., Gerding, M., Chávez, D., Palfner, G., Oyarzúa, P., Guillén, Y., & Córdova C. (2021). Two new species of *Morchella* from *Nothofagus* forests in North-western Patagonia (Chile). *Mycological Progress*, 20, 781–795. <https://doi.org/10.1007/s11557-021-01703-x>
- Masaphy, S. (2011). Diversity of Fruiting Pattern of Wild Black Morel Mushroom. Proceedings of the 7 th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (ICMBMP7) 2011.
- Miller, S.L. Tories, P. McClean, T.M., (1994). Persistence of basidiospores and sclerotia of *eclomyconhizal* fungi and *Morchella* in soil. *Mycologia* 86. 89–95.
- Muladno. (2010). *Teknologi Rekayasa Genetika*. Bogor (ID): IPB Press.
- Nei, M. (1987). *Molecular Evolutionary Genetics*. Columbia University Press.
- O'Donnell, K., Rooney, A. P., Mills, G. L., et al. (2011). Phylogeny and historical

- biogeography of true morels (*Morchella*). *Fungal Genetics and Biology*, 48(3), 252–265.
- Ower, R. (1982). Notes on the development of the morel ascocarp. *Mycologia* 74: 142–144.
- Pangestu, D. (2017). *Masterplan Pengelolaan Sampah Taman Nasional Gunung Rinjani 2018-2023*. Balai Taman Nasional Gunung Rinjani Direktorat Jendral Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistem Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Hal 1-2.
- Pharmawati, Made, 2009. Optimalisasi Ekstraksi DNA Dan PCR-Rapd Pada *Grevillea* spp. (Proteaceae). *Jurnal Biologi* XIII, (1), pp.12 -16.
- Pilz, D., Norvell, L. L., Boyden, S., et al. (2016). Post-fire morel (*Morchella*) mushroom abundance, spatial structure, and harvest sustainability. *Forest Ecology and Management*.
- Putra IP. (2021). Catatan Kelompok Ascomycota Makroskopik di Indonesia. *Jurnal Pro-Life* Volume 8 Nomor 1.
- Putra IP. (2020). Catatan Beberapa Jamur Makro di Pulau Belitong : Deskripsi dan Potensinya. *Bioeduscience*, 04(01), 11– 20.
- Putra IP, Mardiyah E, Amalia NS, & Mountara A. (2017). Ragam jamur asal serasah dan tanah di Taman Nasional Ujung Kulon Indonesia. *Jurnal Sumber daya Hayati*, 3(1), 1-7.
- Putra IP, Sitompul R, & Chalisyah N. (2018). Ragam Dan Potensi Jamur Makro Asal Taman Wisata Mekarsari Jawa Barat. *Al-Kauniyah: Jurnal Biologi*, 11(2), 133–150.
- Rehner, S. A., & Samuels, G. J. (1995). Molecular systematics of the Hypocreales: a teleomorph gene phylogeny and the status of their anamorphs. *Canadian Journal of Botany*, 73(S1), 816-823.
- Rehner, S. A., & Buckley, E. (2005). A *Beauveria* phylogeny inferred from nuclear ITS and EF1- α sequences. *Mycologia*, 97(1), 84–98.
- Retnowati, A., Faulina, S. A., Helbert, H., Riffiani, R., Saskiawan, I., Hidayat, A., Turjaman, M., Hakim, S. S., Rahayu, L. M., Aryanto, A., Ningrum, R. S., Girmansyah, D., Rianto, T., Soesmardi, B., Surahmat, I. L., Hidayat, I., Kuswanda, W., Alikodra, H. S., Silfariani, Y., & Nurlhida, F. A. H. (2025). *Morchella rinjaniensis*: A novel species of tropical *Morchella* (Ascomycota, Pezizales, and Morchellaceae) discovered in UNESCO Rinjani-Lombok Biosphere Reserve, Indonesia. *Mycobiology*, 53(4), 367–378.
- Schoch, C. L., Seifert, K. A., Huhndorf, S., et al. (2012). Nuclear ribosomal

internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for Fungi. *PNAS*, 109(16), 6241–6246.

Sulistyo, K. A. (2017). *Karakterisasi Fisiologi Dan Identifikasi Molekular Isolat Khamir Serta Uji Potensi Antagonisnya Terhadap Patogen Penyebab Penyakit Layu Fusarium (Fusarium sp.)* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).

Utami A, Meryalita R, Prihatin NA, Ambarsari L, Kurniatin PA, Nurcholis W. (2012). Variasi metode isolasi DNA daun temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*, Roxb). Di dalam: Prosiding Seminar Nasional Kimia Unesa Surabaya; 2012; Surabaya, Indonesia. Surabaya (ID).

Vilgalys, R., & Hester, M. (1990). Rapid genetic identification and mapping of enzymatically amplified ribosomal DNA from several *Cryptococcus* species. *Journal of bacteriology*, 172(8), 4238-4246.

Volk. T.J., Leonard, T.J., (1990). Cytology of the life cycle of *Morchella*. *Mycol. Res.* 94, 399 406.

Wani, A. H., Talie, M. D., Dar, A. H., Shrikhandia, P., Bhat, M. Y., & Wani, T. A. (2023). Studies on true morels (*Morchella*) from North Kashmir, India. *Current Science*, 124(5), 607.

Watson, J. D., & Crick, F. H. C. (1953). Molecular structure of nucleic acids: A structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature*, 171, 737–738.

Weber, N.S., Pilz, D., Carter, C., (1996). Morel life histories: beginning to address the unknowns with a case study in the Fremont National Forest near Lakeview, Oregon. In: Pilz, D., Molina, R. (Eds.), *Managing Forest Ecosystems to Conserve Fungus Diversity and Sustain Wild Mushroom Harvests*. USDA Forest Service General Technical Report PNW-371, pp 62-68.

White TJ, Bruns T, Lee S, Taylor J (1990) Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications*, 18, 315–322.

Wicaksono A, Raihandhany R, Aryantha INP. (2021). Upaya Kultivasi Jamur Morel (*Morchella esculenta* (L.) Pers.) dari Kawasan Lembang, Jawa Barat dan Optimasi Pertumbuhannya dengan Menggunakan Media Pati. *Jurnal Mikologi Indonesia*. Vol 5 No 1 (2021): 7-15

Wijayawardene NN, Hyde K, Rajeshkumar K, Hawksworth D, Madrid H, et al. (2017). Notes for genera: Ascomycota. *Fungal Diversity*, 86, 1- 594

Yusuf, Z. K. (2010). Polymerase chain reaction (PCR). *Jurnal Saintek*, 5(6), 1-6.

Yuwono, Tribuwono. (2006). *Teori dan Aplikasi Polymerase Chain Reaction*.
Penerbit Andi. Yogyakarta