

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan ke Hadirat Allah SWT. Tidak lupa sholawat serta salam semoga senantiasa tercurah limpahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Atas berkat, rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian dengan judul “**Studi Analisis Pola Pengelompokan Tumbuhan Paku Sejati (Polypodiopsida) dari Kawasan Gunung Galunggung Berdasarkan Data Fenetik dan Filogenetik secara In Silico**”. Skripsi ini disusun dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan.

Penelitian yang dilakukan ini, yaitu mengenai fakta-fakta yang ditemukan di lapangan untuk mengetahui biodiversitas di Kawasan Gunung Galunggung khususnya pada tumbuhan paku sejati (Polypodiopsida), mengetahui karakteristik fenotipiknya, penanda molekuler gen rbcL dari *database* NCBI, serta analisis pola pengelompokannya berdasarkan data fenetik dan filogenetik.

Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan yang pada dasarnya berasal dari keterbatasan kemampuan serta pengalaman penulis. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini, sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian yang lebih baik di kemudian hari nanti.

Tasikmalaya, Maret 2023

Penyusun



**Ade Sarah**  
**NPM. 182154097**

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sangat bersyukur telah melalui perjalanan yang panjang dalam penyusunan skripsi ini. Banyak rintangan dan hambatan yang dihadapi oleh penulis, namun pada hakikatnya skripsi ini dapat terwujud atas pertolongan Allah SWT. dan bantuan dari berbagai pihak yang telah memberikan bimbingan, dorongan serta semangat yang tidak ternilai harganya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. Diana Hernawati, M.Pd. selaku dosen pembimbing 1 yang telah dengan sabar memberikan bimbingan, arahan, bantuan, semangat, serta motivasi dari awal penyusunan proposal hingga terselesaikannya skripsi ini;
2. Bapak Egi Nuryadin, S.Pd., M.Si. selaku dosen pembimbing 2 yang telah dengan sabar memberikan bimbingan, arahan, bantuan, semangat, serta motivasi dari awal penyusunan proposal hingga terselesaikannya skripsi ini;
3. Bapak Mufti Ali, S.Pd., M.Pd. selaku Ketua Jurusan Pendidikan Biologi yang telah membekali penulis dengan perhatian, dorongan dan semangat selama proses sudi berlangsung;
4. Bapak Diki Muhamad Chaidir, M.Pd. selaku dosen wali yang selama 4 (empat) tahun membimbing penulis secara akademis dan memberikan dukungan moral serta motivasi hingga terselesaikannya studi di jenjang S1 ini;
5. Bapak Suharsono, M.Pd., Ibu Vita Meylani, S.Pd., M.Sc. dan Bapak Rinaldi Rizal Putra, S.Pd., M.Sc. selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan saran dan masukan dalam menyelesaikan skripsi ini;
6. Bapak/Ibu Dosen Jurusan Pendidikan Biologi yang telah banyak memberikan ilmu selama penulis menempuh studi di Jurusan Pendidikan Biologi;
7. Ibu Dr. Hj. Nani Ratnaningsih, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Siliwangi;
8. Pengelola Kawasan Wisata Gunung Galunggung yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melaksanakan penelitian;

9. Bapak Asep Yudi Supriatna, S.Pd. dan Bapak Ari Hardian, S.Pd. selaku staff Laboratorium Jurusan Pendidikan Biologi yang telah memberikan arahan dan bantuan kepada penulis dalam melaksanakan penelitian;
10. Ibu Kankan Sukmiri, S.Pd. selaku salah satu Guru penulis yang selalu memberikan perhatian, nasihat, semangat, dukungan, motivasi, serta do'a kepada penulis sejak menempuh pendidikan di jenjang menengah atas hingga saat ini, semoga Allah membalas segala kebaikan Ibu;
11. Sahrul Maulidin, Kris Egawati, Senda Nur Khofifah, Khadizah Soendoess, Andi Mulyadi, Sophi Gusmawati, dan Yayi Nurbaeti yang telah menemani dan membantu penulis selama melaksanakan penelitian;
12. Keluarga HIMAPBIO periode 2019 dan 2020, terkhusus Keluarga Penalaran HIMAPBIO 2014-2021 yang telah menjadi keluarga selama menjalankan organisasi mahasiswa;
13. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Pendidikan Biologi angkatan 2018 khususnya kelas C, yang telah kebersamai penulis selama menempuh studi di Jurusan Pendidikan Biologi;
14. Sahabat-sahabat penulis: Andini Melani, Syifa Nurhidayati, Dahlia Aisyah, Dilla Deliya, Dini Oktavia, Nur Fauziah, dan Arif Hidayat yang telah banyak memberikan bantuan, dukungan, motivasi, semangat, serta menjadi pendengar yang baik ketika penulis mengalami kesulitan.

Ucapan terima kasih yang sangat pribadi penulis ucapkan kepada orang tua penulis (Mamah Yayah) yang telah melahirkan, merawat dan membesarkan penulis dengan penuh kasih sayang, mendo'akan dan berjuang untuk penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Jurusan Pendidikan Biologi Universitas Siliwangi. Semoga semua do'a dan harapan Mamah, Allah SWT. kabulkan dan menjadi jalan kesuksesan penulis di masa depan. Selain itu, kepada nenek penulis (Emih Erus), kakak penulis (Neneng Nurhayati), dan keponakan penulis (Rayya Nuraisyah Aziz) yang selalu mendukung, mendo'akan, menyemangati, menghibur dan memotivasi penulis.

Tidak ada sesuatu yang dapat penulis berikan sebagai tanda terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan waktu, tenaga dan

pikirannya. Semoga pengorbanan yang telah diberikan oleh seluruh pihak dalam proses pembuatan skripsi ini dibalas dengan kebaikan oleh Allah SWT.

Tasikmalaya, Maret 2023  
Penyusun,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ade Sarah', written in a cursive style.

**Ade Sarah**  
**NPM. 182154097**

## DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN .....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH .....	ii
ABSTRAK .....	iii
<i>ABSTRACT</i> .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Definisi Operasional.....	5
1.4 Tujuan Penelitian .....	6
1.5 Kegunaan Penelitian.....	6
1.5.1 Kegunaan Teoritis .....	6
1.5.2 Kegunaan Praktis .....	7
BAB 2 TINJAUAN TEORETIS .....	8
2.1 Kajian Pustaka.....	8
2.1.1 Tinjauan Umum Tumbuhan Paku .....	8
2.1.1.1 Reproduksi dan Siklus Hidup Tumbuhan Paku .....	11
2.1.1.1.1 Spora sebagai Alat Reproduksi Tumbuhan Paku.....	11
2.1.1.1.2 Siklus Hidup Tumbuhan Paku .....	15
2.1.1.2 Klasifikasi Tumbuhan Paku .....	16
2.1.2 Tinjauan Umum Polypodiopsida.....	17
2.1.3 Klasifikasi .....	27
2.1.3.1 Klasifikasi Fenetik .....	28

2.1.3.2 Klasifikasi Filogenetik .....	30
2.1.4 Gunung Galunggung .....	34
2.1.5 Sumber Belajar Biologi.....	35
2.2 Hasil Penelitian yang Relevan .....	36
2.3 Kerangka Konseptual .....	37
2.4 Pertanyaan Penelitian .....	38
<b>BAB 3 PROSEDUR PENELITIAN .....</b>	<b>40</b>
3.1 Metode Penelitian.....	40
3.2 Ruang Lingkup Penelitian (Fokus Penelitian) .....	40
3.3 Sumber Data Penelitian.....	41
3.4 Langkah-langkah Penelitian.....	41
3.4.1 Tahap Persiapan .....	41
3.4.2 Tahap Pelaksanaan .....	45
3.4.3 Tahap Pengolahan Data.....	47
3.5 Teknik Pengumpulan Data.....	47
3.5.1 Teknik Pengambilan Data .....	47
3.5.2 Uji Keabsahan Data.....	49
3.6 Teknik Analisis Data.....	50
3.7 Waktu dan Tempat Penelitian .....	53
3.7.1 Waktu Penelitian .....	53
3.7.2 Tempat Penelitian.....	53
<b>BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>56</b>
4.1 Deskripsi Temuan Penelitian .....	56
4.1.1 Hasil Pengamatan Tumbuhan Paku Sejati (Polypodiopsida) di Kawasan Gunung Galunggung .....	56
4.1.2 Rekonstruksi Fenogram .....	94
4.1.3 Rekonstruksi Kladogram.....	107
4.2 Pembahasan.....	112
4.2.1 Pengelompokkan Tumbuhan Paku Sejati (Polypodiopsida) secara Fenetik.....	112

4.2.2 Pengelompokan Tumbuhan Paku Sejati (Polypodiopsida) secara Filogenetik.....	116
4.2.3 Persamaan dan Perbedaan Pola Pengelompokan Tumbuhan Paku Sejati (Polypodiopsida) berdasarkan Analisis Fenetik dan Filogenetik.....	117
4.3 Pemanfaatan Hasil Penelitian sebagai Sumber Belajar Biologi.....	121
BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN.....	123
5.1 Simpulan .....	123
5.2 Saran.....	123
DAFTAR PUSTAKA .....	125
LAMPIRAN.....	139

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1	Alat dan Bahan Penelitian .....43
Tabel 3.2	Lembar Observasi Pengamatan .....48
Tabel 3.3	Jadwal Kegiatan Pelaksanaan Penelitian.....54
Tabel 4.1	Daftar Tumbuhan Paku berdasarkan Stasiun Pengambilan Sampel56
Tabel 4.2	Karakter dan Status Karakter.....95
Tabel 4.3	<i>Matrix Data t x n</i> .....98
Tabel 4.4	<i>Matrix Data t x t</i> .....102
Tabel 4.5	Urutan Similaritas Tumbuhan Paku Sejati (Polypodiopsida) berdasarkan Nilai Jarak Gower .....104
Tabel 4.6	Total Initial <i>Eigenvalue</i> Komponen Utama.....105
Tabel 4.7	Komponen Utama Nilai Karakter Fenotipik Tumbuhan Paku Sejati (Polypodiopsida).....105
Tabel 4.8	Gen <i>rbcL</i> Tumbuhan Paku Sejati (Polypodiopsida) dari <i>Database</i> Nukleotida NCBI.....107
Tabel 4.9	Jarak Genetik Masing-masing Tumbuhan Paku Sejati (Polypodiopsida).....111



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Tipe <i>Rhizome</i> .....	9
Gambar 2.2 Perbedaan Daun Mikrofil dengan Daun Makrofil/Megafil .....	10
Gambar 2.3 Tipe <i>Fronde</i> .....	10
Gambar 2.4 Tipe-tipe Sporangia .....	11
Gambar 2.5 Variasi Letak Sporangia .....	12
Gambar 2.6 Tipe Apertura pada Spora.....	13
Gambar 2.7 Variasi Bentuk Spora.....	15
Gambar 2.8 Siklus Hidup Tumbuhan Paku.....	16
Gambar 2.9 Terminologi Daun Tumbuhan Paku .....	18
Gambar 2.10 <i>Fiddlehead</i> dan <i>Aerophore Line</i> pada <i>Pteris livida</i> .....	18
Gambar 2.11 Struktur Sporangium .....	19
Gambar 2.12 (a) Sorus dengan Indusium; (b) Indusium Palsu; (c) Akrostikoid...20	20
Gambar 2.13 Variasi Bentuk Indusium.....	20
Gambar 2.14 <i>Equisetum hyemale</i> .....	21
Gambar 2.15 <i>Christensenia aesculifolia</i> .....	22
Gambar 2.16 <i>Botrychium ternatum</i> .....	22
Gambar 2.17 <i>Psilotum nudum</i> .....	23
Gambar 2.18 <i>Cyathea medullaris</i> .....	24
Gambar 2.19 <i>Dicranopteris linearis</i> .....	24
Gambar 2.20 <i>Trichomanes javanicum</i> .....	25
Gambar 2.21 <i>Todea barbara</i> .....	25
Gambar 2.22 <i>Asplenium nidus</i> .....	26
Gambar 2.23 <i>Salvinia natans</i> .....	26
Gambar 2.24 <i>Lygodium circinnatum</i> .....	27
Gambar 2.25 Struktur Pohon Filogenetik.....	30
Gambar 2.26 Model-model Kladistik.....	31
Gambar 2.27 Gunung Galunggung .....	34
Gambar 3.1 Seminar Proposal.....	42

Gambar 3.2	Penjelajahan dan Pengambilan Sampel di Area Lokasi Penelitian .....	46
Gambar 3.3	Mendokumentasikan Sampel Tumbuhan Paku .....	46
Gambar 3.4	Pengamatan Spora masing-masing Tumbuhan Paku .....	47
Gambar 3.5	Lokasi Penelitian .....	53
Gambar 4.1	Diagram Venn Tumbuhan Paku Polypodiopsida di Kawasan Gunung Galunggung .....	57
Gambar 4.2	Morfologi <i>Angiopteris evecta</i> .....	59
Gambar 4.3	Struktur Sori/Sorus dan Spora <i>Angiopteris evecta</i> .....	60
Gambar 4.4	Morfologi <i>Cyathea contaminans</i> .....	62
Gambar 4.5	Struktur Sori/Sorus, Sporangium dan Spora <i>Cyathea contaminans</i> .....	63
Gambar 4.6	Morfologi <i>Alsophila spinulosa</i> .....	64
Gambar 4.7	Struktur Sori/Sorus, Sporangium dan Spora <i>Alsophila spinulosa</i> ...	65
Gambar 4.8	Morfologi <i>Dicranopteris linearis</i> .....	66
Gambar 4.9	Struktur Sori/Sorus, Sporangium dan Spora <i>Dicranopteris linearis</i> .....	67
Gambar 4.10	Morfologi <i>Sticherus truncatus</i> .....	68
Gambar 4.11	Struktur Sori/Sorus, Sporangium dan Spora <i>Sticherus truncatus</i> ...	69
Gambar 4.12	Morfologi <i>Asplenium nidus</i> .....	70
Gambar 4.13	Struktur Sori/Sorus, Sporangium dan Spora <i>Asplenium nidus</i> .....	71
Gambar 4.14	Morfologi <i>Christella arida</i> .....	73
Gambar 4.15	Struktur Sori/Sorus, Sporangium dan Spora <i>Christella arida</i> .....	74
Gambar 4.16	Morfologi <i>Pityrogramma calomelanos</i> .....	75
Gambar 4.17	Struktur Sori/Sorus, Sporangium dan Spora <i>Pityrogramma calomelanos</i> .....	76
Gambar 4.18	Morfologi <i>Pteris vittata</i> .....	77
Gambar 4.19	Struktur Sori/Sorus, Sporangium dan Spora <i>Pteris vittata</i> .....	78
Gambar 4.20	Morfologi <i>Haplopteris ensiformis</i> .....	79
Gambar 4.21	Struktur Sporangium dan Spora <i>Haplopteris ensiformis</i> .....	80
Gambar 4.22	Morfologi <i>Odontosoria chinensis</i> .....	81

Gambar 4.23 Struktur Sori/Sorus, Sporangium dan Spora <i>Odontosoria chinensis</i> .....	82
Gambar 4.24 Morfologi <i>Microsorium membranifolium</i> .....	83
Gambar 4.25 Struktur Sporangium dan Spora <i>Microsorium membranifolium</i> .....	84
Gambar 4.26 Morfologi <i>Aglaomorpha heraclea</i> .....	85
Gambar 4.27 Struktur Sori/Sorus, Sporangium dan Spora <i>Aglaomorpha heraclea</i> .....	86
Gambar 4.28 Morfologi <i>Davallia pentaphylla</i> .....	87
Gambar 4.29 Struktur Sori/Sorus, Sporangium dan Spora <i>Davallia pentaphylla</i> .....	88
Gambar 4.30 Morfologi <i>Nephrolepis brownii</i> .....	89
Gambar 4.31 Struktur Sori/Sorus, Sporangium dan Spora <i>Nephrolepis brownii</i> .....	90
Gambar 4.32 Morfologi <i>Nephrolepis biserrata</i> .....	91
Gambar 4.33 Struktur Sori/Sorus, Sporangium dan Spora <i>Nephrolepis biserrata</i> .....	92
Gambar 4.34 Morfologi <i>Blechnum orientale</i> .....	93
Gambar 4.35 Struktur Sori/Sorus, Sporangium dan Spora <i>Blechnum orientale</i> ..	94
Gambar 4.36 Fenogram.....	103
Gambar 4.37 <i>Scatter Plot</i> PCA Tumbuhan Paku Sejati (Polypodiopsida) .....	106
Gambar 4.38 Proses Alignment Sekuens Nukleotida yang Diperoleh dari NCBI.....	108
Gambar 4.39 Kladogram .....	110
Gambar 4.40 Pola Hasil Pengelompokkan Tumbuhan Paku Sejati secara Fenetik dan Filogenetik .....	118
Gambar 4.41 Desain Sampul dan Isi Buku Sumber Belajar .....	122

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Urutan Sekuens rbcL dalam format FASTA.....	139
Lampiran 2. Surat Keputusan Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan .....	152
Lampiran 3. Lembar Usulan Judul Penelitian.....	153
Lampiran 4. Surat Pernyataan Dewan Bimbingan Skripsi .....	154
Lampiran 5. Lembar Usulan Perubahan Judul Penelitian.....	155
Lampiran 6. Surat Pernyataan Dewan Bimbingan Skripsi (Perubahan Judul) ..	156
Lampiran 7. Lembar Usulan Perubahan Judul Penelitian ke-2.....	157
Lampiran 8. Surat Pernyataan Dewan Bimbingan Skripsi (Perubahan Judul ke-2).....	158
Lampiran 9. Lembar Usulan Perubahan Judul Penelitian ke-3.....	159
Lampiran 10. Surat Pernyataan Dewan Bimbingan Skripsi (Perubahan Judul ke-3).....	160
Lampiran 11. Kartu Bimbingan Proposal (Pembimbing 1).....	161
Lampiran 12. Kartu Bimbingan Proposal (Pembimbing 2).....	162
Lampiran 13. Keterangan Revisi Proposal .....	163
Lampiran 14. Kartu Bimbingan Skripsi (Pembimbing 1).....	164
Lampiran 15. Kartu Bimbingan Skripsi (Pembimbing 2).....	165
Lampiran 16. Keterangan Revisi Seminar Hasil Penelitian.....	166
Lampiran 17. Daftar Riwayat Hidup.....	167