

**IDENTIFIKASI LAMPENFLORA DAN ARTHROPODA DI GUA  
KAWASAN KARST TUBAN**

**SKRIPSI**



**Disusun Oleh:**

**MAFRUKHATUN NI'MAH  
NIM: H71219027**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL  
SURABAYA**

**2023**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Mafrukhatun Ni'mah

NIM : H71219027

Program Studi : Biologi

Angkatan : 2019

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "IDENTIFIKASI LAMPENFLORA DAN ARTHROPODA DI GUA KAWASAN KARST TUBAN". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 03 Juli 2023

Yang menyatakan



Mafrukhatun Ni'mah

NIM.H71219027

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**Identifikasi Lampenflora dan Arthropoda di Gua Kawasan  
Karst Tuban**

Diajukan Oleh:  
Mafrukhatun Ni'mah  
NIM: H71219027

Telah diperiksa dan disetujui  
di Surabaya, 12 Juni 2023

Dosen Pembimbing Utama



Nirmala Fitria Firdhausi, M. Si  
NIP. 198506252011012010

Dosen Pembimbing Pendamping



Saiful Bahri, M. Si  
NIP. 198804202018011002

## LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi Mafrukhatun Ni'mah ini telah dipertahankan  
di depan tim penguji skripsi  
di Surabaya, 03 Juli 2023

Mengesahkan,  
Dewan Penguji

Penguji I



Nirmala Fitria Firdhausi, M. Si  
NIP.198506252011012010

Penguji II



Saiful Bahri, M. Si  
NIP.198804202018011002

Penguji III



Drs. Abdul Manan, Mpd. I  
NIP. 197006101998031002

Penguji IV



Saiku Rokhim, M.KKK  
NIP.198612212014031001

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
IAIN Sunan Ampel Surabaya



  
A. Saepul Hamdani, M. Pd.  
NIP.196507312000031002



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA  
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300  
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : MAFRUKHATUN NI'MAH  
NIM : H71219027  
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI/BIOLOGI  
E-mail address : mafrukha58@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Sekripsi  Tesis  Desertasi  Lain-lain (.....)

yang berjudul :

IDENTIFIKASI LAMPENFLORA DAN ARTHROPODA DI GUA KAWASAN KARST TUBAN

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 14 Agustus 2023

Penulis

(Mafrukhatun Ni'mah)

## ABSTRAK

### IDENTIFIKASI LAMPENFLORA DAN ARTHROPODA DI GUA KAWASAN KARST TUBAN

Lampenflora adalah komunitas tumbuhan yang hidup didalam gua dengan adanya pencahayaan buatan. Arthropoda gua merupakan salah satu jenis arthropoda yang spesifik hanya menempati lingkungan di dalam gua. Modifikasi gua yang diberi penerangan lampu listrik dapat menyebabkan pertumbuhan organisme fotosintetik yaitu lampenflora. Identifikasi lampenflora dan arthropoda di gua kawasan karst Tuban belum banyak di teliti karena lingkungan gua yang tergolong ekstrim. Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi lampenflora dan arthropoda di gua kawasan karst Tuban. Metode pengambilan data lampenflora dilakukan dengan teknik purposive sampling yang dikombinasikan dengan metode jelajah dan dilakukan koleksi langsung pada sampel arthropoda. Penelitian dilakukan di 3 lokasi gua yaitu gua akbar, gua maharani dan gua landak pada bulan Oktober – November 2022. Hasil penelitian yang diperoleh sebanyak 11 spesies tumbuhan paku yang termasuk dalam 7 famili dan 7 spesies tumbuhan lumut yang termasuk dalam 5 famili serta arthropoda sebanyak 6 spesies dalam 5 famili yang berbeda. Hasil indeks keanekaragaman tumbuhan paku tertinggi pada lokasi Gua maharani  $H' = 1.73$  dan terendah di Gua landak  $H' = 1.21$ , kemerataan  $E = 0.83$  dan dominansi  $C = 0.42$ . Hasil indeks keanekaragaman tumbuhan lumut tertinggi pada lokasi Gua landak  $H' = 1.32$  dan terendah di Gua maharani  $H' = 0.6$ , kemerataan  $E = 0.95$  dan dominansi  $C = 0.58$ . Sedangkan hasil indeks keanekaragaman arthropoda tertinggi pada lokasi Gua landak  $H' = 1.29$  dan terendah di Gua akbar  $H' = 0.80$ , kemerataan  $E = 0.93$  dan dominansi  $C = 0.54$ .

**Kata kunci:** lampenflora, tumbuhan paku, tumbuhan lumut, keanekaragaman, gua, karst Tuban

## ABSTRACT

### IDENTIFICATION OF LAMPENFLORA AND ARTHROPODA IN CAVES IN THE TUBAN KARST AREA

Lampenflora is a community of plants that live in caves with artificial lighting. Cave arthropods are a specific type of arthropoda that only inhabits cave environments. Modification of caves that are illuminated by electric lights can cause the growth of photosynthetic organisms, namely lampenflora. Identification of lampenflora and arthropods in caves in the karst region of Tuban has not been studied much because the cave environment is classified as extreme. The purpose of this study was to identify lampenflora and arthropods in caves in the Tuban karst region. The lampenflora data collection method was carried out using a purposive sampling technique combined with the roaming method and direct collection of arthropod samples was carried out. The research was conducted in 3 cave locations, namely Akbar Cave, Maharani Cave and Landak Cave from October to November 2022. The research results obtained were 11 species of ferns belonging to 7 families and 7 species of moss plants belonging to 5 families and 6 arthropods. species in 5 different families. The results of the diversity index of ferns were highest at Maharani Cave  $H'=1.73$  and lowest at Landak Cave  $H'=1.21$ , evenness  $E=0.83$  and dominance  $C=0.42$ . The results of the highest moss diversity index were at Landak Cave  $H'=1.32$  and the lowest at Maharani Cave  $H'=0.6$ ,  $E=0.95$  evenness and  $C=0.58$  dominance. While the results of the highest index of diversity of arthropods at the location of Landak Cave  $H'=1.29$  and the lowest in Akbar Cave  $H'=0.80$ , evenness  $E=0.93$  and dominance  $C=0.54$ .

**Keywords:** lampenflora, ferns, mosses, diversity, caves, Tuban karst

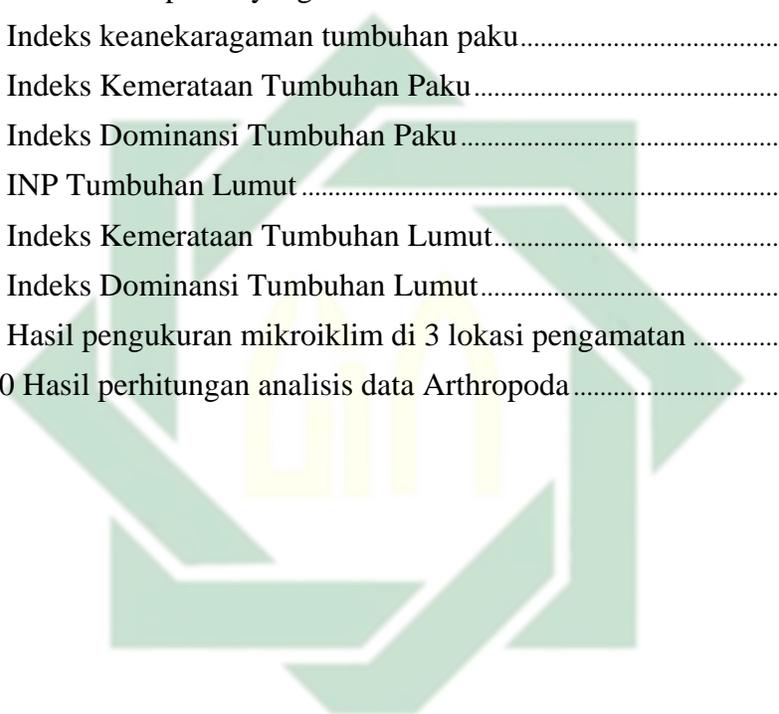
## DAFTAR ISI

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| HALAMAN SAMPEL .....                        | i                                   |
| HALAMAN JUDUL .....                         | ii                                  |
| LEMBAR PERSETUJUAN .....                    | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| LEMBAR PENGESAHAN .....                     | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| PERNYATAAN KEASLIAN .....                   | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| MOTTO .....                                 | vi                                  |
| LEMBAR PERSEMBAHAN .....                    | vii                                 |
| KATA PENGANTAR .....                        | viii                                |
| ABSTRAK .....                               | x                                   |
| DAFTAR ISI .....                            | xii                                 |
| DAFTAR TABEL .....                          | xiv                                 |
| DAFTAR GAMBAR .....                         | xv                                  |
| BAB I PENDAHULUAN .....                     | 1                                   |
| 1.1 Latar Belakang .....                    | 1                                   |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                   | 6                                   |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                 | 7                                   |
| 1.4 Manfaat Penelitian .....                | 7                                   |
| 1.5 Batasan Masalah .....                   | 7                                   |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....               | 9                                   |
| 2.1 Lampenflora .....                       | 9                                   |
| 2.2 Jenis-Jenis Lampenflora .....           | 11                                  |
| 2.2.1 Lumut .....                           | 13                                  |
| 2.2.2 Tumbuhan Paku-pakuan atau Pakis ..... | 14                                  |
| 2.3 Faktor Keberadaan Lampenflora .....     | 15                                  |
| 2.3.1 Intensitas cahaya .....               | 15                                  |
| 2.3.2 Substrat .....                        | 15                                  |
| 2.3.3 Kelembaban dan suhu .....             | 16                                  |
| 2.4 Karst .....                             | 16                                  |
| 2.5 Karst Tuban .....                       | 18                                  |
| 2.6 Gua .....                               | 18                                  |

|  |            |
|--|------------|
| 2.6.1 Gua Wisata.....  | 19         |
| 2.6.2 Gua Alami .....  | 22         |
| 2.7 Ekosistem Gua .....  | 23         |
| 2.8 Arthropoda Gua.....  | 24         |
| <b>BAB III METODOE PENELITIAN .....</b>                                  | <b>27</b>  |
| 3.1 Jenis Penelitian.....  | 27         |
| 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....                                    | 27         |
| 3.3 Alat dan Bahan Penelitian .....                                      | 28         |
| 3.4 Prosedur Penelitian.....   | 29         |
| 3.4.1 Pengambilan Sampel.....  | 29         |
| 3.4.2 Identifikasi Sampel .....  | 31         |
| 3.5 Analisis Data .....  | 32         |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>                                  | <b>35</b>  |
| 4.1 Hasil Identifikasi .....   | 35         |
| 4.2 Deskripsi Spesies yang diperoleh.....                                | 39         |
| 4.2.1 Lampenflora Jenis Tumbuhan Paku .....                              | 39         |
| 4.2.2 Lampenflora Jenis Tumbuhan Lumut .....                             | 53         |
| 4.2.3 Arthropoda.....  | 61         |
| 4.3 Hasil Analisis pada Lampenflora Jenis Tumbuhan Paku .....            | 69         |
| 4.4 Hasil Analisis pada Lampenflora Jenis Tumbuhan Lumut .....           | 77         |
| 4.5 Kondisi lingkungan gua (biotik abiotik) di Kawasan Karst Tuban ..... | 91         |
| 4.6 Hasil Analisis Data Arthropoda yang ditemukan.....                   | 94         |
| <b>BAB V PENUTUP.....</b>  | <b>101</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....   | 101        |
| 5.2 Saran.....   | 102        |
| Daftar Pustaka.....  | 103        |
| <b>LAMPIRAN .....</b>  | <b>113</b> |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian .....                      | 28 |
| Tabel 4.1 Jumlah spesies lampenflora yang ditemukan.....           | 35 |
| Tabel 4.2 Jumlah Atrophoda yang ditemukan .....                    | 37 |
| Tabel 4.3 Indeks keanekaragaman tumbuhan paku.....                 | 69 |
| Tabel 4.4 Indeks Kemerataan Tumbuhan Paku.....                     | 74 |
| Tabel 4.5 Indeks Dominansi Tumbuhan Paku .....                     | 76 |
| Tabel 4.6 INP Tumbuhan Lumut .....                                 | 84 |
| Tabel 4.7 Indeks Kemerataan Tumbuhan Lumut.....                    | 87 |
| Tabel 4.8 Indeks Dominansi Tumbuhan Lumut.....                     | 89 |
| Tabel 4.9 Hasil pengukuran mikroiklim di 3 lokasi pengamatan ..... | 91 |
| Tabel 4.10 Hasil perhitungan analisis data Arthropoda.....         | 94 |



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.1. Lampenflora .....                               | 10 |
| Gambar 2.2 Lampenflora Jenis Lumut.....                     | 14 |
| Gambar 2.3 Lampenflora Jenis Tumbuhan Paku.....             | 15 |
| Gambar 2.4 Gua Maharani.....                                | 21 |
| Gambar 2.5 Gua Akbar .....                                  | 21 |
| Gambar 2.6 Pembagian zonasi gua .....                       | 22 |
| Gambar 2.7 Jejaring Makanan dalam Ekosistem Gua.....        | 23 |
| Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian .....                     | 28 |
| Gambar 3.2 Skema Jalur Pengambilan Sampel lumut di Gua..... | 30 |
| Gambar 4.1 <i>Neprholepis exaltata</i> .....                | 39 |
| Gambar 4.2 <i>Asplenium nidus</i> .....                     | 40 |
| Gambar 4.3 <i>Phymatosorus scolopendria</i> .....           | 42 |
| Gambar 4.4 <i>Adiantum lunulatum</i> .....                  | 43 |
| Gambar 4.5 <i>Nephrolepis cordifolia</i> .....              | 44 |
| Gambar 4.6 <i>Pteris vittata</i> .....                      | 46 |
| Gambar 4.7 <i>Anogramma leptophylla</i> .....               | 47 |
| Gambar 4.8 <i>Microlepia speluncae</i> .....                | 48 |
| Gambar 4.9 <i>Christella parasitica</i> .....               | 49 |
| Gambar 4.10 <i>Phegopteris connectillis</i> .....           | 51 |
| Gambar 4.11 <i>Dryopteris carthusiana</i> .....             | 52 |
| Gambar 4.12 <i>Dicranium scoparium</i> .....                | 53 |
| Gambar 4.13 <i>Haplomitrium mnioides</i> .....              | 54 |
| Gambar 4.14 <i>Hyophila javanica</i> .....                  | 56 |
| Gambar 4.15 <i>Fissidens schmidi</i> .....                  | 57 |
| Gambar 4.16 <i>Barbula ferruginascens</i> .....             | 58 |
| Gambar 4. 17 <i>Lunularia cruciata</i> .....                | 59 |
| Gambar 4.18 <i>Barbula indica</i> .....                     | 60 |
| Gambar 4.19 <i>Pholcus phalangiodes</i> .....               | 61 |
| Gambar 4.20 <i>Heteropoda venetoria</i> .....               | 63 |
| Gambar 4.21 <i>Eurycotis floridana</i> .....                | 64 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 4.22 <i>Sibianor larae</i> .....                 | 65 |
| Gambar 4.23 <i>Periplaneta americana</i> .....          | 66 |
| Gambar 4.24 <i>Nephilengys malabarensis</i> .....       | 68 |
| Gambar 4.25. Indeks keanekaragaman Tumbuhan paku .....  | 70 |
| Gambar 4.26. Bagian pintu masuk atau mulut gua.....     | 72 |
| Gambar 4.27. Mulut Gua landak.....                      | 73 |
| Gambar 4.28. Indeks Keanekaragaman Tumbuhan Lumut ..... | 78 |



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Kawasan karst adalah bentang alam yang tersusun dari batuan karbonat atau batu gamping. Kawasan karst terbentuk dalam waktu yang sangat lama. Kawasan karst terbentuk karena proses pelarutan batuan gamping sehingga menghasilkan bentuk yang unik. Hasil bentukan unik tersebut dapat terjadi diatas permukaan (exokarst) dan di bawah permukaan (endokarst). Karst selain tersusun atas batuan karbonat juga tersusun atas batuan lain seperti gypsum yang mudah larut dan batuan asin. Tanah di kawasan karst umumnya tersusun atas dolomit  $\text{CaMg}(\text{COO}_3)_2$  dan batuan karbonat yang dimana bersifat kurang mendukung keberadaan air di permukaan (Setyowati dan Junaidi, 2016).

Kawasan karst tidak jauh dengan keberadaan gua yang dimana adanya gua ini berfungsi sebagai salah satu indikator perkembangan bentuk dari lahan karst (Aprilia *et al.*, 2021). Salah satu ciri dari kawasan karst adalah keberadaan gua yang terbentuk dari batuan gamping dibawah tanah berupa ruangan-ruangan yang termasuk hasil dari proses pelarutan oleh air ataupun geologi pada suatu daerah (Uca dan Angriani, 2018).

Allah SWT menciptakan gua untuk manusia agar lebih mengenal alam atas kebesarannya melalui tafakkur alam sebagaimana yang dilakukan oleh Rasulullah SAW yang berdiam diri dan menghabiskan waktunya di gua. Allah menurunkan wahyu Al-Qur'an dengan tujuan agar hambanya (manusia) semakin

mengenal Rabb-Nya dengan meneliti dan mempelajari fenomena alam seperti gua yang telah di ciptakan, sebagaimana firmannya dalam Surah Al- Baqarah [2]; 164 (Sundari, 2019):

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَالْفُلْكِ الَّتِي تَجْرِي فِي الْبَحْرِ بِمَا يَنْفَع النَّاسَ وَمَا أَنْزَلَ اللَّهُ مِنْ السَّمَاءِ مِنْ مَاءٍ فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ وَتَصْرِيفِ الرِّيْحِ وَالسَّحَابِ الْمُسَخَّرِ بَيْنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ يَعْقِلُونَ

*Artinya: Sesungguhnya pada penciptaan langit dan bumi, pergantian malam dan siang, kapal yang berlayar di laut dengan (muatan) yang bermanfaat bagi manusia, apa yang diturunkan Allah dari langit berupa air, lalu dengan itu dihidupkan-Nya bumi setelah mati (kering), dan Dia tebarkan di dalamnya bermacam-macam binatang, dan perkisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi, (semua itu) sungguh, merupakan tanda- tanda (kebesaran Allah) bagi orang-orang yang mengerti.*

Dalam tafsir Jalalayn yang menyebutkan bahwa sesungguhnya keajaiban-keajaiban yang terdapat pada penciptaan langit dan bumi serta pergantian malam dan siang, tinggi dan luasnya langit yang nampak dengan segala hal-hal yang menabjukkan lainnya dan diatur sedemikian rupa untuk maslahat manusia. Allah SWT telah menyiapkan bumi itu dengan segala isinya yang dibutuhkan oleh makhluknya. Hal tersebut menunjukkan akan kesempurnaan dan keesaan Allah SWT bagi kaum yang memikirkan serta merenungkan akan kebesaran-Nya yakni dengan cara mempelajari fenomena alam yang ada di gua.

Salah satu ciri khas gua yaitu memiliki lorong-lorong atau ruangan yang gelap tidak memiliki cahaya alami di dalamnya, keberadaan cahaya tersebut

menjadikan faktor pembatas bagi banyak spesies sehingga hanya beberapa flora fauna saja yang dapat bertahan hidup di lingkungan ekstrem tersebut (Culver & White, 2012; Kurniawan *et al.*, 2018). Flora alami yang dapat hidup dikondisi ekstrem yaitu tumbuhan paku-pakuan dan rerumputan yang terdapat pada mulut Gua atau zona terang, tumbuhan lumut (*Amblystegium serpens* dan *Tortella tortuosa*) yang terdapat pada zona remang dan pada zona gelap gua hanya mendukung pertumbuhan alga dan jamur (Nicolic *et al.*, 2020).

Pemanfaatan gua liar atau alami dalam beberapa dekade terakhir ini telah banyak diubah menjadi gua pertunjukan atau gua wisata karena keindahan alamnya seperti gua yang ada di kawasan karst Tuban yaitu Gua Maharani dan Gua Akbar. Gua pertunjukan diperlukan pemasangan lampu yang berfungsi sebagai penerang dan kenyamanan bagi para pengunjung sehingga gua tidak lagi gelap yang nantinya dapat meningkatkan daya tarik gua (Cigna, 2021; Kurniawan *et al.*, 2018).

Gua-gua pertunjukan di Indonesia kebanyakan menggunakan infrastruktur seperti lampu listrik, trotoar beton dan blower (kipas angin besar) (Kurniawan *et al.*, 2018). Modifikasi gua yang diberi penerangan lampu listrik pada lorong-lorong gua dapat menyebabkan pertumbuhan organisme fotosintetik yaitu lampenflora (Mazina and Kozlova, 2018). Pertumbuhan organisme fotosintetik di gua dapat menyebabkan beberapa kerusakan salah satunya mengubah tipikal ekosistem gua seperti arthropoda yang memakan tumbuhan yang awalnya arthropoda tersebut memakan guano kelelawar (Falasco *et al.*, 2014 ; Kurniawan *et al.*, 2018).

Arthropoda gua adalah salah satu jenis arthropoda yang spesifik hanya menempati lingkungan di dalam gua. Meskipun kondisi yang khas di dalam gua yakni dengan tidak adanya cahaya dan kelembaban yang relatif tinggi ini masih ditemukan kehidupan, salah satunya arthropoda. Arthropoda memiliki peran penting di dalam ekosistem gua dan komponen dalam rantai makanan. Beberapa jenis arthropoda yang ditemukan di gua yaitu *Araneida* sp, *Heteropoda* sp, *Blattidae* sp, *Rhaphidophora* sp, *Diptera* sp dan *Tricoptera* sp (Kamal et al, 2011).

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa salah satu ancaman utama pada keanekaragaman hayati dan ekosistem gua adalah kehadiran lampenflora khususnya bagi fauna gua karena dapat mendatangkan spesies luar gua. Spesies luar gua yang masuk dapat mengganggu fauna khas gua yang mengakibatkan terdesaknya fauna dan dapat mempercepat kepunahan fauna gua. Begitu pun pada penelitian Kurniawan *et al* (2018) tentang keberadaan lampenflora seiring dengan turunnya populasi Arthropoda sebagai dekomposer dengan meningkatnya Arthropoda predator pada gua wisata yang memiliki lampenflora.

Menurut Nicolic *et al* (2020), lampfenlora atau flora lampu ini mencakup banyak organisme seperti cyanobacteria, alga, lumut, jamur dan paku-pakuan. Adanya pemasangan lampu tersebut dapat mengubah nilai suhu dan kelembapan udara di dalam gua yang akhirnya memicu tumbuhnya organisme fototrofik (Dobat, 1998; Mazina dan Severn, 2007; Nicolic *et al* 2020). Umumnya, ekosistem gua dimulai dari guano sebagai makanan arthropoda tetapi

adanya peralihan manfaat gua alami menjadi gua wisata dapat menjadikan arthropoda gua memakan tumbuhan yang tumbuh akibat adanya pencahayaan buatan. Selain itu, adanya penerangan lampu juga dapat mendatangkan arthropoda eksternal masuk ke gua untuk memakan tumbuhan tersebut (Burgoyne *et al.*, 2021).

Menurut Thompson (2019) di dalam Burgoyne *et al* (2021) mengemukakan bahwa komunitas lampenflora yang tumbuh di dinding gua atau batu sering memiliki perbedaan dengan komunitas yang ditemukan di permukaan dan begitu juga dengan mikroba tanah yang berbeda dengan mikroba permukaan terdekat. Namun, penelitian tersebut berhipotesis bahwa lampenflora di gua yang di kaji mencerminkan keragaman dari gua liar terdekatnya. Hipotesis mereka berbanding terbalik dengan hasil yang diperoleh yakni komunitas lampenflora (termasuk jamur) Ascomycotes lebih beragam dan berbeda jenisnya dengan jamur di gua liar terdekatnya. Perbedaan tersebut terjadi karena pada gua wisata terdapat ribuan manusia yang memasuki gua dan menyebabkan komunitas biologis berubah (Burgoyne *et al.*, 2021). Gua-gua di dunia yang diberi penerangan lampu listrik saat ini sudah banyak yang diawali dari Gua Luray Amerika Serikat pada tahun 1881 (Estevez *et al.*, 2019).

Identifikasi lampenflora termasuk penelitian yang masih sedikit dilakukan di Indonesia karena lingkungan gua yang tergolong sulit. Berdasarkan penelitian Castello (2014) menemukan 16 spesies lumut yaitu *Eucladium verticillatum*, *Fissidens bryoides*, *Oxyrrhynchium schleicheri*, *Rhynchostegiella tenella*, *Funaria hygrometrica*, *Tortula muralis*, *Barbula*

*unguiculata* dan 2 tumbuhan pakis yaitu *Asplenium trichomanes* L. dan *Asplenium scolopendrium* L. Mazina dan Kozlova (2018) memperoleh hasil identifikasi 17 spesies cyanobacteria dan alga, 12 spesies lumut serta 19 jamur mikro. Spesies cyanobacteria yang paling dominan yaitu *Gloecapsa compota* dan *Chroococcus minutus*, spesies lumut tertinggi yakni *Fissidens taxiflous* dan *Brachythecium tommasini* serta spesies jamur yang mendominasi komunitas lampenflora yaitu *P. chrysogenum*, *P. purpurascens* dan *Trichoderma sp.* Penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui lampenflora jenis tumbuhan apa saja yang tumbuh di gua yang akan menyebabkan beberapa dampak negatif terhadap lingkungan gua. Pengembangan gua alami menjadi gua wisata di Indonesia sudah cukup banyak, oleh karena itu perlu perhatian bagi masyarakat setempat untuk melakukan pengolahan yang lebih baik untuk konservasi gua wisata. Hal lain yang menjadikan kawasan karst Tuban sebagai lokasi penelitian adalah karst Tuban tersebut termasuk kawasan karst terpanjang kedua dan tertua di Jawa setelah kawasan karst Gunungsewu yang terletak di bagian selatan Kabupaten Gunung Kidul yang memanjang sampai Pacitan Jawa Timur (Priambada, 2018). Selain itu, kawasan karst Tuban juga masih langka untuk penelitian yang mengenai identifikasi lampenflora di gua wisata.

## 1.2 Rumusan Masalah

- a. Apa saja jenis-jenis lampenflora yang teridentifikasi di gua kawasan karst Tuban?
- b. Bagaimana keanekaragaman lampenflora di gua kawasan karst Tuban?

- c. Apa saja jenis-jenis arthropoda yang ditemukan di gua kawasan karst Tuban?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

- a. Mengetahui jenis-jenis lampenflora yang telah teridentifikasi di gua kawasan karst Tuban
- b. Mengetahui keanekaragaman lampenflora yang ada di gua kawasan karst Tuban
- c. Mengetahui jenis-jenis arthropoda yang ditemukan di gua kawasan karst Tuban

### **1.4 Manfaat Penelitian**

- a. Manfaat bagi peneliti  
 Menginformasikan dan menyajikan data mengenai taksonomi lampenflora dan arthropoda yang terdapat di gua kawasan karst Tuban
- b. Manfaat bagi pembaca  
 Menambah informasi ilmu pengetahuan tentang lampenflora dan arthropoda yang terdapat di gua kawasan karst Tuban
- c. Manfaat bagi para peneliti lain  
 Sebagai bahan rujukan untuk penelitian lebih lanjut mengenai jenis-jenis lampenflora dan arthropoda yang ada di gua kawasan karst Tuban

### **1.5 Batasan Masalah**

- a. Pengambilan sampel lampenflora yang dilakukan hanya di dua gua wisata Kawasan Karst Tuban yakni Gua Maharani di lokasi jl. Raya Paciran,

Kecamatan Paciran Kabupaten Lamongan dan Gua Akbar di lokasi Desa Gedongombo, Kecamatan Semanding Kabupaten Tuban serta Gua Landak di lokasi Desa Pucak Wangi Kecamatan Babat Kabupaten Lamongan Jawa Timur.

- b. Identifikasi hanya dilakukan pada lampenflora yang berjenis tumbuhan seperti lumut dan tumbuhan paku-pakuan atau pakis.
- c. Identifikasi arthropoda dilakukan di dalam lokasi Gua akbar, Gua maharani dan Gua landak
- d. Lokasi hanya dilakukan di Kecamatan Babat dan Kecamatan Paciran yang terletak di Kabupaten Lamongan serta di Kecamatan Semanding yang terletak di Kabupaten Tuban yang termasuk dari kawasan Karst Tuban Jawa Timur

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Lampenflora

Lampenflora adalah tumbuhan organisme yang hidup didalam gua dengan adanya pencahayaan buatan. Kata lampenflora pertama kali dikemukakan oleh Dobat (1969) dengan istilah awal “flora lampu” yang berarti flora yang hidup di area pencahayaan lampu. Lampenflora telah digunakan secara internasional untuk mengidentifikasi adanya fenomena di gua (Estevez *et al.*, 2019). Gua yang diberi penerangan lampu diawali dari gua Luray di Amerika Serikat pada tahun 1881 kemudian diikuti gua postojna di Slovenia pada tahun 1884 (Esteves *et al.*, 2019). Gua alami di Indonesia yang dikembangkan menjadi gua wisata tentunya perlu pemasangan beberapa infrastuktur seperti lampu, trotoar beton dan blower yang agar para pengunjung merasa nyaman dan aman ketika di dalam gua (Cigna, 2011; Kurniawan *et al.*, 2018). Keberadaan lampu di gua dapat mengubah nilai suhu dan kelembapan gua yang menjadikan organisme fototrof berkembang di substrat gua (Mulec and Kosi, 2009).

Organisme fotosintetik yang mendominasi umumnya adalah tumbuhan tingkat rendah (Cryptogamae) seperti lumut kerak (*Lichenes*), mikroalga, jamur, tumbuhan lumut dan tumbuhan paku. Organisme tersebut hidup dengan cara menempel pada permukaan ornament gua yang terletak di sekitar lampu dan dapat bertahan hidup di substrat gua yang keras dan juga miskin hara

(Kurniawan dan Rahmadi, 2019). Menurut Cigna (2012) mengungkapkan bahwa keberadaan jenis lampenflora awalnya disusun oleh alga kemudian diikuti lumut, paku-pakuan dan terkadang terdapat tumbuhan berpembuluh. Beberapa jenis organisme dapat berkembang biak di sekitar cahaya berkat energi yang dilepaskan oleh lampu di gua wisata. Selain itu, di gua alami yang gelap gulita tidak menutup kemungkinan tidak ditumbuhi oleh organisme seperti alga, jamur dan lumut.



Gambar 2.1. Lampenflora  
(Castello, 2014)

Lampenflora berkembang lebih banyak dengan penerangan yang terus menerus daripada terhadap penerangan jangka pendek dalam waktu yang sama dikarenakan tanaman membutuhkan waktu dan energi untuk adaptasi pada fase terang dan gelap (Alay, 2004; Cigna *et al.*, 2012). Penerangan yang dihasilkan lampu tentunya memiliki intensitas cahaya yang berbeda-beda. Intensitas lampu yang rendah dapat memperlambat pertumbuhan lampenflora (Gume, 1994; Mulec and Kosi, 2009). Cahaya yang dihasilkan lampu LED kuning dengan intensitas cahaya 49,5 lux dapat mencegah pertumbuhan lampenflora kurang lebih selama 1,5 tahun setelah penghapusan lampenflora.

Warna lampu juga dapat mempengaruhi cepat lambatnya perkembangan lampenflora. Penerangan lampu berwarna hijau kemungkinan dapat menjadi penghambat pertumbuhan lampenflora daripada lampu dengan penerangan warna putih, karena intensitas cahaya yang dihasilkan lampu berwarna hijau lebih rendah daripada warna putih (Rolda'n *et al.*, 2006). Menurut Zulviana *et al* (2020) mengemukakan apabila intensitas cahaya tinggi maka laju fotosintesis tumbuhan juga tinggi karena banyaknya cahaya yang diserap, begitupun jika intensitas cahaya rendah maka laju fotosintesis juga lambat. Selain dari ukuran intensitas cahaya dan warna lampu, lampenflora juga dapat berkembang lambat dengan menggunakan mode pencahayaan yang tersebar, seperti pada Rumah Sakit dengan pasien penyakit paru yang menggunakan speleotherapy.

## 2.2 Jenis-Jenis Lampenflora

Lampenflora mencakup beberapa tumbuhan tingkat rendah terutama tumbuhan lumut dan tumbuhan paku (Kurniawan dan Rahmadi, 2019). Menurut Fitria (2020) persebaran tumbuhan di dunia sekitar 250.000 – 400.000 jenis dengan tumbuhan jenis lumut mencapai 30.000 dan tumbuhan paku-pakuan mencapai 10.000 jenis. Keanekaragaman flora merupakan salah satu aspek penting dalam lingkungan dan memiliki peran penting dalam ajaran Islam dalam surah az-Zumar [39]; 21:

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَلَكَهُ يَنْبِيعَ فِي الْأَرْضِ ثُمَّ يُخْرِجُ بِهِ زَرْعًا مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهُ ثُمَّ يَهِيَجُ فَتَرَاهُ  
مُصْفًى ثُمَّ يُجْعَلُهُ حُطَامًا إِنَّ فِي ذَلِكَ لَذِكْرًا لِأُولِي الْأَلْبَابِ

*Artinya: Apakah engkau tidak memperhatikan, bahwa Allah menurunkan air dari langit, lalu diaturnya menjadi sumber-sumber air di bumi, kemudian dengan air itu ditumbuhkan-Nya tanam-tanaman yang bermacam-macam warnanya, kemudian menjadi kering, lalu engkau melihatnya kekuning-kuningan, kemudian dijadikan-Nya hancur berderai-derai. Sungguh, pada yang demikian itu terdapat pelajaran bagi orang-orang yang mempunyai akal sehat.*

Menurut Tafsir Muyassar dari ayat diatas menunjukkan bahwa sesungguhnya Allah SWT menurunkan hujan dari langit, lalu dia memasukkannya ke dalam tanah, menjadikannya mata air yang memancar dan air yang mengalir, menumbuhkan tanaman yang beraneka ragam jenis dan warnanya, kemudian mengering setelah ia hijau segar menjadi kuning dan Allah menjadikan kayu bakar yang lapuk itu hancur? Sesungguhnya hal itu merupakan peringatan dan nasihat bagi orang-orang yang memiliki akal yang selamat. Segala hal yang diciptakan oleh-Nya akan menunjukkan kekuasaan dan kebesaran Allah SWT.

Ayat diatas telah menyebutkan bahwa Allah SWT telah menciptakan segala sesuatu dengan jumlah yang cukup banyak seperti jenis tumbuhan dan hewan yang sangat beragam. Kita sebagai manusia memiliki keterbatasan daya ingat untuk mengetahui seluruh jenis flora fauna dengan jumlah yang besar. Adanya perbedaan ukuran, bentuk tubuh dan warna dari makhluk hidup tersebut yang menjadikan perbedaan satu sama lain dan menyebabkan adanya keanekaragaman untuk dipelajari.

Lampenflora yang mencakup banyak organisme seperti lumut, alga, cyanobacteria, jamur dan tumbuhan paku. Tumbuhan lumut dan paku-pakuan

merupakan organisme yang mendominasi dari jenis-jenis lampenflora di dalam gua. Adapun jenis tumbuhan yang dapat disebut sebagai lampenflora sebagai berikut:

### 2.2.1 Lumut

Lumut (bryophyta) adalah kelompok tumbuhan tingkat rendah yang terdiri dari rizoid, batang dan sporangium. Umumnya tumbuhan lumut hidup dengan cara menempel pada substrat seperti bebatuan, kayu lapuk dan pohon. Klasifikasi lumut dibedakan dalam 3 kelas yaitu Kelas Hepaticae (lumut hati), Kelas Musci (lumut daun) dan Kelas Anthoceroate (lumut tanduk) (Fitria, 2020). Pada penelitian Castello (2019) menemukan beberapa spesies lumut yaitu spesies *Amblystegium serpentus*, *Barbula unguiculata*, *Fissidens bryoides*, *Bryum sp.*, *Didymodon vinealis*, *Funaria hygrometrica*, *Eucladium verticillatum*, *Hygroamblystegium varum*, *Orthothecium incriatum*, *Oxyrrhynchium incriatum*, *Ptychostomum pallens*, *Rhynchostegiella*, *Tortulla muralis* dan *Weissia sp.* Kemudian pada penelitian yang dilakukan Nicolie et al (2020) menemukan tumbuhan lumut yaitu *Amblystegium serpens* dan *Tortella tortuosa*. Rao pada penelitiannya juga menemukan lampenflora jenis lumut yaitu dari family Funariaceae (*Funaria leptoda* dan *Funaria hygrometrica*), Polytrichaceae (*Polytrichum alpinum* dan *Polytrichum cymbifolium*) dan Spagnaceae (*Sphagnum sp.*)



Gambar 2.2 Lampenflora Jenis Lumut  
(Dokumentasi Pribadi, 2022)

### 2.2.2 Tumbuhan Paku-pakuan atau Pakis

Tumbuhan paku yang merupakan salah satu jenis lampenflora kebanyakan tumbuh di pintu masuk gua yang dekat dengan sumber cahaya matahari, tetapi di dalam gua juga dapat ditemukan beberapa spesies pterydophyta yaitu *Hemionitis arifolia*, *Selaginella sp.*, *Lygodium flexiosim* dan *Lygodium scandes* (Rao, 2016). Tumbuhan paku telah memiliki kormus yakni terdapat akar, batang, daun sejati dan memiliki xylem floem (Ulf, 2017; Andlini *et al.*, 2021). Habitat tumbuhan ini yaitu di berbagai tempat yang lembab dan biasanya hidup di permukaan batu, tanah dan pohon. Beberapa tumbuhan paku dapat hidup hingga mencapai tinggi 1,5 meter seperti pada marga *Cyathea* dan *Alsophila* (Tjitrosoepomo, 2011 ; Andlini *et al.*, 2021). Pada penelitian Castello 2014 telah ditemukan tumbuhan pakis yaitu Pakis prothallus, *Asplenium trichomanes* L. dan *Asplenium scolopendrium* L. Tumbuhan-tumbuhan tersebut adalah sekelompok tumbuhan yang persebarannya hampir merata di seluruh dunia khususnya di daerah tropis lembab.



Gambar 2.3 Lampenflora Jenis Tumbuhan Paku  
(Dokumentasi Pribadi, 2022)

## 2.3 Faktor Keberadaan Lampenflora

### 2.3.1 Intensitas cahaya

Faktor utama yang mempengaruhi keberadaan lampenflora adalah arus udara lokal yang dihasilkan oleh udara hangat di dekat lampu. Intensitas cahaya yang dihasilkan tiap lampu berbeda-beda. Lampenflora dapat berkembang cepat dengan intensitas cahaya yang tinggi seperti pada cahaya biru dan merah yang dapat menjadikan laju fotosintesis konstan (Fajariyanti dan Handoko, 2013). Namun intensitas cahaya yang dibutuhkan lumut harus optimal, tidak terlalu rendah dan tidak terlalu tinggi. Apabila intensitas cahaya sangat tinggi akan berdampak pada kematian individunya (Fitria, 2020).

### 2.3.2 Substrat

Substrat merupakan salah satu bagian penting kehidupan lumut karena substrat adalah tempat mereka hidup dengan cara menempel. Substrat kasar pada gua memiliki komunitas lampenflora yang lebih tinggi daripada

substrat gua yang halus. Permukaan yang kasar memiliki pori-pori besar sehingga lumut dapat tempat menumbuhkan sporanya beserta mineral didalamnya dengan baik (Fitria, 2020)

### 2.3.3 Kelembaban dan suhu

Kelembaban didalam gua umumnya berkisar 80% - 90% suhu 24<sup>o</sup> - 29<sup>o</sup>C (Atmoko, 2013). Keberadaan lampenflora terutama jenis lumut membutuhkan kelembaban yang cukup tinggi antara 70% -98% dan suhu rendah sekitar 10<sup>o</sup>-30<sup>o</sup>C (Fitria, 2020).

## 2.4 Karst

Karst adalah suatu daerah yang tersusun atas batuan gamping ( $\text{CaCO}_3$ ) dengan sifat mudah larut dan proses terbentuknya sangat lama. Pelarutan pada batuan gamping di kawasan karst akan membentuk bentang alam yang unik. Bentukan yang unik hasil pelarutan tersebut terjadi di permukaan (eksokarst) dan didalam permukaan (endokarst) (Nugroho *et al.*, 2020). Akibat proses pelarutan tadi terbentuklah system perguaan (Cave system) yaitu lorong-lorong secara vertikal dan horizontal dengan bermacam-macam variasi ukuran dan bentuk yang saling terhubung sebagai bentukan endokarst. Keberadaan bukit-bukit karst yang mengkerucut maupun kubah dan lembah termasuk bentukan dari eksokarst.

Kawasan karst memiliki khas tersendiri yaitu tanahnya yang kurang mampu menyerap air dan memiliki system drainase di bawah tanah (Nugroho *et*

al., 2020). Menurut Bogli (1980) di dalam Aini (2021) telah mendefinisikan bahwa bentang alam karst umumnya didominasi oleh perbukitan yang menyerupai tempurung kelapa yang terbagi menjadi dua yaitu erosi dan lembah yang terkurung antara bentukan bukit dan lembah hasil dari proses pelarutan. Biasanya lembah kawasan karst tertutupi oleh permukaan tanah yang berwarna coklat kemerahan.

Kawasan karst banyak dirusak oleh tangan manusia yang tidak bertanggung jawab untuk kepentingan pribadi atau kelompok dan mengakibatkan kawasan karst mengalami tanah longsor dan tanah yang ambles. Hal ini dijelaskan di dalam firman Allah SWT Qs. Ar-Ruum [30]; 41:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

*Artinya: Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).*

Dari ayat tersebut dalam tafsir Quraish Shihab dijelaskan telah tampak adanya kerusakan di darat yang dilakukan tangan manusia dan mengakibatkan gangguan keseimbangan lingkungan seperti kekeringan dan kebakaran. Kerusakan tersebut akan berimbas kepada mereka sendiri karena Allah telah menghendaki dengan menghukum manusia di dunia agar mereka sadar dan senantiasa bertaubat dari segala macam bentuk kemaksiatan.

## 2.5 Karst Tuban

Kabupaten Tuban merupakan kota yang memiliki banyak gua sehingga diberi julukan sebagai kota seribu gua. Batuan gamping yang merupakan mayoritas struktur geologi Kota Tuban yang terdapat banyak gua didalamnya dan dikenal dengan kawasan karst atau daerah karst. Kota Tuban termasuk dalam zona Rembang atau pegunungan Kendeng Utara yang tersusun atas batuan gamping juga (Fatah, 2020). Berdasarkan letaknya, keberadaan Kota Tuban ada dalam cekungan Jawa Timur pada bagian utara dan kemungkinan memiliki bermacam-macam sumberdaya mineral, salah satunya yaitu batuan gamping atau batuan kapur. Batuan kapur di Kota Tuban telah tersebar luas salah satunya di Kecamatan Semanding yang terdapat Gua Akbar didalamnya sebagai gua wisata (Rifanuddin, 2018). Gua-gua di Kawasan Karst Tuban memiliki khas sebagai pemukiman gua di daerah pantai seperti ditemukannya kerang, baik sebagai sisa makanan (ekofak) ataupun artefak (Wibowo *et al.*, 2020).

Kawasan karst memiliki 2 jenis karst yang berdasarkan perkembangannya yaitu merokarst dan holokarst. Karst Tuban pada Kecamatan Rengel merupakan merokarst di Indonesia karena berkembang pada batu gamping yang relative tipis dan tidak murni, terutama bila batugamping diselingi lapisan napal (Haryono dan Adji, 2017).

## 2.6 Gua

Gua adalah suatu tempat yang tidak ada cahaya, umumnya terletak di

dalam tanah yang membentuk lorong-lorong dan terbentuk secara alami. Lorong-lorong gua dapat dimasuki oleh manusia dengan jarak tertentu. Beberapa ahli ekologi gua telah mendefinisikan bahwa gua adalah celah atau lubang di dalam tanah yang memiliki kondisi lingkungan gelap yakni mendukung kehidupan berbagai jenis makhluk hidup, misalnya kelelawar dan merupakan tempat yang terbentuk secara alami dengan waktu yang sangat lama (Moldovan *et al.*, 2018 : Kurniawan dan Rahmadi, 2019.). Secara umum, gua di Indonesia dibagi menjadi dua kategori besar yaitu gua wisata atau pertunjukan dan gua alami:

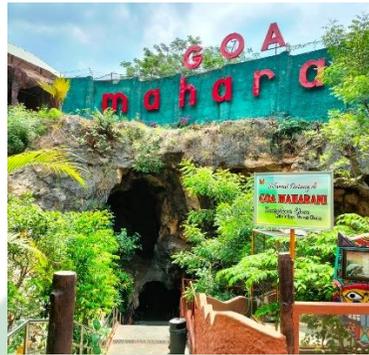
#### 2.6.1 Gua Wisata

Indonesia saat ini telah memiliki gua wisata yang menyebar di berbagai Kabupaten yang memiliki kawasan karst seperti Kabupaten Tuban, Pacitan, Malang Selatan dan Gunungkidul. Suhardjono dan Ubaidillah (2012) di dalam Kurniawan dan Rahmadi (2019) telah mendefinisikan bahwa gua merupakan lubang yang terbentuk secara alami pada batuan dengan waktu lama dan tidak ada cahaya sama sekali didalamnya. Gua wisata merupakan gua-gua alami yang diolah atau diubah menjadi objek wisata untuk kepentingan komersial. Secara tidak langsung fauna gua seperti kelelawar dan amblypigi terganggu dengan adanya peralihan manfaat gua tersebut. Adanya peralihan tersebut tentunya gua wisata dilengkapi dengan berbagai fasilitas seperti lampu dan blower (kipas angin besar) untuk kenyamanan dan menjamin keamanan serta sebagai daya tarik gua. Umumnya, masyarakat

yang ingin berkunjung dikenakan tarif yang sesuai dengan fasilitas yang disediakan oleh pengelola gua Fasilitas lampu di gua wisata memiliki berbagai warna yang diletakkan di sekitar ornamen- ornamen gua agar keindahannya lebih menarik para pengunjung. Di Indonesia, gua wisata memiliki bentuk-bentuk pengolahan yang berbeda- beda yang didasarkan pada karakter system pengolahan dan target pengunjung seperti gua wisata masal yaitu gua maharani dan gua akbar (Kurniawan dan Rahmadi, 2019), diantaranya :

a. Gua Maharani

Gua maharani adalah salah satu objek wisata andalan jawa timur, tepatnya di Kabupaten Lamongan Kecamatan Paciran. Badan Pusat Statistik Jawa Timur 2013 telah menunjukkan bahwa Kabupaten Lamongan mengalami peningkatan jumlah pengunjung wisata sejak tahun 2009 sampai tahun 2012 yang dimana Gua Maharani juga terus berkembang pengelolahannya dan menjadi perhatian masyarakat sampai saat ini karena keindahan ornamen-ornamen gua. Gua Maharani yang dilengkapi dengan infrastruktur seperti lampu warna warni akan menarik para pengunjung karena stalagtit dan stalagmit gua terlihat lebih jelas yang dimana adanya lampu warna-warni tersebut merupakan daya tarik utama Gua (Aisyah dan Edwar, 2014). Selain fenomena Gua tersebut, koleksi satwa-satwa eksotis yang dimiliki Gua maharani juga dapat menarik para wisatawan (Imatasari, 2014).



Gambar 2.4 Gua Maharani  
(Dokumentasi Pribadi, 2022)

b. Gua Akbar

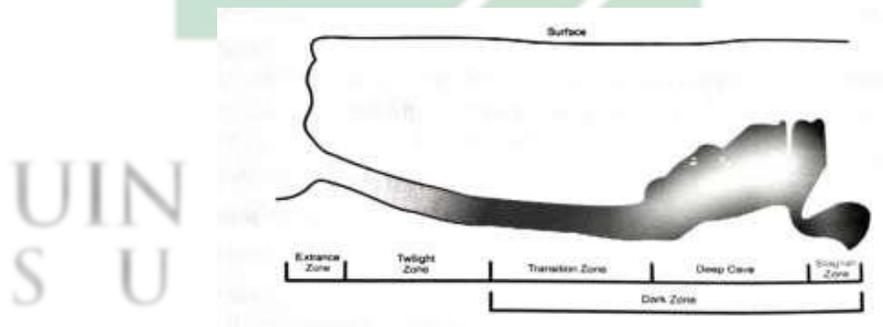
Gua Akbar yang berada di Kabupaten Tuban merupakan Gua yang memiliki daya tarik tertinggi dari Gua-Gua lainnya yang ada di Tuban, kemungkinan karena lokasi Gua yang dekat dengan pusat kota dan Gua ini sudah dikenal banyak wisatawan. Beberapa fasilitas Gua akbar sudah dikatakan lengkap, bahkan didalam gua tersebut sudah ada musholla bagi pengunjung yang hendak beribadah. Umumnya para wisata yang berkunjung dengan tujuan untuk refreshing dan bersenang-senang, selain itu harga tiket masuk juga terjangkau (Imatasari, 2014).



Gambar 2.5 Gua Akbar  
(Dokumentasi Pribadi, 2022)

### 2.6.2 Gua Alami

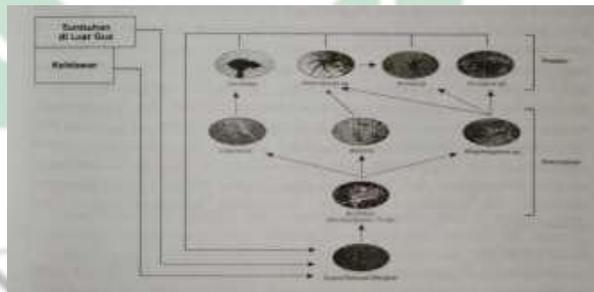
Gua alami di Indonesia sangat banyak karena memang Indonesia memiliki kawasan karst kurang lebih seluas 154.000 km<sup>2</sup> yang dimana luas tersebut setara dengan 0,08% dari luas daratan di Indonesia. Salah satu ciri kawasan karst adalah keberadaan gua (Aprilia *et al.*, 2021). Gua alami adalah bentukan alamiah cukup besar yang mayoritas di bawah permukaan tanah khususnya di kawasan karst yang jarang dikunjungi masyarakat dalam jumlah banyak. Gua alami memiliki ciri yang gelap gulita tanpa ada cahaya sama sekali dan didalamnya terdapat biota-biota khas gua seperti kelelawar dan amblypigi (Harmony dan Pitoyo, 2012). Umumnya, lingkungan gua memiliki 3 zona yaitu light zone (zona terang), twilight zone (zona remang) dan dark zone (zona gelap).



Gambar 2.6 Pembagian zonasi gua  
(Kurniawan dan Rahmadi, 2019)

## 2.7 Ekosistem Gua

Secara umum, ekosistem gua melibatkan seluruh biota gua dalam jejaring makanan yang dimulai dari guano/bangkai. Guano atau bangkai yang merupakan merupakan materi organik tersebut akan dirombak oleh kelompok biota dekomposer yakni mikroba yang terdiri dari fungi dan bakteri. Biomassa bakteri dan fungi serta hasil metabolisme akan menjadi makanan bagi kelompok decomposer sekunder seperti jangkrik gua (*Rhaphidophoridae*) dan kecoak (*Blattaria*). Kemudian biota gua kelompok dekomposer sekunder tersebut dimakan oleh kelompok predator seperti Kalacemeti (*Amblypygi*) dan Kelabang (*Scutigera sp*) (Kurniawan dan Rahmadi, 2019).



Gambar 2.7 Jejaring Makanan dalam Ekosistem Gua  
(Kurniawan dan Rahmadi, 2019)

Pemasangan infrastruktur di gua wisata terutama lampu di dalam gua merupakan salah satu ancaman bagi berlangsungnya kehidupan biota gua. Ancaman bagi biota ini bukan karena gangguan langsung saja yang berupa polusi cahaya dan berubahnya iklim mikro, tetapi juga secara tidak langsung yakni dengan memicu tumbuhnya lampenflora di dalam gua (Kurniawan dan Rahmadi,

2019). Keberadaan lampenflora di gua wisata merupakan penyebab utama rusaknya ekosistem gua. Kemungkinan lampenflora di dalam gua dapat mendatangkan spesies luar yang mampu masuk masuk dan akhirnya hidup di gua. Gua dalam kondisi alami tidak akan mengundang spesies-spesies tersebut masuk karena kondisi khas gua yaitu gelap gulita dan miskin sumber makanan. Adanya perubahan lingkungan khas gua tersebutlah yang menjadikan spesies luar mampu hidup di dalamn gua dan mengkoloni ekosistem gua.

Kedatangan spesies luar gua dapat mengganggu kehidupan spesies gua dengan cara kompetisi untuk mendapatkan sumber makanan. Apabila hal ini terjadi maka mengakibatkan terdesaknya biota gua dan menyebabkan menurunnya populasi. Adapun penelitian oleh Lukman Hakim (2011) juga yang menyatakan bahwa biota khas gua mengalami penurunan populasi akibat perubahan kondisi gua yang secara tidak langsung dapat mempercepat kepunahan. Penurunan populasi tersebut terjadi pada arthropoda dan kelelawar yang semakin sedikit jumlahnya bahkan sudah jarang ditemukan di gua.

## **2.8 Arthropoda Gua**

Arthropoda adalah hewan yang paling dominan hidup di muka bumi yang jumlahnya melebihi seluruh hewan melata lainnya dalam filum Arthropoda dan arthropoda dapat ditemukan di berbagai tempat. Arthropoda adalah kelompok terbesar kekayaan fauna di dalam Gua. Arthropoda memiliki peran penting dalam ekosistem Gua karena hamper seluruh keberadaanya yang menduduki rantai makanan di dalam Gua (Rahmadi, 2002). Fauna Gua dapat dikelompokkan

menjadi tiga macam yang berdasarkan pada tingkat aktivitas dan adaptasi di dalam Gua, diantaranya troglophile, troglobite dan troglaxene (Rosnita *et al.*, 2016).

Arthropoda gua memiliki perbedaan secara morfologi dengan kerabatnya yang berada di luar gua. Ciri khas yang dimiliki arthropoda gua yaitu tungkai dan antena yang panjang serta mata mereduksi (Rosnita *et al.*, 2016). Adanya perbedaan morfologi tersebut dapat dipengaruhi oleh faktor klimati bahwa habitat Gua dicirikan oleh batas-batas yang tidak berhubungan langsung dengan alam luar, penurunan ketersediaan cahaya dan beberapa faktor iklim seperti kelembapan, temperature dan aliran udara (Goltenboth, *et al.*, 2012; Rosnita *et al.*, 2016).

Menurut Rosnita *et al* (2016) dalam penelitiannya mengemukakan bahwa Arthropoda Gua semakin ke dalam semakin akan sedikit keberadaannya karena Gua memiliki karakter lingkungan yang berbeda-beda tiap zonasi Gua. Pada zona terang yang merupakan daerah dekat dengan mulut gua sehingga masih banyak sumber pakan bagi arthropoda seperti mikroorganisme dan kayu lapuk. Spesies yang ditemukan di zona terang yaitu, *Lophobaris* sp, *Nerceus* sp, *Formica rufa*, *Apis cerana* dan *Julus* sp. Zona remang yang berada pada posisi di tengah-tengah yang agak ke dalam Gua dan memiliki cahaya remang- remang yang bersumber dari pantulan cahaya luar. Adapun spesies yang ditemukan di zona remang yaitu *Scolopendra* sp, *Macrobachrium lar* dan *Parathelphusa* sp. Sedangkan zona gelap tidak memiliki cahaya sama sekali dan kondisi lingkungan pada daerah

ini hanya mampu di huni oleh beberapa spesies saja seperti *Caron* sp, *Raphidophora* sp, *Heteropoda beroni* dan *Scutigera* sp.



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## BAB III

### METODOE PENELITIAN

#### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilaksanakan adalah deskriptif eksploratif non eksperimen dikarenakan penelitian ini membuat deskripsi dan gambaran secara sistematis. Kemudian dianalisis dengan menyajikan data terkait keanekaragaman dan indeks nilai penting pada lampenflora serta keanekaragaman jenis, pemerataan dan indeks dominansi pada arthropoda yang diperoleh dari lokasi penelitian.

#### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

##### a. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada 3 gua di Kawasan Karst Tuban yakni 2 gua wisata dan 1 gua liar. Gua Maharani di lokasi Jl. Raya Paciran, Kecamatan Paciran Kabupaten Lamongan dan Gua Akbar di lokasi Desa Gedongombo, Kecamatan Semanding Kabupaten Tuban yang merupakan gua wisata serta Gua Landak di lokasi Desa Pucak Wangi, Kecamatan Babat, Kabupaten Lamongan sebagai gua alami.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian

Sumber: Google Earth, 2022

## b. Waktu Penelitian

Waktu penelitian tertera pada tabel 3.1 dan pengambilan sampel dilakukan pada bulan Oktober - November 2022.

Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

| No | Kegiatan                   | Bulan (Tahun 2022-2023) |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |
|----|----------------------------|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|
|    |                            | 2                       | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |   |
| 1. | Persiapan                  | ■                       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |
| 2. | Pembuatan proposal skripsi |                         | ■ | ■ | ■ | ■ |   |   |   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |
| 3. | Seminar proposal           |                         |   |   |   | ■ |   |   |   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |
| 4. | Persiapan alat bahan       |                         |   |   |   |   | ■ | ■ | ■ | ■  |    |    |   |   |   |   |   |   |   |
| 5. | Pengambilan data           |                         |   |   |   |   |   |   |   | ■  | ■  | ■  |   |   |   |   |   |   |   |
| 6. | Pengamatan di Laboratorium |                         |   |   |   |   |   |   |   |    | ■  | ■  | ■ |   |   |   |   |   |   |
| 7. | Analisis data              |                         |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | ■ | ■ | ■ |   |   |   |   |
| 8. | Penyusunan draft skripsi   |                         |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |   | ■ | ■ | ■ | ■ |   |   |
| 9. | Seminar hasil              |                         |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |   |   |   |   |   |   | ■ |

### 3.3 Alat dan Bahan Penelitian

#### a. Alat

1. Kantong plastik
2. Botol vial
3. Spatula
4. Pinset
5. Jala
6. Kertas label
7. Peralatan kelengkapan di gua (sepatu boot, cover all, headlamp, helm, dll.)
8. Hand counter
9. Kamera
10. pH meter tanah

11. Meteran
  12. Tali raffia
  13. Pasak
  14. Alat tulis
  15. Mikroskop stereo digital
- b. Bahan
1. Sampel lampenflora
  2. Sampel arthropoda
  3. Alkohol 70%

### **3.4 Prosedur Penelitian**

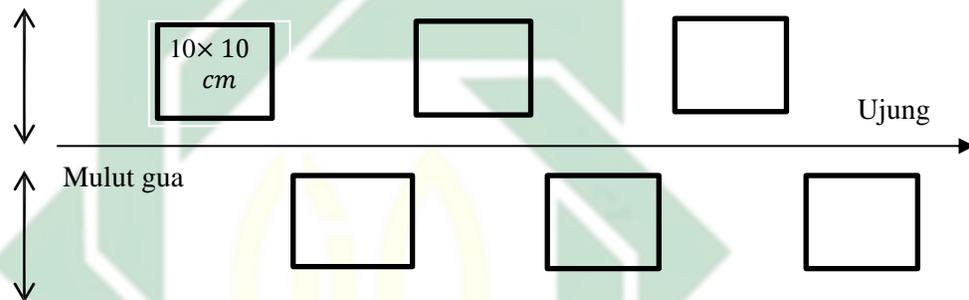
#### **3.4.1 Pengambilan Sampel**

##### **a. Lumut**

Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik purposive sampling yaitu teknik pengambilan sampel yang ditentukan peneliti dengan pertimbangan tertentu, seperti jumlah tumbuhan tingkat rendah pada setiap petak (Maharani dan Bernard, 2018).

1. Tumbuhan dibuat petak ukuran 10 x 10 cm di setiap titik pengamatan. Titik pengamatan pada gua wisata ditentukan dari adanya tumbuhan yang di dekat area lampu gua (Ristanto dkk, 2021).
2. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara membuat plot yang dimulai dari pintu masuk gua wisata yang terkena cahaya
3. Dibuat plot di sekitar area lampu hingga pintu keluar pada gua wisata, sedangkan pada gua alami dibuat plot dari pintu masuk gua dan dilanjutkan plot pada zona terang, zona remang dan zona gelap dengan penelusuran yang dapat dijangkau.

4. Jenis tumbuhan yang didapat dihitung, difoto dan diukur faktor fisik lingkungannya seperti pH, suhu dan kelembaban.
5. Tumbuhan disimpan di dalam plastik atau botol vial dengan menyesuaikan ukuran tumbuhan tersebut.
6. Spesies yang diperoleh dianalisis data indeks keanekaragaman, indeks nilai penting, indeks kemerataan dan indeks dominansi.



Gambar 3.2 Skema Jalur Pengambilan Sampel lumut di Gua

#### b. Tumbuhan Paku

Pengambilan sampel tumbuhan paku menggunakan metode jelajah. Metode jelajah yaitu menjelajahi atau observasi langsung di setiap titik lokasi penelitian yang dapat mewakili vegetasi di lokasi tersebut untuk mendapatkan tumbuhan paku yang beragam (Pramudita *et al*, 2021).

1. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara menjelajahi gua wisata mulai dari pintu masuk hingga pintu keluar gua, sedangkan pada gua alami menjelajahi mulai dari mulut gua atau bagian zona terang dan dilanjutkan hingga pada zona gua yang masih dapat dijangkau.
2. Jenis tumbuhan yang didapat dihitung, difoto dan diukur faktor fisik lingkungannya seperti pH, suhu dan kelembaban.
3. Tumbuhan disimpan di dalam plastik atau botol vial dengan menyesuaikan ukuran tumbuhan tersebut.

4. Spesies yang diperoleh dianalisis data indeks keanekaragaman, indeks pemerataan dan indeks dominansi.

c. Arthropoda

Pengambilan sampel arthropoda dilakukan dengan teknik koleksi langsung yaitu dengan cara menangkap langsung dengan tangan, kuas ataupun pinset dan jala agar arthropoda yang diambil tidak mengalami kerusakan spesimen (Kamal *et al.*, 2011).

1. Teknik pengambilan sampel dipilih secara acak dengan menjelajahi gua alami mulai dari zona terang, zona remang hingga zona gelap yang masih dapat dijangkau. Sedangkan pada gua wisata menyusuri pintu masuk hingga pintu keluar gua.
2. Arthropoda yang dikoleksi dimasukkan kedalam botol vial yang telah berisi alkohol 70% dan diberi label masing-masing.

### 3.4.2 Identifikasi Sampel

a. Lampenflora

Identifikasi lampenflora dilakukan untuk mengetahui morfologi dan keanekaragaman jenis pada spesies. Identifikasi dapat dilakukan secara langsung dengan kasat mata yakni melihat penanda ciri spesies tersebut dan untuk sampel mikro dilakukan identifikasi di Laboratorium Integrasi dengan menggunakan alat mikroskop stereo serta identifikasi lampenflora mengacu pada buku identifikasi Lukitasari (2018) dan Gembong Tjitrosoepomo (2014).

b. Arthropoda

Identifikasi arthropoda dilakukan untuk mengetahui morfologi dan keanekaragaman jenis, pemerataan serta dominansi. Identifikasi dilakukan di Laboratorium Integrasi dengan mengamati sampel di bawah mikroskop stereo. Buku identifikasi yang digunakan yaitu Weygoldt (2000), Suhardjono (2012), Borror (1996), jurnal hasil penelitian seperti Riky et al (2016) dan jurnal-jurnal

hasil penelitian lain mengenai arthropoda gua baik di Indonesia maupun Internasional.

### 3.5 Analisis Data

#### a. Indeks Keanekaragaman

Hasil penelitian dianalisis secara kuantitatif dengan menghitung Indeks keanekaragaman jenis menggunakan rumus Shanon-Weaners. Keanekaragaman jenis diperoleh dengan kekayaan jenis dan kelimpahan jumlah individu pada tiap jenis (Siswanto *et al.*, 2021). Indeks keanekaragaman digunakan untuk mengetahui banyaknya spesies di dalam suatu komunitas. Analisis indeks keanekaragaman dihitung dalam rumus berikut ini (Windari *et al.*, 2021):

$$H' = -\sum \left( \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N} \right)$$

Keterangan:

$H'$  = Indeks keanekaragaman jenis

$n_i$  = Jumlah individu ke- $i$

$N$  = Jumlah total individu seluruh jenis

$\ln$  = Logaritma bilangan dasar (normal)

#### b. Indeks Kemerataan

Analisis indeks kemerataan digunakan untuk mengetahui struktur komunitas pada suatu wilayah yang diperoleh dari jumlah individu tiap spesies. Nilai indeks kemerataan berada antara 0 sampai 1 dan jika nilai yang dihasilkan semakin mendekati satu maka tidak ada spesies yang tumbuh mendominasi (Siswanto *et al.*, 2021). Analisis indeks kemerataan dihitung dalam rumus berikut ini (Wahyuningsih *et al.*, 2019):

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

Keterangan:

$H'$  = Indeks keanekaragaman ShannonWiener

$S$  = Jumlah spesies

E = Indeks pemerataan

c. Indeks Dominansi

Analisis indeks dominansi digunakan untuk menunjukkan kondisi suatu komunitas apabila terjadi dominansi spesies. Dominansi atau penguasaan spesies dalam komunitas umumnya terpusat pada satu atau dua spesies saja. Apabila nilai dominansi semakin mendekati satu maka dapat dikatakan komunitas tersebut memiliki jumlah individu yang tidak merata atau terjadinya dominansi (Palendeng *et al.*, 2022). Analisis indeks dominansi dihitung dalam rumus berikut ini (Asri dan Marzuki, 2020):

$$C = \sum (ni/N)^2$$

Keterangan:

C = Nilai dominansi

ni = Banyaknya spesies genus pertama

N = Total individu

d. Indeks Nilai Penting

Analisis indeks nilai penting hanya digunakan pada lamphenflora jenis tumbuhan lumut. Perhitungan indeks nilai penting digunakan untuk masing-masing spesies tumbuhan lumut dengan menghitung nilai frekuensi relatif dan kerapatan relatif. Rumus perhitungan Indeks Nilai Penting yaitu (Rudiawan *et al.*, 2021):

$$\text{INP} = \text{Kerapatan Relatif (KR)} + \text{Frekuensi Relatif (FR)}$$

1) Kerapatan jenis

$$K = \frac{\text{jumlah individu jenis}}{\text{luas plot}}$$

2) Kerapatan relatif

$$\text{KR} = \frac{\text{jumlah individu jenis}}{\text{luas plot}} \times 100\%$$

3) Frekuensi jenis

$$F = \frac{\text{jumlah plot yang ditemukan suatu jenis}}{\text{jumlah seluruh plot}}$$

4) Frekuensi relatif

$$FR = \frac{\text{frekuensi jenis}}{\text{jumlah frekuensi seluruh jenis}} \times 100\%$$



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Identifikasi

Berdasarkan penelitian pada 3 lokasi pada Kawasan karst Tuban yaitu Gua Akbar, Gua Maharani dan Gua Landak diperoleh beberapa spesies dari lampenflora (tumbuhan paku-pakuan dan lumut) serta beberapa jenis Arthropoda. Penelitian dilakukan pada bulan Oktober-November 2022. Data hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 4.1 untuk lampenlora serta tabel 4.2 untuk jenis Atrophoda.

Tabel 4.1 Jumlah spesies lampenflora yang ditemukan

| Jenis Lampenflora             | Famili                    | Spesies                          | Jumlah      |           |            |
|-------------------------------|---------------------------|----------------------------------|-------------|-----------|------------|
|                               |                           |                                  | G1          | G2        | G3         |
| Tumbuhan Paku                 | Apleniaceae               | <i>Asplenium nidus</i>           | 1           | 3         | 2          |
|                               | Polypodiaceae             | <i>Phymatosorus scolopendria</i> |             |           | 2          |
|                               | Pteridaceae               | <i>Adiantum lunulatum</i>        | 21          |           | 32         |
|                               |                           | <i>Pteris vittata</i>            |             | 4         | 7          |
|                               |                           | <i>Anogramma leptophylla</i>     | 2           | 1         |            |
|                               | Thelypteridaceae          | <i>Phegopteris connectilis</i>   | 10          | 11        |            |
|                               |                           | <i>Christella parasitica</i>     | 8           | 10        |            |
|                               | Dennstaedtiaceae          | <i>Microlepia speluncae</i>      | 2           |           |            |
|                               | Dryopteridaceae           | <i>Dryopteris carthusiana</i>    |             | 7         |            |
|                               | Nephrolepidaceae          | <i>Nephrolepis exaltata</i>      |             | 15        | 3          |
| <i>Nephrolepis cordifolia</i> |                           | 5                                | 14          | 5         |            |
| <b>Total Individu</b>         |                           |                                  | <b>49</b>   | <b>65</b> | <b>51</b>  |
| Tumbuhan Lumut                | Dicranaceae               | <i>Dicranium scoparium</i>       | 439         |           | 219        |
|                               | Haplomitriaceae           | <i>Haplomitrium mniodes</i>      |             |           | 143        |
|                               | Pottiaceae                | <i>Hyophila javanica</i>         |             |           | 166        |
|                               |                           | <i>Barbula ferruginasce</i>      | 705         |           |            |
|                               |                           | <i>Barbula indica</i>            | 722         | 45        | 341        |
|                               | Fissidentaceae            | <i>Fissidens schmidi</i>         |             |           |            |
| Lunulariaceae                 | <i>Lunularia cruciata</i> | 114                              | 19          |           |            |
| <b>Total Individu</b>         |                           |                                  | <b>1980</b> | <b>64</b> | <b>869</b> |

Keterangan: G1; Gua akbar, G2; Gua maharani, G3; Gua landak

Berdasarkan tabel hasil identifikasi diperoleh sebanyak 11 spesies tumbuhan paku yang termasuk dalam 6 famili. Adapun 6 famili yang ditemukan pada 3 lokasi penelitian di Kawasan karst Tuban diantaranya yaitu Aspleniaceae, Polypodiaceae, Pteridaceae, Nephrolepidaceae, Dryopteridaceae, Thelypteridaceae dan Dennstaedtiaceae. Famili Pteridaceae banyak ditemukan dan termasuk salah satu golongan paku sejati yang memiliki daya adaptasi dengan lingkungan yang sangat baik. Famili pteridaceae memiliki karakteristik tersendiri yaitu tumbuh dengan rimpang tegak, menjalar panjang ataupun pendek dan memiliki daun monomorfik, jarang yang dimorfik (Abotsi *et al*, 2015; Yusna *et al*, 2016). Hasil penelitian ditemukan 3 spesies dari famili ini yaitu *Adiantum lunulatum*, *Pteris vittate* dan *Anogramma leptophylla*. Tumbuhan paku di lokasi penelitian paling banyak ditemukan pada Gua landak yang merupakan gua alami atau gua jarang dikunjungi masyarakat di Kawasan tersebut.

Lampenflora jenis tumbuhan lumut yang diperoleh pada lokasi penelitian (tabel 4.1) sebanyak 7 spesies yang termasuk dalam 5 famili, diantaranya yaitu Sphagnaceae, Haplomitrium, Pottiaceae, Fissidens dan Lunulariaceae. Famili Pottiaceae pada spesies lumut yang ditemukan memiliki ciri utama berupa batang yang tumbuh tegak dan bercabang, keseringan daunnya menumpuk dan dalam keadaan kering daunnya melengkung (Endang *et al*, 2020). Pada penelitian terdapat 3 spesies dari famili ini yaitu *Hyopila javanica*, *Barbula indica* dan *Barbula ferruginasce*. Tumbuhan lumut paling banyak ditemukan di Gua akbar pada substrat batuan yang termasuk gua wisata di Kawasan karst Tuban.

Pengamatan dilakukan pada 3 lokasi penelitian di Kawasan karst Tuban dengan menyusuri 3 zona gua (terang, remang dan gelap). Hasil penelitian pada gua wisata dan

alami berbeda, yaitu pada gua wisata lampenflora ditemukan mulai dari pintu masuk gua hingga pintu keluar. Sedangkan pada gua alami yaitu gua landak hanya menemukan spesies lampenflora di bagian mulut gua saja yang termasuk zona terang. Penemuan Lampenflora hanya pada bagian mulut gua karena bagian mulut gua masih mendapatkan cahaya matahari yang membantu tumbuhan dalam proses fotosintesis. Lampenflora tidak ditemukan pada zona remang dan gelap disebabkan sangat minimnya cahaya atau bahkan tidak ada cahaya sama sekali (zona gelap) sehingga lampenflora tidak bisa tumbuh (berfotosintesis). Intensitas cahaya yang dibutuhkan lampenflora dalam pertumbuhannya relatif rendah dan juga tergantung dari jenis lampenflora tersebut, lampenflora jenis tumbuhan lumut dapat tumbuh pada intensitas cahaya 500-1262 lux (Utami et al, 2020) dan untuk tumbuhan paku sekitar 1340-1500 lux (Rizky et al, 2018). Lampenflora pada penelitian ini secara umum adalah tumbuhan dengan habitat hidup di tebing-tebing atau dinding pada mulut gua dengan kondisi yang lembab. Lampenflora telah beradaptasi pada lingkungan yang tinggi kalsium sehingga memiliki sebaran yang terbatas (Rahmadi, 2016).

Tabel 4.2 Jumlah Atrophoda yang ditemukan

| <b>Famili</b> | <b>Spesies</b>                  | <b>G1</b> | <b>G3</b> | <b>Total</b> |
|---------------|---------------------------------|-----------|-----------|--------------|
| Pholcidae     | <i>Pholcus phalangiodes</i>     | 1         | 6         | 7            |
| Sparassidae   | <i>Heteropoda venetoria</i>     |           | 2         | 2            |
| Salticidae    | <i>Sibianor laeae</i>           |           | 4         | 4            |
| Nephilidae    | <i>Nephilengys malabarensis</i> | 2         |           | 2            |
| Blattidae     | <i>Eurycotis floridana</i>      |           | 7         | 7            |
|               | <i>Periplanetan americana</i>   | 7         |           | 7            |
|               |                                 | <b>10</b> | <b>19</b> | <b>29</b>    |

Keterangan: G1; Gua akbar, G3; Gua landak

Berdasarkan hasil identifikasi (Tabel 4.2) spesies Atrophoda yang diperoleh pada lokasi penelitian di gua kawasan karst Tuban sebanyak 6 spesies yang termasuk dalam 5 famili yang berbeda yaitu Pholcidae, Sparassidae, Salticidae, Nephilidae dan Blattidae. Spesies *Pholcus phalangiodes* termasuk famili Pholcidae yang memiliki jumlah individu terbanyak dari jenis Atrophoda (laba-laba). Sedangkan spesies *Eurycotis floridana* dan *Periplaneta americana* yang termasuk dalam famili Blattidae merupakan spesies dengan jumlah individu terbanyak dari jenis Atrophoda (Arthropoda).

Famili Pholcidae termasuk jenis laba-laba pejaring yang memiliki daya adaptasi tinggi pada suatu habitat sehingga famili ini sangat mudah ditemukan baik di hutan ataupun area pemukiman. Habitat laba-laba umumnya menyukai tempat dengan vegetasi rapat dan rendah cahaya karena kondisi tersebut lebih banyak sumber makanan dan menjadi tempat bersarang yang ideal (Syafriansyah *et al*, 2016). Pada penelitian, famili Pholcidae banyak ditemukan pada gua landak yang merupakan gua alami di Kawasan karst Tuban. Gua landak memiliki kondisi lingkungan yang cukup rimbun pada bagian mulut gua dan didalamnya rendah cahaya atau bahkan gelap total, adanya kondisi tersebut dapat menjadikan laba-laba banyak ditemukan di gua tersebut daripada di gua Akbar (Asriani *et al*, 2017).

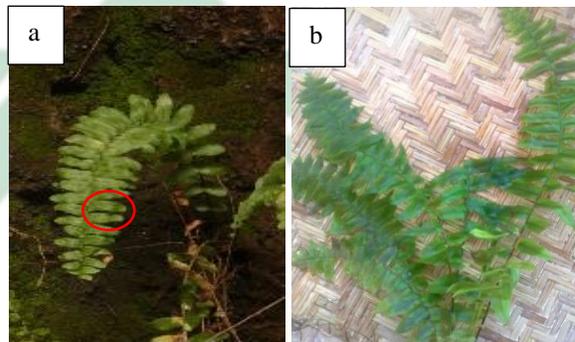
Arthropoda dari famili Blattidae juga mendominasi di lokasi penelitian dengan masing-masing total 7 individu pada Gua akbar dan Gua landak. Famili blattidae adalah salah satu famili dari kelas insecta yang merupakan hewan paling banyak jumlahnya daripada spesies lain dari filum Arthropoda. Famili Blattidae sering ditemukan di mana-mana karena Arthropoda tersebut dapat tahan di berbagai cuaca dan dapat memakan hampir segala macam jenis seperti guano, tumbuhan dan juga hewan (Kamal *et a*, 2011). Selain itu, famili

ini juga memiliki daya reproduksi tinggi dan siklus hidupnya yang singkat daripada Arthropoda jenis lainnya yang ditemukan pada penelitian (Rini et al, 2016).

## 4.2 Deskripsi Spesies yang diperoleh

### 4.2.1 Lampenflora Jenis Tumbuhan Paku

#### a. *Neprholepis exaltata*



Gambar 4.1 *Neprholepis exaltata*  
a. Dokumentasi pribadi, b. Literatur  
(Yusal dan Tomi, 2021)

Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa ciri spesies *Neprholepis exaltata* memiliki daun berwarna hijau daun berbentuk lanset, tepi daun sedikit bergerigi, tumpul pada pangkal daun dan tombak pada ujung daun (lingkaran merah, gambar 4.1.a). Permukaan daun berbulu halus dan memiliki sorus berbentuk bulat putih yang tersebar tidak beraturan di sepanjang tepi daun. Umumnya *Neprholepis exaltata* memiliki akar serabut dengan akar panjang  $\pm 18$  cm berwarna coklat muda. Rimpang tumbuh tegak keatas dengan dikelilingi bulu halus berwarna putih dan tidak bercabang. Hasil pengamatan sesuai dengan pengamatan dari jannah dan sofiyanti (2020). Tanaman paku *Neprholepis exaltata* ditemukan pada daera terbuka di mulut gua dengan morfologi seperti bentuk pedang dengan ental yang memanjang, sesuai dengan

hasil dari merlina (2020). Adapun klasifikasinya yaitu sebagai berikut (Riastuti *et al*, 2018):

Kingdom : Plantae  
 Divisi : Pteridophyta  
 Kelas : Pteridopsida  
 Ordo : Polypodiales  
 Famili : Dryopteridaceae  
 Genus : *Nephrolepis*  
 Spesies : *Nephrolepis exaltata*

b. *Asplenium nidus*



Gambar 4.2 *Asplenium nidus*

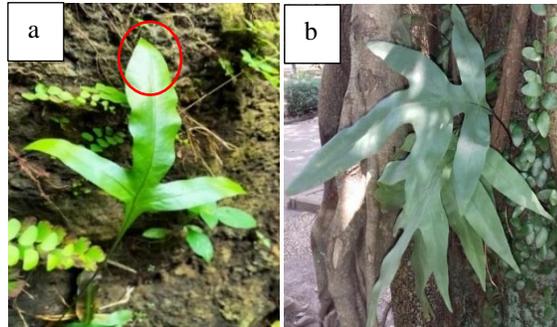
a. Dokumentasi pribadi, b. Literatur  
 (Leki *et al*, 2022)

Berdasarkan hasil pengamatan telah ditemukan bahwa ciri spesies *Asplenium nidus* atau dengan sebutan paku sarang burung umumnya tumbuh secara epifit, memiliki daun tunggal berwarna hijau, tepi daun rata dan bergelombang (lingkaran merah, gambar 4.2.a). Permukaan daun mengkilap dengan ujung daun yang

meruncing. Tumbuhan ini memiliki batang yang menyatu dengan tulang daun atau disebut batang yang tidak nyata. Terdapat tulang daun menonjol berwarna coklat kehitaman pada bagian abaksial dan ukuran daun dapat mencapai panjang lebih dari 1 meter. Ciri morfologi daun dari spesies ini sesuai dengan pengamatan Agatha *et al* (2019). Tumbuhan paku *Asplenium nidus* memiliki sorus berwarna coklat muda yang melekat pada garis-garis anak tulang daun di permukaan bawah daun yang membentuk bangun garis. Tumbuhan ini epifit di bawah naungan pepohonan atau di bebatuan, sesuai dengan hasil dari pengamatan (Kinho 2009). Adapun klasifikasinya yaitu sebagai berikut (Riastuti *et al*, 2018):

Kingdom : Plantae  
 Divisi : Pteridophyta  
 Kelas : Pteridopsida  
 Ordo : Polypodiales  
 Famili : Aspleniaceae  
 Genus : *Asplenium*  
 Spesies : *Asplenium nidus*

c. *Phymatosorus scolopendria*



Gambar 4.3 *Phymatosorus scolopendria*

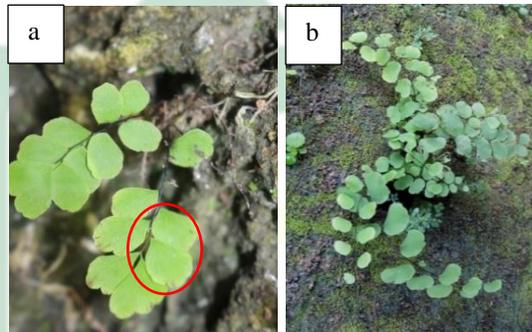
a. Dokumentasi pribadi, b. Literatur  
(Agatha *et al*, 2019)

Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa ciri dari spesies *Phymatosorus scolopendria* memiliki rimpang berwarna hijau bulat, daun berwarna hijau dengan permukaan licin mengkilap, tepi daun rata sedikit bergelombang dan ujung daun yang meruncing tidak membelah (lingkaran merah, gambar 4.3.a). Tumbuhan paku *Phymatosorus scolopendria* tumbuh panjang menjalar dengan rimpang yang dimilikinya. Ciri morfologi daun dari spesies ini sesuai pengamatan Lindasari *et al* (2015). Terdapat sorus bulat berwarna kuning-oranye yang tersusun tidak beraturan di bawah permukaan daun tepatnya sedikit tenggelam di lekukan yang menonjol pada permukaan atas daun. Tumbuhan ini ditemukan di mulut gua yang teraungi dan dapat membentuk koloni besar, sesuai dengan hasil dari Riastuti *et al* (2018). Adapun klasifikasinya yaitu sebagai berikut (Riastuti *et al*, 2018):

Kingdom : Plantae  
Divisi : Pteridophyta  
Kelas : Pteridopsida  
Ordo : Polypodiales

Famili : Polypodiaceae  
 Genus : *Phymatosorus*  
 Spesies : *Phymatosorus scolopendria*

d. *Adiantum lunulatum*

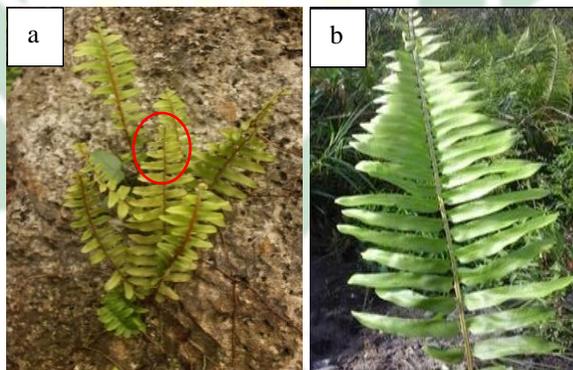


Gambar 4.4 *Adiantum lunulatum*  
 a. Dokumentasi pribadi, b. Literatur  
 (Agatha *et al*, 2019)

Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa ciri spesies *Adiantum lunulatum* memiliki rimpang yang tumbuh tegak atau menjalar pendek yang terdapat sisik-sisik kecil berwarna coklat. Memiliki daun dengan bentuk mirip seperti kipas yang sangat tipis dengan tepi daun sedikit bergelombang dan susunan daun berseling (lingkaran merah, gambar 4.4.a). Pada bagian tangkai berukuran sangat kecil yang berwarna hitam mengkilat. Spesies ini ditemukan di dinding gua pada bagian mulut gua dan termasuk salah satu paku suplir yang tumbuh liar yang sering dijumpai karena toleransi adaptasi yang cukup tinggi. Umumnya sorus terdapat pada tepi daun yang berbentuk seperti garis tidak menyatu. Hasil pengamatan ciri morfologi sesuai dengan pengamatan dari Agatha *et al* (2019). Klasifikasi spesies *Adiantum lunulatum* dapat dilihat sebagai berikut (Yolla *et al*, 2022):

Kingdom : Plantae  
 Divisi : Pteridophyta  
 Kelas : Pteridopsida  
 Ordo : Polypodiales  
 Famili : Pteridaceae  
 Genus : *Adiantum*  
 Spesies : *Adiantum lunulatum*

e. *Nephrolpepis cordifolia*



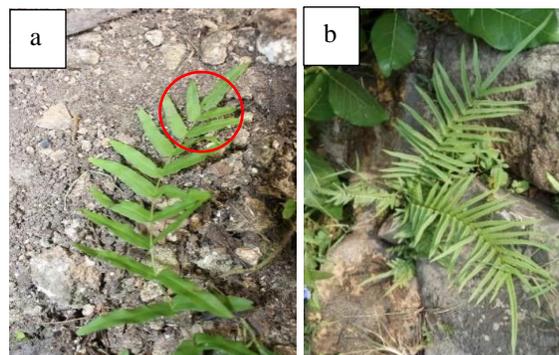
Gambar 4.5 *Nephrolpepis cordifolia*  
 a. Dokumentasi pribadi, b. Literatur  
 (Dewi, 2017)

Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa ciri spesies *Nephrolpepis cordifolia* atau tumbuhan paku sepat memiliki rimpang tegak yang cukup panjang, tipe akar serabut dan memiliki batang tegak berwarna hijau kecoklatan yang dilapisi bulu halus pada seluruh permukaan batang. Pada bagian daun spesies berwarna hijau muda, tersusun rapat, permukaannya halus, tepi daun beringgit halus dan ujung daun

meruncing (lingkaran merah, gambar 4.5.a). Hasil pengamatan sesuai dengan pengamatan dari Ruma *et al* (2022). Tumbuhan paku *Nephrolepis cordifolia* saat daunnya masih muda akan menggulung pada pucuk daun berwarna hijau dan tangkainya berbulu halus berwarna coklat. Terdapat sorus berbentuk bulat dengan warna coklat muda yang terletak permukaan bawah daun pada peruratan daun bagian tepi dan tengah. Tumbuhan ini ditemukan di tanah yang lembab pada daerah mulut gua dan terkadang epifit di pepohonan, sesuai dengan hasil dari Dewi (2017). Adapaun klasifikasinya yaitu sebagai berikut (Riastuti *et al*, 2018):

Kingdom : Plantae  
 Divisi : Pteridophyta  
 Kelas : Pteridopsida  
 Ordo : Polypodiales  
 Famili : Dryopteridaceae  
 Genus : *Nephrolepis*  
 Spesies : *Nephrolepis cordifolia*

f. *Pteris vittata*



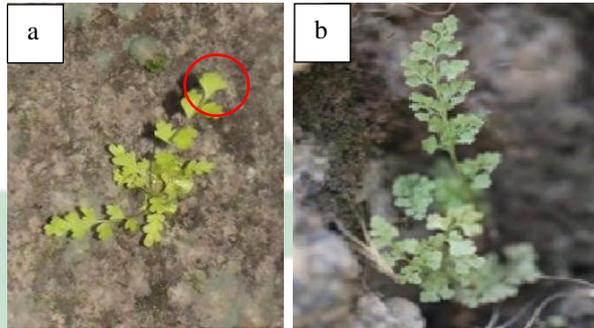
Gambar 4.6 *Pteris vittata*  
 a. Dokumentasi pribadi, b. Literatur  
 (Agatha *et al*, 2019)

Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa ciri spesies *Pteris vittata* memiliki daun berwarna hijau, bentuk daun yang kecil memanjang, tepi daun rata, permukaan daun kasar dengan tekstur selaput berupa helaian dan ujung daun yang sedikit meruncing (lingkaran merah, gambar 4.6.a). Umumnya rimpang tumbuh menjalar meskipun ada yang tumbuh tegak. Terdapat daun muda yang menggulung dan ketika tumbuhan dewasa daun tersebut akan membuka. Spesies ini ditemukan terrestrial yang umumnya dijumpai di tembok, bebatuan, tebing terjal dan tanah. Hasil pengamatan sesuai dengan pengamatan dari Hasibuan *et al* (2016). Tumbuhan *Pteris vittata* ini memiliki toleransi adaptasi yang terbilang luas karena mampu hidup di dataran rendah hingga dataran tinggi. *P. vittata* memiliki sorus yang terletak di sepanjang tepi anak daun, kecuali di ujung dan pangkal anak daun. Selain itu, *P. vittata* memiliki karakteristik khusus yaitu memiliki daun monofomis, sesuai dengan hasil dari Elsifa *et al* (2019). Adapun klasifikasinya yaitu sebagai berikut (Yolla *et al*, 2022):

Kingdom : Plantae  
 Divisi : Pteridophyta  
 Kelas : Pteridopsida  
 Ordo : Polypodiales  
 Famili : Polypodiaceae  
 Genus : *Pteris*

Spesies : *Pteris vittata*

g. *Anogramma leptophylla*

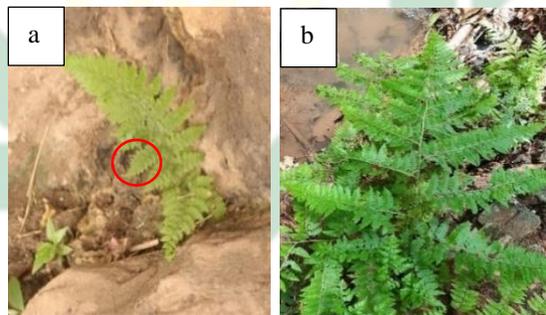


Gambar 4.7 *Anogramma leptophylla*  
a. Dokumentasi pribadi, b. Literatur  
(Ismail and Maulood, 2021)

Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa ciri spesies *Anogramma leptophylla* memiliki daun seperti peterseli yang membentuk seperti kipas dan termasuk tumbuhan pakis kecil tahunan yang tingginya tidak sampai 12 cm. Permukaan daun halus, tepi daun menyirip dua, helaian daun berwarna kuning kehijauan dan tangkainya berbentuk baji pada bagian dasar (lingkaran merah, gambar 4.7.a). Habitatnya berupa individu di antara tanaman lain seperti lumut atau sangat jarang ditemukan berkelompok. Tumbuhan paku *Anogramma leptophylla* ditemukan di dalam gua yang tumbuh di tanah secara individu. Hasil pengamatan sesuai dengan pengamatan dari Ismail and Maulood (2021). Spesies ini memiliki rimpang yang sangat pendek dan umumnya dapat tumbuh di tanah lembab ataupun celah-celah di bebatuan (Mahamuni, 2007). Spora pada tumbuhan ini berwarna coklat bulat yang terdapat pada ujung permukaan bawah daun, sesuai pengamatan dari Ruma (2022). Adapun klasifikasinya yaitu sebagai berikut (Fons *et al*, 2018):

Kingdom : Plantae  
 Divisi : Polypodiophyta  
 Kelas : Polypodiopsida  
 Ordo : Polypodiales  
 Famili : Pteridaceae  
 Genus : *Anogramma*  
 Spesies : *Anogramma leptophylla*

h. *Microlepia speluncae*



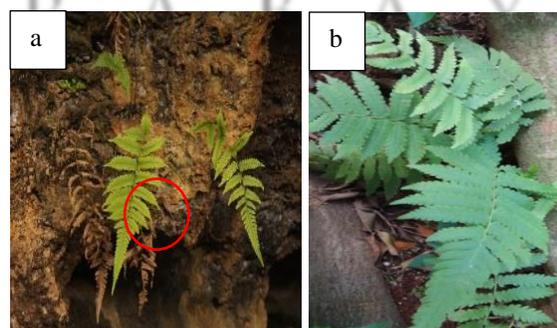
Gambar 4.8 *Microlepia speluncae*  
 a. Dokumentasi pribadi, b. Literatur  
 (Andiana & Renjana, 2021)

Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa ciri spesies *Microlepia speluncae* memiliki akar serabut dengan rimpang yang tumbuh tegak dan tumbuh terrestrial. Rimpang pada *Microlepia speluncae* bersisik coklat dan tangkai daun berbentuk bulat dengan warna hijau muda. Umumnya memiliki susunan daun yang berseling dan pada bagian anak daun terdapat sorus berwarna coklat. Tumbuhan paku ini ditemukan bebatuan mulut gua dan sering tumbuh di permukaan tanah yang cukup lembab dan

sekitar semak-semak yang basah. Hasil pengamatan sesuai dengan pengamatan dari Majid *et al* (2022). Tumbuhan paku *Microlepia speluncae* tersusun atas daun yang berwarna hijau, daun tersusun berseling, permukaan daun licin dilapisi bulu halus tipis berwarna putih dan tepi daunnya bergerigi serta ujung daun meruncing (lingkaran merah, gambar 4.8.a), sesuai dengan hasil dari Agatha *et al* (2019). Adapun klasifikasinya yaitu sebagai berikut (Nayar & Molly, 1980):

Kingdom : Plantae  
 Divisi : Monilophyta  
 Kelas : Polypodiopsida  
 Ordo : Polypodiales  
 Famili : Dennstaedtiaceae  
 Genus : *Microlepia*  
 Spesies : *Microlepia speluncae*

i. *Christella parasitica*



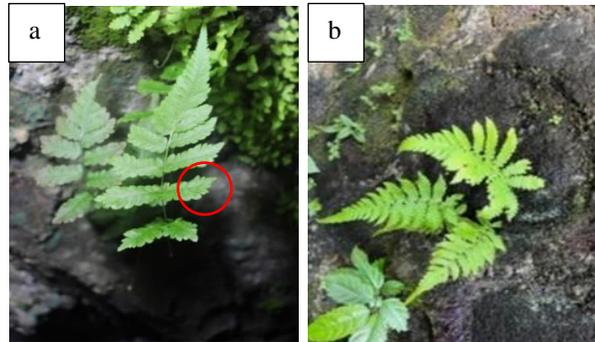
Gambar 4.9 *Christella parasitica*

a. Dokumentasi pribadi, b. Literatur  
 (Agatha *et al*, 2019)

Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan ciri spesies *Christella parasitica* memiliki tipe perakaran serabut dengan rimpang merambat panjang yang bersisik coklat, sesuai dengan hasil dari Agatha *et al* (2019). Pada bagian daun memiliki warna hijau muda, tepi daun yang bergerigi dan ujungnya meruncing, permukaan sedikit kasar, susunan daun berseling dengan sangat rapat dan daunnya tersusun majemuk (lingkaran merah, gambar 4.9.a). Tangkai yang berwarna hijau keunguan dan dilapisi rambut halus berwarna putih serta terdapat spora di tepi pada permukaan bawah daun. Umumnya tumbuhan ini ditemukan di tembok selokan, celah bebatuan dan tanah yang cukup lembab. Tumbuhan paku *Christella parasitica* ditemukan di dinding gua atau bebatua. Hasil pengamatan sesuai dengan pengamatan dari Maria *et al* (2022). Adapun klasifikasi dari *Christella parasitica* sebagai berikut (Yolla *et al*, 2022):

Kingdom : Plantae  
 Divisi : Pteridophyta  
 Kelas : Pteridopsida  
 Ordo : Polypodiales  
 Famili : Thelypteridaceae  
 Genus : *Christella*  
 Spesies : *Christella parasitica*

j. *Phegopteris conectillis*



Gambar 4.10 *Phegopteris connectillis*

a. Dokumentasi pribadi, b. Literatur  
(Andries *et al*, 2020)

Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa ciri spesies *Phegopteris connectillis* memiliki tipe daun majemuk yang berwarna hijau dengan tepi daun bergerigi dan ujungnya meruncing serta tangkai daun berbentuk pipih yang dilapisi dengan rambut halus (lingkaran merah, gambar 4.10.a). Tumbuhan ini termasuk kelompok tumbuhan paku terrestrial yang memiliki batang rimpang pendek dan berakar serabut. Hasil pengamatan sesuai dengan pengamatan dari Listiyanti *et al* (2022). Umumnya tumbuhan paku *Phegopteris connectillis* memiliki daun muda berwarna hijau muda dan ujungnya menggulung. Permukaan bawah daun bagian tengah dapat ditemukan sorus berwarna putih bulat sedangkan pada anak daun dapat ditemukan sorus yang berwarna coklat, sesuai dengan hasil pengamatan dari Mardiyah *et al* (2017). Adapun klasifikasi yaitu sebagai berikut (Tanahitumesseng dan Nahlohy, 2018):

Kingdom : Plantae  
Divisi : Polypodiophyta  
Kelas : Polypodiopsida

Ordo : Polypodiales  
 Famili : Thelypteridaceae  
 Genus : *Phegopteris*  
 Spesies : *Phegopteris connectilis*

k. *Dryopteris carthusiana*



Gambar 4.11 *Dryopteris carthusiana*

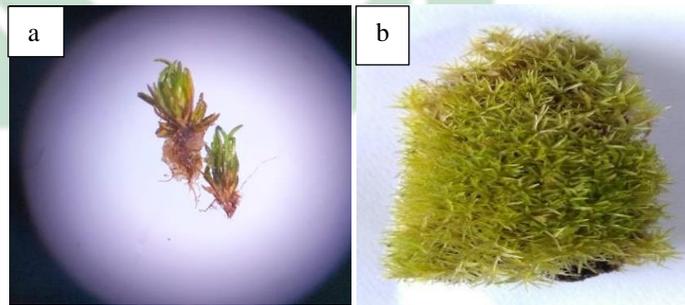
a. Dokumentasi pribadi, b. Literatur  
 (Nuraini and Wisanti, 2022)

Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa ciri spesies *Dryopteris carthusiana* memiliki perawakan herba dengan daun berwarna hijau muda berbentuk lanset, tepi daun bergerigi halus dan memiliki ukuran daun relatif sempit (lingkaran merah, gambar 4.11.a). Memiliki tangkai kecil berwarna hijau dan bersisik pada bagian pangkal. Tumbuhan paku *Dryopteris carthusiana* memiliki nama lokal pakis kayu bergerigi dan ditemukan di dinding gua yang ditumbuhi oleh sekelompok tumbuhan lumut. Habitatny berada di daerah lembab seperti rawa-rawa dan biasanya tumbuh di substrat gambut dengan sphagnum spp ataupun lumut lainnya sebagai penutup substrat. Terdapat sorus bulat berwarna kekuningan yang tersusun menyebar di permukaan bawah daun. Hasil pengamatan sesuai dengan pengamatan dari Nuraini and Wisanti (2022). Adapun klasifikasi sebagai berikut (Chowdhury *et al*, 2016):

Kingdom : Plantae  
 Divisi : Polypodiophyta  
 Kelas : Polypodiopsida  
 Ordo : Polypodiales  
 Famili : Dryopteridaceae  
 Genus : *Dryopteris*  
 Spesies : *Dryopteris carthusiana*

#### 4.2.2 Lampenflora Jenis Tumbuhan Lumut

##### a. *Dicranium scoparium*



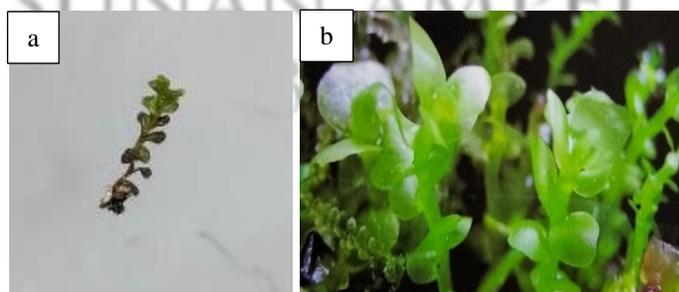
Gambar 4.12 *Dicranium scoparium*  
 a. Dokumentasi pribadi, b. Literatur  
 (Tamaela *et al.*, 2020)

Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa ciri spesies *Dicranium scoparium* memiliki daun berwarna hijau sedikit kekuningan hingga hijau tua, daun kecil berukuran 4-7,5 mm yang berbentuk seperti tombak yaitu kurus hingga ujungnya yang lancip. Tumbuhan lumut *Dicranium scoparium* termasuk jenis lumut daun, daunnya tumbuh halus kecil-kecil yang rapat mirip rumput pada umumnya (berupa bantalan

cukup tebal) dan sering ditemukan di lokasi yang ternaungi atau teduh tetapi juga dapat ditemukan di pohon dan kayu gelondongan. Tumbuhan ini ditemukan di dalam gua pada substrat batuan kasar dinding gua. Hasil pengamatan sesuai dengan pengamatan dari Tamaela *et al* (2020). Adapun klasifikasinya yaitu sebagai berikut (Tamaela *et al*, 2020):

Kingdom : Plantae  
 Divisi : Bryophyta  
 Kelas : Bryopsida  
 Ordo : Dicranales  
 Famili : Dicranaceae  
 Genus : *Dicranium*  
 Spesies : *Dicranium scoparium*

b. *Haplomitrium mnioides*



Gambar 4.13 *Haplomitrium mnioides*

a. Dokumentasi pribadi, b. Literatur  
 (Suhono, 2012)

Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa ciri spesies *Haplomitrium mnioides* memiliki rizoid yang tidak berdaun dan warna daun hijau gelap dengan

bentuk bulat telur yang tumbuh pada talus tegak. Memiliki kapsul spora berwarna cokelat yang membentuk silinder dan akan pecah menjadi 4 saat sudah masak. Tumbuhan lumut *Haplomitrium mnioides* termasuk jenis lumut hati, namun bentuknya mirip lumut daun dari suku Haplomitriaceae. Umumnya spesies ini tumbuh tegak dengan ukuran sekitar 1-2 cm (maksimal 10 cm). Lumut hati kebanyakan tumbuh di daerah lembab seperti tepi sungai, di sekitar pancuran air dan tempat yang ternaungi seperti di dinding gua. Hasil pengamatan sesuai dengan pengamatan dari Suhono (2012). Adapun klasifikasinya yaitu sebagai berikut (Suhono, 2012):

Kingdom : Plantae  
 Divisi : Marchantiophyta  
 Kelas : Haplomitriopsida  
 Ordo : Haplomitriales  
 Famili : Haplomitriaceae  
 Genus : *Haplomitrium*  
 Spesies : *Haplomitrium mnioides*

c. *Hyophila javanica*



Gambar 4.14 *Hyophila javanica*  
 a. Dokumentasi pribadi, b. Literatur  
 (Raihan *et al*, 2018)

Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa ciri spesies *Hyophila javanica* memiliki ukuran daun sedikit lebih panjang ( $\pm 8$  mm) dari spesies lumut yang ditemukan. Memiliki daun berwarna hijau gelap dan tumbuh menumpuk di bagian ujung. Tumbuhan lumut *Hyophila javanica* termasuk jenis lumut daun dan bentuknya terlihat seperti ristal serta memiliki batang dengan permukaan yang ditutupi daun. Tumbuhan ditemukan di dinding gua dan dapat dijumpai di sekitar pepohonan atau bebatuan yang cukup lembab. Hasil pengamatan sesuai dengan pengamatan dari Raihan *et al* (2018). Adapun klasifikasinya yaitu sebagai berikut (Raihan *et al*, 2018):

Kingdom : Plantae  
 Divisi : Bryophyta  
 Kelas : Bryopsida  
 Ordo : Pottiales  
 Famili : Pottiaceae  
 Genus : *Hyophila*  
 Spesies : *Hyophila javanica*

d. *Fissidens schmidii*



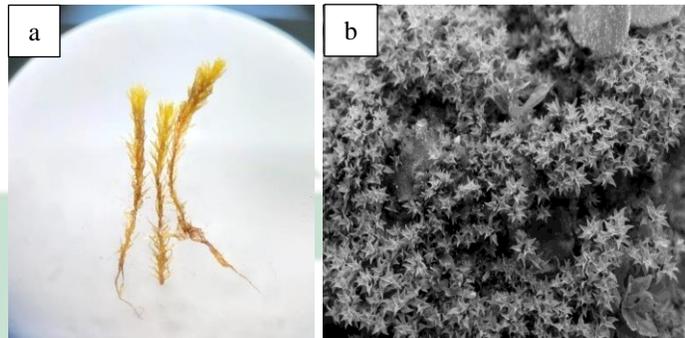
Gambar 4.15 *Fissidens schmidi*  
a. Dokumentasi pribadi, b. Literatur  
(Ristanto *et al*, 2021)

Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa ciri spesies *Fissidens schmidi* memiliki bentuk daun lonjong-lanset yang berwarna hijau terang dengan ujungnya tajam dan tumbuhnya mirip seperti rangkaian bulu unggas. Terdapat talus yang tegak atau sedikit merunduk dan pada pangkal daun talus bercabang sehingga tumbuhan ini tampak rimbun. Tumbuhan lumut *Fissidens schmidi* termasuk jenis lumut daun yang ditemukan di dinding gua cukup lembab. Umumnya tumbuhan ini tumbuh di tanah berhumus dan batuan di daerah yang lembab. Hasil pengamatan sesuai dengan pengamatan dari Suhono (2012). Adapun klasifikasinya yaitu sebagai berikut (Suhono, 2012):

Kingdom : Plantae  
Divisi : Bryophyta  
Kelas : Bryopsida  
Ordo : Dicranales  
Famili : Fissidentaceae  
Genus : *Fissidens*

Spesies : *Fissidens schmdii*

e. *Barbula ferruginasce*



Gambar 4.16 *Barbula ferruginascens*

a. Dokumentasi pribadi, b. Literatur (Kockinger & Kucera, 2007)

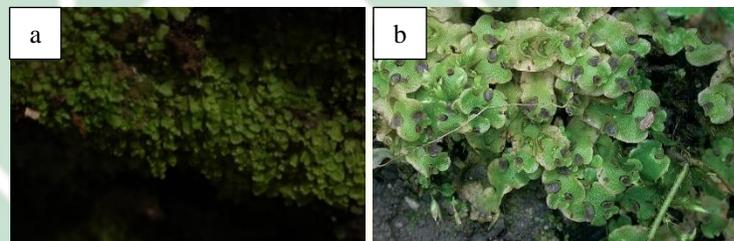
Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa ciri spesies *Barbula ferruginascens* memiliki daun pendek sekitar 1,5 mm yang berwarna hijau kekuningan pada daun muda dan berwarna coklat kemerahan di daun bagian bawah. Memiliki ukuran yang cukup tinggi dari pada lumut jenis lainnya yaitu dapat mencapai 5 cm. Tumbuhan lumut *Barbula ferruginascens* termasuk jenis lumut daun yang tumbuh membentuk rumput sedikit longgar tetapi jika dilihat dari atas lumut ini tumbuh sangat tebal dan sering dijumpai di bebatuan atau tanah yang lembab seperti di dalam gua. Bagian pangkal daun lebar dan ujung daun yang lancip. Hasil pengamatan sesuai dengan pengamatan dari Fedosov and Ignatova (2008). Adapaun klasifikasinya yaitu sebagai berikut (Wiadril *et al*, 2018):

Kingdom : Plantae

Divisi : Bryophyta

Kelas : Bryopsida  
 Ordo : Pottiales  
 Famili : Pottiaceae  
 Genus : *Barbula*  
 Spesies : *Barbula ferruginasce*

f. *Lunularia cruciata*



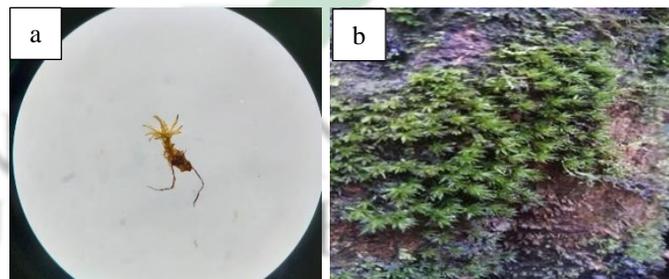
Gambar 4. 17 *Lunularia cruciata*  
 a. Dokumentasi pribadi, b. Literatur  
 (Kirschner *et al*, 2010)

Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa ciri spesies *Lunularia cruciata* memiliki talus yang tidak terbagi atas batan dan daun seperti pada lumut daun. Tumbuhan ini memiliki sebutan lumut hati mooncup (cangkir bulan sabit) yaitu tumbuhan kecil yang tumbuh datar dengan struktur yang sederhana dan berwarna hijau tidak mencolok. Spesies ini ditemukan menempel pada dinding di bagian mulut gua. Hasil pengamatan sesuai dengan pengamatan dari Mennerich (2009). Tumbuhan lumut *Lunularia cruciata* memiliki talus bercabang selebar 12 mm secara dikomtis dengan pori-pori udara kecil dan pada saat kering spesies ini menjadi kekuningan dengan tepi talus menggulung. Umumnya habitat *Lunularia cruciata* di tempat lembab hingga basah dan terdapat pada celah-celah dinding lembab seperti gua, sesuai dengan

hasil pengamatan dari Kirschner *et al* (2010). Adapun klasifikasi dari *Lunularia cruciata* yaitu sebagai berikut (Sukamto, 2021):

Kingdom : Plantae  
 Divisi : Hepatophyta  
 Kelas : Hepatopsida  
 Ordo : Marchantiales  
 Famili : Lunulariaceae  
 Genus : *Lunularia*  
 Spesies : *Lunularia cruciata*

g. *Barbula indica*



Gambar 4.18 *Barbula indica*

a. Dokumentasi pribadi, b. Literatur  
 (Raihan *et al*, 2018)

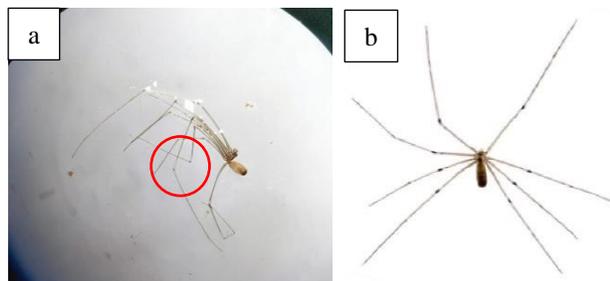
Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa ciri spesies *Barbula indica* memiliki daun yang tersusun berselang-seling rapat dengan tepi daun rata, ujungnya meruncing dan daun tersebut akan berwarna kecoklatan saat tumbuhan kering. Memiliki batang tumbuh tegak yang dikelilingi oleh daun, ukuran panjang lumut kecil

sekitar 0,5-1 cm. Tumbuhan lumut *Barbula indica* termasuk jenis lumut daun yang paling banyak ditemukan pada titik pengamatan. Spesies ini jika dilihat dari atas seperti tumbuh rumpun atau berupa bantalan berwarna hijau tua sampai kekuningan. Tumbuhan ini sering ditemukan di bebatuan yang lembab dan tanah yang ternaungi. Hasil pengamatan sesuai dengan pengamatan dari Raihan *et al* (2018). Adapun klasifikasinya yaitu sebagai berikut (Raihan *et al*, 2018):

Kingdom : Plantae  
 Divisi : Bryophyta  
 Kelas : Bryopsida  
 Ordo : Pottiales  
 Famili : Pottiaceae  
 Genus : *Barbula*  
 Spesies : *Barbula indica*

### 4.2.3 Arthropoda

#### a. *Pholcus phalangiodes*

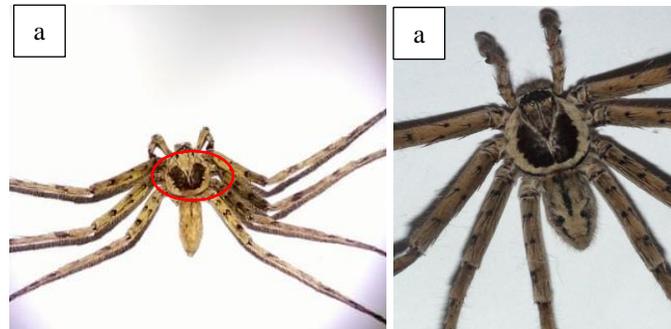


Gambar 4.19 *Pholcus phalangiodes*  
 a. Dokumentasi pribadi, b. Literatur  
 (Rayner *et al*, 2022)

Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa ciri spesies *Pholcus phalangiodes* memiliki kaki yang sangat panjang tipis sebagai ciri utamanya dan kakinya mudah rapuh serta memiliki ukuran tubuh yang kecil. Kaki yang dimiliki spesies ini tidak memiliki duri tetapi memiliki rambut halus berwarna abu-abu. Bagian segmen lutut memiliki warna lebih gelap daripada bagian kaki lainnya (lingkaran merah, gambar 4.19.a). Memiliki tubuh berwarna kuning pucat sedikit kecoklatan dan tubuhnya hampir tembus pandang atau transparan. Laba-laba *Pholcus phalangiodes* dapat ditemukan di seluruh dunia dan menyukai tempat yang minim cahaya seperti di dalam rumah, di bawah bebatuan dan di dalam gua dan dengan jaring-jaringnya yang cukup besar yang tidak beraturan. Hasil pengamatan sesuai dengan pengamatan dari Saha *et al* (2017). Adapun klasifikasinya yaitu sebagai berikut (Japyassu & Macagnan, 2004):

Kingdom : Animalia  
 Filum : Arthropoda  
 Sub filum : Chelicerata  
 Kelas : Arachnida  
 Ordo : Araneae  
 Famili : Pholcidae  
 Genus : *Pholcus*  
 Spesies : *Pholcus phalangiodes*

b. *Heteropoda venetoria*



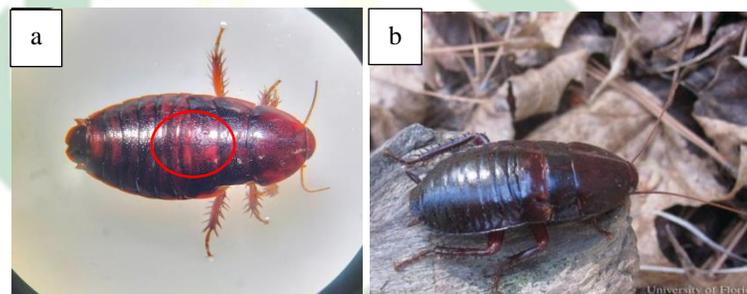
Gambar 4.20 *Heteropoda venetoria*  
 a. Dokumentasi pribadi, b. Literatur  
 (Edwards, 2003)

Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa ciri spesies *Heteropoda venetoria* memiliki ukuran tubuh lebih besar daripada spesies laba-laba yang ditemukan saat penelitian yaitu sekitar 2,2 – 2,8 cm dan rentang kaki 7-12 cm. Spesies dengan sebutan laba-laba raksasa pemburu umumnya memakan hama domestik berukuran cukup besar seperti kecoa karena kecepatan mulut mereka dalam menangkap mangsa sangat kuat dan memiliki racun yang diberikan kepada mangsanya. Memiliki tubuh berwarna coklat dengan bulu halus dari cephalotorax hingga seluruh bagian kaki dan (lingkaran merah, gambar 4.20.a). Abdomen pada spesies ini berbentuk bulat lonjong sedikit pipih dan meruncing pada bagian ujungnya. Hasil pengamatan sesuai dengan pengamatan dari Taek *et al* (2020). Spesies jantan memiliki ukuran kaki lebih panjang daripada betina dan sering ditemukan di tempat yang terlindungi seperti di dalam rumah, lumbung dan gudang serta jarang ditemukan di luar ruangan, sesuai dengan hasil pengamatan dari Edwards (2003). Adapun klasifikasinya yaitu sebagai berikut (Jocque & Dippenaar, 2006):

Kingdom : Animalia

Filum : Arthropoda  
 Sub filum : Chelicerata  
 Kelas : Arachnida  
 Ordo : Araneae  
 Famili : Sparassidae  
 Genus : *Heteropoda*  
 Spesies : *Heteropoda venatoria*

c. *Eurycotis floridana*



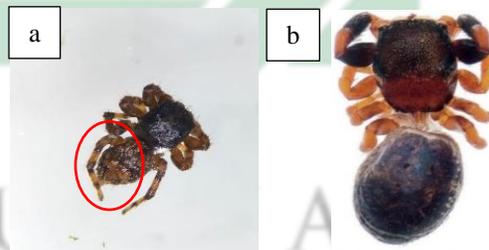
Gambar 4.21 *Eurycotis floridana*  
 a. Dokumentasi pribadi, b. Literatur  
 (Bibs & Baldwin, 2012)

Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa ciri spesies *Eurycotis floridana* atau nama umumnya kecoa hutan memiliki ukuran tubuh lebih kecil daripada kecoa Amerika (*Periplaneta americana*). Memiliki tubuh dengan panjang 30-40 mm dan lebarnya 24 mm. Tubuhnya berwarna coklat gelap sedikit kemerahan hingga hampir hitam dan memiliki dua antenna yang cukup panjang. *E. Floridana* tidak memiliki sayap tetapi terdapat bantalan kasar pendek pada bagian punggungnya atau yang disebut tegmina (lingkaran merah, gambar 4.21.a). Selain ukuran tubuh lebih kecil, spesies ini juga bergerak relatif lambat jika ada gangguan dari sekitar. Hasil

pengamatan sesuai dengan pengamatan dari Bibs & Baldwin (2012). Adapun klasifikasinya yaitu sebagai berikut (Luna et la, 2021):

Kingdom : Animalia  
 Filum : Arthropoda  
 Kelas : Insecta  
 Ordo : Blattodea  
 Famili : Blattidae  
 Genus : *Eurycotis*  
 Spesies : *Eurycotis floridana*

d. *Sibianor laeae*



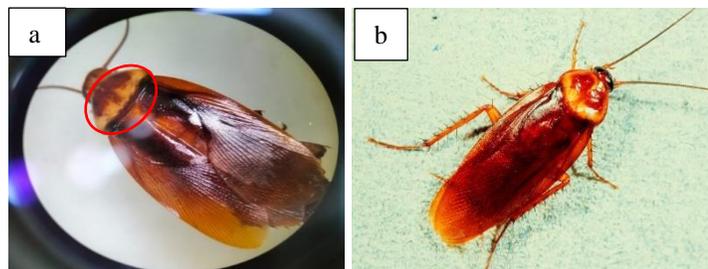
Gambar 4.22 *Sibianor laeae*  
 a. Dokumentasi pribadi, b. Literatur  
 (Vogels, 2012)

Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa ciri spesies *Sibianor laeae* memiliki kaki cukup ramping dengan dilapisi bulu halus dan memiliki perut lebar berwarna gelap dengan bagian ujung tumpul (oval) (lingkaran merah, gambar 4.22.a). Memiliki ukuran tubuh sekitar 4-11 mm dan berwarna kuning pucat sampai coklat tua atau gelap. Memiliki enam mata yang berukuran kecil dan tersusun dalam tiga pasang

dengan jarak yang berdekatan. Laba-laba jenis ini dapat mengalahkan mangsanya dengan cara menyemburkan lem yang dimilikinya. Umumnya ditemukan di tempat lembab seperti di rawa-rawa dan lahan gambut (tanah berlumut). Hasil pengamatan sesuai dengan pengamatan dari Jocque & Dippenaar (2006). *Sibianor lae* adalah salah satu laba-laba pelompat dari famili salticidae yang memiliki kaki tebal dilengkapi dengan patela 1 berwarna merah, sesuai dengan hasil dari Vogels (2012). Adapun klasifikasinya yaitu sebagai berikut (Elverici *et al*, 2013):

Kingdom : Animalia  
 Filum : Arthropoda  
 Kelas : Arachnida  
 Ordo : Araneae  
 Famili : Salticidae  
 Genus : *Sibianor*  
 Spesies : *Sibianor lae*

e. *Periplaneta americana*

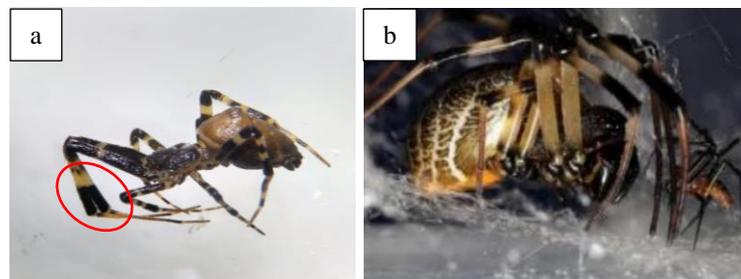


Gambar 4.23 *Periplaneta americana*  
 a. Dokumentasi pribadi, b. Literatur  
 (Perrot & Miller, 2010)

Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa ciri spesies *Periplaneta americana* memiliki tubuh berwarna coklat gelap hingga kemerahan yang mengkilap dan sedikit berwarna kuning pada bagian pronotum (tepat di belakang kepala) (lingkaran merah, gambar 4.23.a). Memiliki ukuran tubuh yang dapat mencapai 38 mm terdapat dua antenna yang panjangnya hamper sama dengan ukuran tubuh dan memiliki sepasang cerci di bagian kaki dan ujung perut. Kecoa jenis ini memiliki sayap dan terkadang terbang, tetapi lebih sering lari saat ada gangguan. Hasil pengamatan sesuai dengan pengamatan dari Perrot & Miller (2010). Klasifikasi dari *Periplaneta americana* yaitu sebagai berikut (Utami *et al*, 2022):

Kingdom : Animalia  
 Filum : Arthropoda  
 Kelas : Insecta  
 Ordo : Blattodea  
 Famili : Blattidae  
 Genus : *Periplaneta*  
 Spesies : *Periplaneta americana*

f. *Nephilengys malabarensis*



Gambar 4.24 *Nephilengys malabarensis*  
 a. Dokumentasi pribadi, b. Literatur  
 (Yirka, 2012)

Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa ciri spesies *Nephilengys malabarensis* memiliki ukuran tubuh sekitar 3-15 mm terdapat warna orange pada perut dan bagian bawah chepalotorax. Ukuran tubuh spesies jantan lebih kecil daripada spesies betina, spesies jantan umumnya memiliki panjang tubuh kurang dari 5 mm sedangkan spesies betina dapat mencapai 15 mm. Bagian kaki berwarna hitam dan kuning yang berselang seling serta dilapisi oleh banyak duri (lingkaran merah, gambar 4.24.a). Memiliki perut bulat dengan bagian ujungnya meruncing dan terdapat delapan mata yang tersusun dalam dua baris. Hasil pengamatan sesuai dengan pengamatan dari Jocque & Dippenaar (2006). Adapun klasifikasinya yaitu sebagai berikut (Jocque & Dippenaar, 2006):

Kingdom : Animalia  
 Filum : Arthropoda  
 Kelas : Arachnida  
 Ordo : Araneae  
 Famili : Nephilidae  
 Genus : *Nephilengys*  
 Spesies : *Nephilengys malabarensis*

### 4.3 Hasil Analisis pada Lampenflora Jenis Tumbuhan Paku

Berdasarkan hasil pengamatan, lampenflora jenis tumbuhan paku di lokasi pengamatan pada substrat batu atau dinding gua di Kawasan karst Tuban pada tahun 2022. Gua yang menjadi tempat pengambilan sampel meliputi gua alami dan gua wisata. Gua alami adalah gua landak dan gua wisata adalah gua akbar dan gua maharani. Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan tumbuhan paku sebanyak 165 individu, yang terbagi menjadi 11 spesies dari 7 famili. Tumbuhan lampenflora jenis paku-pakuan yang telah ditemukan maka dihitung nilai indeks diversitas ( $H'$ ), indeks nilai penting (INP), indeks pemerataan (E) dan indeks dominansi.

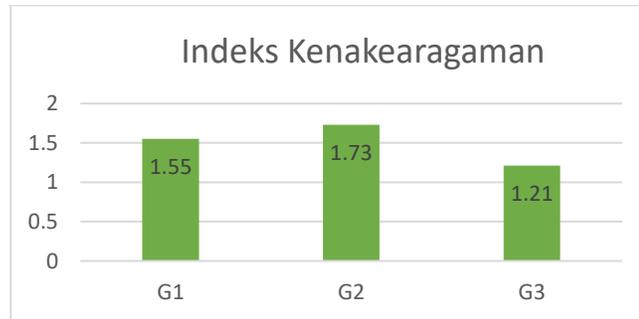
#### 4.3.1 Indeks Keanekaragaman

Berdasarkan hasil analisis data mengenai indeks keanekaragaman ( $H'$ ) tumbuhan paku telah diperoleh nilai yang berbeda-beda pada setiap lokasi. Indeks keanekaragaman tumbuhan paku dari 3 gua Kawasan karst Tuban yang memiliki nilai paling tinggi yaitu pada lokasi Gua maharani sebesar 1,73. Selanjutnya pada lokasi Gua akbar sebesar 1,55 dan pada lokasi Gua landak sebesar 1,21. Indeks keanekaragaman tumbuhan paku dengan nilai paling rendah yaitu pada lokasi Gua landak dengan nilai  $H' = 1,21$  dan lokasi tersebut merupakan gua alami di Kawasan karst Tuban. Hasil indeks keanekaragaman tumbuhan paku dapat dilihat pada tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.3 Indeks keanekaragaman tumbuhan paku

| Lokasi       | $H'$ | Keterangan |
|--------------|------|------------|
| Gua akbar    | 1.55 | Sedang     |
| Gua maharani | 1.73 | Sedang     |
| Gua landak   | 1.21 | Sedang     |

Keterangan: lokasi G1; Gua akbar, G2; Gua maharani dan G3; Gua landak



Gambar 4.25. Indeks keanekaragaman Tumbuhan paku  
Keterangan: lokasi G1; Gua akbar, G2; Gua maharani dan G3; Gua landak

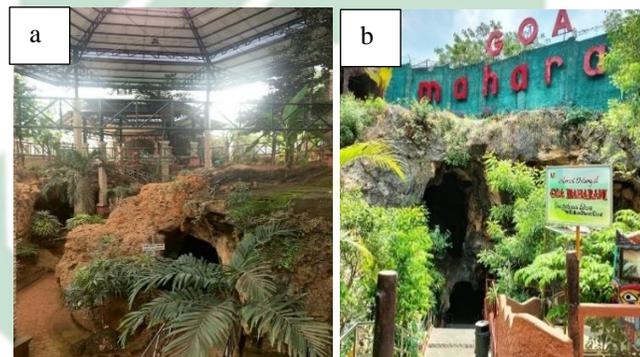
Perhitungan indeks keanekaragaman pada tumbuhan paku pada 3 lokasi di Kawasan karst Tuban menunjukkan seluruh nilai tersebut termasuk kategori keanekaragaman sedang. Keanekaragaman spesies dapat dikatakan sedang yakni dilihat dari hasil perhitungan indeks keanekaragaman yang lebih dari 1 dan kurang dari 3 ( $1 > H' < 3$ ) yang artinya produktivitas tiap spesies cukup dan kondisi ekosistem cukup seimbang (Asri dan Marzuki, 2020). Indeks keanekaragaman memiliki tiga kategori nilai yaitu jika indeks keanekaragaman kurang dari 1 maka tergolong keanekaragaman rendah, jika indeks keanekaragaman berkisar pada angka 1-3 maka tergolong keanekaragaman sedang dan jika nilai indeks keanekaragaman melebihi 3 maka keanekaragaman di lokasi tersebut tinggi artinya memiliki produktivitas tinggi dan tahan terhadap ancaman ekologi (Irma dan Herlina, 2013).

Indeks keanekaragaman tumbuhan paku pada lokasi Gua akbar dan Gua maharani termasuk kategori sedang yang dimana suatu komunitas pada lokasi tersebut masih dalam kondisi stabil. Tumbuhan paku di gua akbar dan gua maharani memiliki kemampuan beradaptasi yang cukup tinggi pada lingkungan dan sedang mengalami perkembangan ke arah komunitas yang lebih stabil atau keanekaragaman tinggi (Pramudita *et al*, 2021).

Sedikit atau banyaknya jumlah spesies yang ditemukan pada lokasi penelitian tersebut tentunya dapat disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah lingkungan yang merupakan habitat bagi makhluk hidup. Lingkungan memiliki peran penting yang berpengaruh terhadap semua makhluk hidup di dalamnya (Leki *et al*, 2022). Umumnya gua memiliki kelembaban, suhu dan intensitas cahaya yang rendah bahkan tidak ada cahaya sama sekali di dalamnya (Sambolangi *et al*, 2021). Kondisi lembab dan suhu rendah tersebut sangat mendukung keberadaan tumbuhan paku di dalam gua. Selain itu, di kedua lokasi tersebut merupakan gua wisata (gua akbar dan gua maharani) yang terdapat beberapa lampu di dalamnya sehingga dapat membantu pertumbuhan tumbuhan paku lebih banyak atau beragam.

Pada penelitian ini, tumbuhan paku di dalam gua wisata hanya ditemukan di dekat lampu gua saja. Hal ini sejalan dengan penelitian Kurniawan dan Rahmadi (2019) yang hanya menemukan tumbuhan paku di dekat lampu gua. Tumbuhan paku dapat tumbuh di substrat gua yang berupa batuan kasar dan keras yang miskin hara dekat dengan sumber cahaya. Spesies tumbuhan paku di kedua lokasi (gua akbar dan gua maharani) lebih banyak ditemukan di pintu masuk atau keluar gua daripada di dalam gua. Seperti spesies *Adiantum lunulatum* dengan total 21 individu yang hanya ditemukan di mulut gua akbar sedangkan pada gua maharani terdapat 4 spesies yang ditemukan di mulut gua yaitu *Asplenium nidus*, *Pteriss vittata*, *Nephrolepis exaltata* dan *Nephrolepis cordifolia*. Hasil indeks keanekaragaman pada lokasi Gua maharani lebih tinggi daripada Gua akbar dapat dikarenakan jumlah individu tiap spesies di lokasi gua maharani lebih merata dan tidak ada spesies yang tumbuh dominan. Selain itu, pada lokasi Gua maharani juga memiliki pintu masuk yang cukup luas dan sangat terbuka sehingga tumbuhan paku yang berada

pada pintu masuk gua dapat tumbuh dengan baik dengan adanya sinar matahari yang cukup. Sementara itu, pada gua akbar memiliki pintu masuk yang tertutupi oleh kanopi buatan dari pihak pengelola wisata tempat tersebut. Adanya kanopi pada bagian mulut gua akbar menjadikan tumbuhan paku tidak dapat tumbuh optimal karena sinar matahari yang terhalangi oleh kanopi (gambar 4.26).



Gambar 4.26. Bagian pintu masuk atau mulut gua  
Keterangan: a. Gua akbar, b. Gua maharani  
(Dokumentasi pribadi, 2022)

Indeks keanekaragaman pada lokasi Gua landak yang merupakan gua alami di Kawasan karst Tuban juga menunjukkan hasil keanekaragaman sedang (Gambar 4.1) tetapi nilai yang diperoleh lebih rendah daripada lokasi Gua akbar dan Gua maharani. Indeks keanekaragaman tumbuhan paku di Gua landak sebagai gua alami lebih rendah daripada gua wisata (gua akbar dan gua maharani) dapat dikarenakan di lokasi tersebut didominasi oleh beberapa spesies saja dan jumlah individu dari tiap spesies yang tidak merata (Handayani dan Sugiarti, 2017). Spesies yang tumbuh dominan di lokasi yaitu *Adiantum lunulatum* dengan total 32 individu. Gua landak memiliki indeks keanekaragaman terendah pada penelitian juga dapat dikarenakan spesies tumbuhan paku

hanya ditemukan di bagian mulut gua atau zona terang saja. Berbeda dengan lokasi gua wisata (gua akbar dan gua maharani) yang terdapat tumbuhan paku di dalam gua.



Gambar 4.27. Mulut Gua landak  
(Dokumentasi pribadi, 2022)

Lokasi pengamatan pada Gua landak merupakan gua alami di Kawasan karst Tuban yang berarti jarang dikunjungi manusia karena kondisi yang gelap di dalam gua sehingga tidak ditemukannya tumbuhan paku baik pada zona remang maupun zona gelap, hanya terbatas pada zona terang gua. Menurut Sambolangi *et al* (2021), tumbuhan yang mampu hidup di dalam gua hanya tumbuhan lumut, tumbuhan lain seperti tumbuhan paku dan semak-semak hanya tumbuh di sekitar mulut gua. Gua landak memiliki mulut gua yang tidak begitu besar dan terdapat banyak tumbuhan liar selain tumbuhan paku pada bagian mulut gua seperti rumput-rumut yang rimbun (gambar 4.27). Sejatinya, gua adalah batuan yang terjadi dalam proses alami berupa lubang yang gelap gulita di dalamnya dan tidak ada sumber cahaya sama sekali. Dengan kondisi yang gelap gulita inilah yang menjadikan organisme fotosintetik seperti tumbuhan paku tidak ditemukan di dalam gua (Kurniawan dan Rahmadi, 2019).

Hasil indeks keanekaragaman pada Kawasan Karst Tuban menunjukkan perbedaan pada tiap lokasi pengamatan dan hasil tersebut tentunya tidak lepas dari berbagai faktor yang mempengaruhi keberadaan tumbuhan paku di lokasi pengamatan. Selain itu, adanya

perbedaan jumlah individu pada tiap spesies yang ditemukan saat pengamatan juga mempengaruhi indeks keanekaragaman di tiap lokasi. Terdapat beberapa faktor biotik dan abiotik yang mempengaruhi keberadaan tumbuhan paku. Adapun faktor biotik yang mempengaruhi yaitu dispersial spora dan kompetisi antar tumbuhan di suatu wilayah, sedangkan faktor abiotiknya adalah suhu, kelembaban, pH tanah dan intensitas cahaya (Adlini *et al*, 2021).

#### 4.3.2 Indeks Kemerataan Jenis

Berdasarkan hasil analisis data mengenai indeks kemerataan (E) tumbuhan paku memperoleh nilai yang berbeda-beda pada setiap lokasi penelitian. Hasil indeks kemerataan tumbuhan paku dari 3 lokasi gua pada Kawasan karst Tuban dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.4 Indeks Kemerataan Tumbuhan Paku

| Lokasi | E    | Keterangan |
|--------|------|------------|
| G1     | 0.80 | Tinggi     |
| G2     | 0.83 | Tinggi     |
| G3     | 0.67 | Tinggi     |

Keterangan: G1; Gua akbar, G2; Gua maharani, G3; Gua landak

Hasil analisis indeks kemerataan tumbuhan paku pada tabel 4.4 menunjukkan nilai dengan kategori tinggi pada seluruh lokasi penelitian karena  $E > 0,6$ . Indeks kemerataan pada Gua maharani memiliki nilai tertinggi yaitu sebesar 0.83. Pada lokasi Gua akbar memiliki indeks kemerataan sebesar 0.80 dan lokasi Gua landak sebesar 0.67. Indeks kemerataan jenis memiliki tiga kategori nilai yaitu apabila nilai E kurang dari 0,3 maka tergolong kemerataan rendah, apabila nilai E berkisar pada angka 0,3-0,6 maka tergolong kemerataan sedang dan apabila nilai E melebihi 0,6 maka dapat

dikatakan indeks kemerataan tergolong tinggi (Siswanto *et al*, 2021). Indeks kemerataan jenis yang diperoleh pada lokasi Gua maharani menunjukkan nilai lebih tinggi daripada Gua akbar dan Gua landak. Gua maharani dan Gua akbar merupakan lokasi gua wisata yang memiliki indeks kemerataan dengan selisih sangat dekat.

Gua maharani sebagai gua wisata di Kawasan karst Tuban memiliki indeks kemerataan tertinggi pada pengamatan yang memperoleh 8 spesies dengan total 65 individu. Selanjutnya disusul oleh Gua akbar yang memperoleh 7 spesies dengan total 49 individu dan pada lokasi Gua landak memperoleh 6 spesies dengan total 51 individu. Tingginya kemerataan jenis pada seluruh lokasi gua karena memiliki jumlah individu dari tiap spesies yang merata dan tidak ada spesies yang mendominasi pada lokasi penelitian. Pada lokasi Gua maharani dengan indeks kemerataan tertinggi dapat dikarenakan lokasi tersebut memiliki karakteristik lingkungan yang sesuai pada seluruh spesies tumbuhan paku yang ditemukan seperti tidak adanya kanopi pada bagian pintu masuk gua dan terdapat lampu didalam gua untuk mendukung pertumbuhan spesies. Indeks kemerataan dapat disebut dengan indeks kelimpahan jenis yang menunjukkan derajat kemerataan dari jumlah individu antar spesies. Apabila jumlah individu dari tiap spesies hampir sama maka komunitas di lokasi tersebut tergolong kemerataan jenis tinggi. Sebaliknya, apabila suatu komunitas terdapat jumlah individu dengan selisih jauh dari tiap spesies artinya terdapat dominansi spesies tertentu maka indeks kemerataan yang dihasilkan akan rendah (Wahuningsih *et al*, 2019). Menurut Kirno *et al* (2018) indeks kemerataan jenis selain dipengaruhi oleh jumlah individu tiap spesies juga dipengaruhi oleh indeks keanekaragaman di suatu wilayah. Indeks kemerataan jenis yang memiliki nilai yang

berada pada angka 0 – 1, apabila nilai yang dihasilkan mendekati 1 maka kelimpahan jenis semakin tinggi (Kirno *et al*, 2018).

#### 4.3.3 Indeks Dominansi

Berdasarkan hasil analisis data mengenai indeks dominansi (C) tumbuhan paku memperoleh nilai yang berbeda-beda pada setiap lokasi penelitian. Hasil indeks dominansi tumbuhan paku dari 3 lokasi gua pada Kawasan karst Tuban dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.5 Indeks Dominansi Tumbuhan Paku

| Lokasi | C    | Keterangan |
|--------|------|------------|
| G1     | 0.26 | Rendah     |
| G2     | 0.16 | Rendah     |
| G3     | 0.42 | Rendah     |

Keterangan: G1; Gua akbar, G2; Gua maharani, G3; Gua landak

Hasil analisis indeks dominansi tumbuhan paku pada tabel 4.5 menunjukkan bahwa pada seluruh lokasi penelitian memiliki nilai dominansi rendah karena hasil yang diperoleh pada kisaran 0.00-0.50. Indeks dominansi pada Gua landak memiliki nilai tertinggi yaitu sebesar 0.42. Pada lokasi Gua akbar memiliki indeks dominansi sebesar 0.26 dan lokasi Gua maharani sebesar 0.16. Terdapat tiga kategori nilai pada indeks dominansi yaitu apabila C memiliki nilai antara 0.00-0.50 maka tergolong dominansi rendah, apabila C memiliki nilai antara 0.50-0.75 maka tergolong dominansi sedang dan apabila C memiliki nilai pada kisaran 0.75-1 maka tergolong dominansi tinggi. Indeks dominansi suatu komunitas dikatakan tinggi apabila nilai C yang dihasilkan tinggi atau mendekati angka 1 (Asri dan Marzuki, 2020).

Hasil indeks dominansi pada seluruh lokasi penelitian di kawasan karst Tuban menunjukkan dominansi yang tergolong rendah. Lokasi pengamatan pada Gua landak yang memiliki indeks dominansi tertinggi pada kawasan karst Tuban diperoleh 6 spesies dengan total 51 individu dari 4 famili yang berbeda. Hal ini dapat diketahui bahwa pada lokasi Gua landak memiliki tumbuhan paku dengan jumlah individu dari tiap spesies yang kurang merata, yakni terdapat salah satu spesies yang tumbuh dominan. Tingginya indeks dominansi yang dihasilkan pada Gua landak masih tergolong rendah karena nilai yang diperoleh  $E < 0.50$  (Asri dan Marzuki, 2020).

Apabila suatu kawasan memiliki indeks dominansi rendah maka hasil indeks keanekaragaman dan indeks pemerataan tinggi. Keduanya memiliki hubungan berbanding terbalik dengan indeks dominansi (Sirait *et al*, 2018). Indeks dominansi rendah akan diikuti dengan tingginya kelimpahan tiap spesies lebih merata sehingga indeks pemerataan dan keanekaragaman yang dihasilkan tinggi (Sulistiyani *et al*, 2014). Kawasan karst Tuban memiliki indeks dominansi rendah dapat dikarenakan pada lokasi tersebut mampu menyediakan sumber daya yang mendukung untuk pertumbuhan berbagai jenis spesies tumbuhan paku. Rendahnya indeks dominansi dapat menunjukkan bahwa pada kawasan tersebut memiliki kondisi habitat yang cukup baik seperti daerahnya lembab dan suhu yang relatif rendah karena sejatinya tumbuhan paku menyukai tempat yang lembab, suhu rendah dan dibawah kanopi (Surfiana *et al*, 2018).

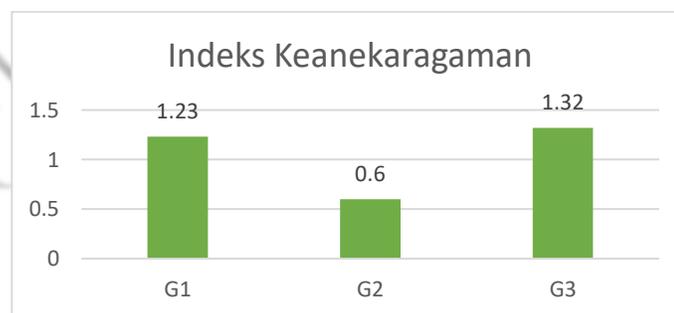
#### **4.4 Hasil Analisis pada Lampenflora Jenis Tumbuhan Lumut**

Berdasarkan hasil pengamatan, lampenflora jenis tumbuhan lumut di lokasi pengamatan pada substrat batu atau dinding gua di Kawasan karst Tuban pada tahun 2022.

Gua yang menjadi tempat pengambilan sampel meliputi gua alami dan gua wisata. Gua alami adalah gua landak dan gua wisata adalah gua akbar dan gua maharani. Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan tumbuhan lumut sebanyak 2.913 individu, yang terbagi menjadi 7 spesies, dari 6 genus dan 5 famili. Tumbuhan lampenflora jenis lumut yang telah ditemukan maka dihitung nilai indeks diversitas ( $H'$ ), indeks nilai penting (INP), indeks kemerataan (E) dan indeks dominansi.

#### 4.4.1 Indeks Keanekaragaman

Perhitungan indeks keanekaragaman pada tumbuhan lumut di 3 lokasi Kawasan karst Tuban memiliki hasil yang berbeda-beda. Indeks keanekaragaman dari 3 lokasi diantaranya yaitu pada lokasi Gua akbar didapatkan nilai  $H'=1,23$ , lokasi Gua maharani didapatkan nilai  $H'=0,60$  dan pada lokasi Gua landak didapatkan nilai  $H'=1,32$ . Nilai indeks keanekaragaman pada 3 lokasi tersebut menunjukkan kategori keanekaragaman sedang kecuali pada lokasi Gua maharani termasuk keanekaragaman rendah.



Gambar 4.28. Indeks Keanekaragaman Tumbuhan Lumut  
Keterangan: G1; Gua akbar, G2; Gua maharani, G3; Gua landak

Perhitungan indeks keanekaragaman pada tumbuhan lumut yang tertinggi yaitu pada lokasi Gua landak dengan nilai 1,32, selanjutnya disusul lokasi Gua akbar dengan nilai

1,23 dan yang terendah yaitu pada lokasi Gua maharani dengan nilai 0,60. Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener dengan nilai  $H' < 1$  termasuk kategori keanekaragaman rendah, apabila keanekaragaman dengan nilai  $1 > H' < 3$  maka termasuk kategori sedang dan apabila keanekaragaman dengan nilai  $H' > 3$  maka tergolong keanekaragaman tinggi (Marfi, 2018). Tumbuhan lumut yang ditemukan di 3 lokasi seluruhnya tumbuh pada substrat dinding gua yang berupa batuan cukup kasar. Indeks keanekaragaman tertinggi diperoleh pada lokasi Gua landak dengan  $H' = 1,32$  dan termasuk keanekaragaman sedang. Pada lokasi ini ditemukan 4 spesies dengan total keseluruhan 869 individu. Sementara itu, indeks keanekaragaman pada lokasi Gua akbar dengan nilai  $H' = 1,23$  juga tergolong keanekaragaman sedang dan ditemukan 4 spesies dengan total 1980 individu.

Spesies tumbuhan lumut yang paling banyak tumbuh pada ketiga lokasi yaitu *Barbula indica* dengan total 341 individu di gua landak, 722 individu di gua akbar dan 45 individu di gua maharani. Spesies *Barbula indica* termasuk jenis tumbuhan lumut daun karena spesies tersebut termasuk tumbuhan kecil yang tumbuh tegak berwarna hijau dan telah memiliki daun sehingga terdapat klorofil untuk proses fotosintesis. Akan tetapi, spesies *Barbula indica* tidak memiliki akar atau jaringan khusus untuk pengangkutan air dan nutrisi (Rianti *et al*, 2019). *Barbula indica* yang mendominasi pada 3 lokasi penelitian terjadi karena substrat pada dinding gua yang berupa batuan. Substrat batuan kasar pada dinding gua dapat menampung air karena adanya cekungan yang menjadikan substrat tersebut lembab sehingga tumbuhan lumut dapat berkembang, selain itu spora tumbuhan lumut yang jatuh juga didukung oleh sinar matahari yang cukup (Fanani *et al*, 2019).

Indeks keanekaragaman pada lokasi Gua akbar dan Gua landak termasuk kategori sedang, namun  $H'$  pada gua landak sebagai gua alami lebih tinggi daripada gua akbar

sebagai gua wisata. Indeks keanekaragaman tumbuhan lumut pada gua landak lebih tinggi karena gua tersebut jarang dikunjungi oleh manusia sehingga lumut dapat berkembang dengan baik. Indeks keanekaragaman tumbuhan lumut pada gua akbar juga termasuk keanekaragaman sedang, tetapi nilai  $H'$  yang diperoleh lebih sedikit. Hal ini dapat dikarenakan gua tersebut sebagai gua wisata yang artinya banyak masyarakat yang mengunjungi gua tersebut, sehingga dapat terjadi perusakan koloni lumut akibat tangan manusia (Fitria *et al*, 2018). Jumlah individu yang ditemukan di gua akbar lebih banyak daripada gua landak, karena saat pengamatan tumbuhan lumut banyak ditemukan di dalam gua akbar yang dekat dengan lampu gua. Sementara pada gua landak hanya ditemukan di mulut gua atau zona terang yang masih terkena sinaran matahari. Pada gua akbar memiliki mulut gua yang tertutupi kanopi.

Perhitungan indeks keanekaragaman pada lokasi Gua maharani menunjukkan  $H'=0,60$  dan tergolong keanekaragaman rendah. Pada lokasi ini hanya ditemukan 2 spesies tumbuhan lumut dengan total 64 individu. Spesies *lunularia cruciata* dengan total 19 individu ditemukan di pintu masuk gua dan didalam gua, sedangkan pada spesies *barbula indica* dengan total 45 individu ditemukan di dalam gua pada substrat gua yang dekat dengan lampu. Spesies yang mendominasi pada lokasi Gua maharani sama dengan lokasi Gua akbar dan Gua landak yaitu spesies *barbula indica*. Keanekaragaman rendah pada lokasi ini dapat dikarenakan pengunjung gua maharani yang cukup tinggi daripada gua akbar sebagai objek wisata. Gua maharani terletak di dalam Maharanzoo, hal ini yang dapat menjadikan pengunjung lebih banyak daripada gua akbar yang juga berperan sebagai gua wisata. Selain itu, mulut gua maharani juga memiliki kanopi rendah sehingga tumbuhan lumut tidak bisa tumbuh dengan baik akibat adanya pancaran sinar matahari

yang cukup tinggi. Ukuran panjang gua juga dapat mempengaruhi tinggi rendahnya spesies lumut yang ditemukan. Pada gua akbar memiliki jalur pengunjung yang masuk lebih panjang dibandingkan dengan gua maharani. Menurut peta Provinsi Jawa Timur, Gua akbar memiliki luas  $\pm 10.000 m^2$  dan gua maharani memiliki luas  $2.500 m^2$ . Adapun jalur pengunjung pada gua wisata juga dibatasi oleh pagar agar pengunjung tidak merusak stalagtit stalagmit gua, sehingga lumut yang ditemukan pada penelitian juga terbatas.

Indeks keanekaragaman tumbuhan lumut pada Kawasan karst Tuban tidak lepas dari beberapa faktor baik biotik maupun abiotik untuk memenuhi proses berlangsungnya tumbuhan tersebut. Beberapa faktor abiotik yang diperlukan untuk pertumbuhannya yaitu suhu, pH tanah, kelembaban dan intensitas cahaya (Purbasari dan Akhmadi, 2019). Lokasi penelitian memiliki kondisi lingkungan yang cukup untuk mendukung keberadaan tumbuhan lumut seperti kelembaban yang tergolong tinggi dan suhu cukup rendah. Adapun faktor biotiknya yaitu substrat atau media tumbuh lumut dan adanya perubahan lingkungan. Tumbuhan lumut mampu hidup pada beberapa jenis substrat yaitu batang pohon, batuan, tanah dan kayu tua atau lapuk. Perubahan lingkungan seperti pergantian musim juga dapat mempengaruhi tinggi rendahnya keanekaragaman lumut. Tumbuhan lumut akan lebih banyak tumbuh pada saat musim penghujan karena kondisi abiotik suatu kawasan tersebut dapat mendukung keberadaan tumbuhan lumut (Wiadril *et al*, 2018).

Keanekaragaman flora merupakan salah satu aspek penting dalam lingkungan dan tersebar di seluruh dunia sekitar 250.000-400.000 jenis dengan tumbuhan jenis lumut mencapai 30.000 (Fitria, 2020). Keanekaragaman tumbuhan lumut dapat ditunjukkan dari morfologi tumbuhan seperti variasi bentuk dari tumbuhan tersebut. Beranekaragam jenis tumbuhan telah diciptakan oleh Allah SWT dengan memiliki ukuran yang berbeda-

beda, mulai dari yang paling kecil hingga yang terbesar seperti pada firman Allah dalam surah Al-Hijr [15]; 19:

وَالْأَرْضَ مَدَدْنَاهَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رَوَاسِيَ وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ شَيْءٍ مَمْرُورٍ

*Artinya: “Dan kami telah menghamparkan bumi dan menjadikan padanya gunung-gunung dan kami tumbuhkan padanya segala sesuatu menurut ukuran”.*

Menurut tafsir Quraish Shihab dalam ayat diatas menjelaskan bahwa Allah SWT menghamparkan bumi yang luas terbentang dengan gunung-gunung sebagai pasak yang kokoh dan menumbuhkembangkan tumbuhan yang beranekaragam sesuai dengan bentuknya masing-masing mulai dari yang kecil hingga terbesar di muka bumi ini. Setiap tumbuhan yang telah diciptakan olehNya memiliki masa pertumbuhan dan penuaian tertentu. Selain itu, dalam ayat tersebut Allah SWT juga menentukan bentuknya sesuai dengan penciptaan dan bagaimana habitat alamnya. Dari ayat diatas, tumbuhan yang telah diciptakan sangat beranekaragam dengan ciri khas yang dimiliki dari tiap spesiesnya terutama dari ukuran dan bentuk tumbuhan tersebut. Adanya perbedaan ukuran tumbuhan, salah satu jenis tumbuhan yang memiliki ukuran sangat kecil yaitu tumbuhan lumut. Tumbuhan lumut adalah kelompok tumbuhan tingkat rendah dengan ukuran tubuh sangat kecil dan tumbuh menempel pada berbagai substrat seperti pohon, bebatuan, tanah dan kayu lapuk. Tumbuhan ini sering disebut sebagai tumbuhan perintis karena dapat tumbuh di suatu lingkungan yang tumbuhan lain tidak mampu tumbuh contohnya lingkungan di dalam gua (Rahardian *et al*, 2017). Selain menciptakan tumbuhan dengan ukuran yang sangat kecil, Allah juga menciptakan tumbuhan paku yang ukurannya berkali-kali lipat dari ukuran tumbuhan lumut. Tumbuhan paku ini terkenal dengan berbagai macam bentuk

daunnya yang sangat indah sehingga banyak digunakan masyarakat sebagai tumbuhan hias.

Tumbuhan paku dan lumut banyak ditemukan liar dan umumnya menyukai tempat yang ternaungi atau tidak terkena sinar matahari langsung. Kehadiran tumbuhan lumut ini sering dianggap masyarakat sebagai penyebab lingkungan menjadi kotor dan licin sehingga dapat membahayakan serta dapat merusak keindahan rumah. Namun, tumbuhan lumut juga memiliki banyak manfaat bagi kehidupan karena sejatinya Allah SWT menciptakan segala sesuatu dengan manfaatnya dan tidak akan sia-sia sesuai dengan firman-Nya dalam surah Ali Imran [3]; 191:

رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا ۖ سُبْحٰنَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

*Artinya: “Ya Tuhan Kami. Tidaklah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia maha suci Engkau, Maka tolong Peliharalah Kami dari siksaan di akhirat kelak (QS. Ali Imran; 191).*

Tumbuhan lumut banyak diketahui menyebabkan rusaknya keindahan apabila tumbuhan tersebut tumbuh pada lingkungan rumah. Selain itu, tumbuhan lumut juga menjadikan organisme lain bermunculan seperti bakteri pembusuk. Tidak dapat dipungkiri bahwa segala sesuatu yang diciptakan Allah di bumi selalu memiliki manfaat dan tidak akan sia-sia menciptakannya. Begitupun pada tumbuhan lumut, selain menimbulkan kerugian tumbuhan lumut juga memiliki banyak manfaat diantaranya sebagai penyerap polutan, penghasil oksigen, media tumbuh untuk tanaman lain seperti spesies Spaghnum dan dapat membantu tanah agar tidak mudah mengalami erosi karena lumut memiliki sifat peresap air (Bawaihaty *et al*, 2014).

Selain tumbuhan lumut, tumbuhan paku juga sering dianggap masyarakat sebagai tumbuhan pengganggu dan tidak berguna, padahal Allah sudah jelas-jelas dalam firmannya surah Ali Imran; 191 bahwa Allah menciptakan sesuatu dengan tidak sia-sia. Beberapa manfaat diantaranya yaitu sebagai tanaman hias, obat-obatan tradisional, insektisida, berteduh hewan liar, mencegah erosi dan juga sebagai sayuran (Nasution *et al*, 2018). Pada hakikatnya, Allah SWT menciptakan segala sesuatu di bumi secara berpasang-pasangan seperti gelap dan terang; siang dan malam; bulan dan matahari; ada dampak positif dan negatif; dan lain sebagainya. Demikian yang telah diciptakanNya berjalan sesuai kehendak Allah SWT dan bertujuan agar manusia dapat mengingat atas kebesaran Allah.

#### 4.4.2 Indeks Nilai Penting

Perhitungan Indeks Nilai Penting tumbuhan lumut di 3 lokasi pada Kawasan Karst Tuban yang meliputi nilai kerapatan, kerapatan relatif, frekuensi dan frekuensi relatif menunjukkan total nilai sebesar 200. Indeks nilai penting dari setiap spesies tumbuhan lumut memiliki hasil yang berbeda-beda. Perhitungan indeks nilai penting (INP) pada tumbuhan lumut dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.6 INP Tumbuhan Lumut

| No. | Nama spesies                | INP (%) |         |        |
|-----|-----------------------------|---------|---------|--------|
|     |                             | G1      | G2      | G3     |
| 1.  | <i>Dicranium scoparium</i>  |         |         | 50,20% |
| 2.  | <i>Haplomitrium mniodes</i> |         |         | 33,12% |
| 3.  | <i>Hyophila javanica</i>    |         |         | 44,10% |
| 4.  | <i>Barbula indica</i>       | 78,13%  | 120,31% | 72,57% |
| 5.  | <i>Fissidens schmidii</i>   | 38,83%  |         |        |

|    |                             |        |        |
|----|-----------------------------|--------|--------|
| 6. | <i>Barbula ferruginasce</i> | 60,60% |        |
| 7. | <i>Lunularia cruciate</i>   | 22,42% | 79,68% |

---

Keterangan: G1; Gua akbar, G2; Gua maharani, G3; Gua landak

Kerapatan jenis adalah jumlah individu tiap spesies yang ditemukan pada luas petak contoh. Sedangkan frekuensi adalah jumlah kemunculan tiap spesies yang telah ditemukan di seluruh petak contoh saat pengamatan. Nilai kerapatan dan nilai frekuensi digunakan untuk mengetahui indeks nilai penting dari setiap spesies yang dimana INP sendiri berfungsi untuk mengetahui spesies yang mendominasi di lokasi penelitian (Hidayat, 2017). Berdasarkan tabel 4.6 menunjukkan bahwa Indeks nilai penting (INP) pada 3 lokasi di Kawasan karst Tuban memiliki nilai INP tertinggi yaitu pada spesies *Barbula indica*. Hal ini dapat diartikan bahwa spesies *Barbula indica* yang mendominasi di setiap lokasi pengamatan. Parwati *et al* (2020) menyatakan apabila suatu spesies memiliki kerapatan tinggi maka nilai INP juga semakin tinggi. Berdasarkan data yang diperoleh, spesies *Barbula indica* di ketiga lokasi memiliki jumlah kerapatan tinggi yang artinya spesies tersebut memiliki jumlah individu paling banyak dan tentunya memiliki INP yang paling besar (Marfi, 2018). Indeks nilai penting digunakan sebagai acuan untuk menentukan tingkat dominansi suatu jenis di dalam komunitas (Indriyanto, 2006; Sujadmiko dan Amalia, 2022). Spesies *Barbula indica* dengan INP paling tinggi diartikan memiliki peranan dan tingkat penguasaan tinggi dalam suatu komunitas di lokasi tersebut. Agustini *et al* (2016) berpendapat bahwa suatu spesies dengan INP tinggi akan lebih unggul dalam memanfaatkan sumberdaya di lingkungan tersebut dan lebih menguasai habitatnya daripada spesies lain.

*Barbula indica* termasuk tumbuhan jenis lumut daun yang memiliki rhizoid untuk hidup menempel pada batuan dinding gua. Spesies ini mampu tumbuh merata dan dominan karena dapat menyesuaikan lingkungan gua secara efektif. Selain itu, kondisi suhu dan kelembaban di dalam juga sangat mendukung keberadaan spesies ini. Menurut Sujadmiko dan Amalia (2022), *Barbula indica* dikatakan sebagai lumut acrocarpus yang termasuk dalam kategori lumut endohidrik. Dalam artian, rhizoid pada lumut jenis ini memiliki peran dalam penyerapan air secara endohidrik yaitu dengan cara rhizoid menembus pori-pori substrat untuk mengambil air yang terkandung pada dinding gua tersebut. Spesies *Barbula indica* pada tiap lokasi memiliki presentase INP tinggi yakni spesies tersebut memiliki peranan penting di 3 lokasi penelitian yaitu Gua akbar, Gua maharani dan Gua landak di Kawasan karst Tuban. Indeks nilai penting berhubungan dengan indeks keanekaragaman dan kerapatan spesies. Nilai kerapatan spesies tinggi maka indeks nilai penting spesies di setiap lokasi juga tinggi, sedangkan indeks keanekaragaman akan memiliki nilai rendah (Parwati *et al*, 2020).

*Lunularia cruciata* merupakan spesies lumut yang memiliki INP terendah pada lokasi Gua akbar dan Gua maharani dengan presentase masing-masing 22,48% dan 79,68%. Sementara spesies yang memiliki INP rendah pada lokasi G3. Gua landak adalah *Haplomitrium mniodes* yaitu sebesar 33,12%. Spesies *Lunularia cruciata* dan *Haplomitrium mniodes* memiliki INP terendah pada lokasi penelitian dikarenakan rendahnya keberadaan spesies tersebut. Rendahnya INP dari spesies ini berbanding lurus dengan jumlah individu yang ditemukan artinya semakin sedikit jumlah spesies maka INP juga semakin rendah (Efendi *et al*, 2013). Spesies *Lunularia cruciata* dan *Haplomitrium mniodes* termasuk jenis tumbuhan lumut hati yang memiliki INP rendah. Hal ini dapat

dikarenakan saat pengamatan spesies tersebut hanya ditemukan pada pintu masuk gua saja dan tumbuhan lumut hati umumnya tumbuh pada substrat batuan di permukaan tanah cukup lembab yang terlindungi dari sinar matahari langsung. Selain itu, pada lokasi penelitian juga terdapat spesies yang mendominasi yang mengakibatkan munculnya spesies dengan jumlah terendah (Efendi *et al*, 2013).

#### 4.4.3 Indeks Kemerataan

Berdasarkan hasil analisis data mengenai indeks kemerataan (E) tumbuhan lumut memperoleh nilai yang berbeda-beda pada setiap lokasi penelitian. Hasil indeks kemerataan tumbuhan lumut dari 3 lokasi gua pada Kawasan karst Tuban dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.7 Indeks Kemerataan Tumbuhan Lumut

| Lokasi | E    | Keterangan |
|--------|------|------------|
| G1     | 0.89 | Tinggi     |
| G2     | 0.87 | Tinggi     |
| G3     | 0.95 | Tinggi     |

Keterangan: G1; Gua akbar, G2; Gua maharani, G3; Gua landak

Hasil analisis indeks kemerataan tumbuhan lumut pada tabel 4.7 menunjukkan nilai dengan kategori tinggi pada seluruh lokasi penelitian karena nilai yang diperoleh melebihi 0,6. Indeks kemerataan pada Gua landak memiliki nilai tertinggi yaitu sebesar 0.95. Pada lokasi Gua akbar memiliki indeks kemerataan sebesar 0.89 dan lokasi Gua maharani sebesar 0.87. Indeks kemerataan jenis memiliki tiga kategori nilai yaitu apabila nilai E kurang dari 0,3 maka tergolong kemerataan rendah, apabila nilai E berkisar pada angka 0,3-0,6 maka tergolong kemerataan sedang dan apabila nilai E melebihi 0,6 maka dapat dikatakan indeks kemerataan tergolong tinggi (Dwisutono *et*

al, 2019). Gua landak menunjukkan indeks pemerataan lebih tinggi daripada kedua gua wisata pada lokasi penelitian. Indeks pemerataan jenis pada lokasi Gua akbar dan Gua maharani sebagai gua wisata memiliki nilai dengan selisih yang sangat dekat.

Tingginya indeks pemerataan pada Gua landak yang merupakan gua alami di Kawasan karst Tuban memiliki indeks pemerataan tertinggi pada pengamatan yang memperoleh 4 spesies dengan total 869 individu. Selanjutnya disusul pada lokasi Gua akbar yang memperoleh 4 spesies dengan total 1980 individu dan Gua maharani memperoleh 2 spesies dengan total 64 individu. Indeks pemerataan jenis pada seluruh lokasi penelitian tergolong pemerataan tinggi karena terdapat jumlah individu pada tiap spesies yang tumbuh merata dengan tidak adanya spesies tertentu yang mendominasi. Pada lokasi Gua landak dengan indeks pemerataan tertinggi dengan nilai 0.95 dapat dikarenakan lokasi tersebut memiliki kondisi lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan berbagai macam jenis tumbuhan lumut. Selain itu, pada lokasi tersebut termasuk gua alami yang jarang dikunjungi masyarakat sehingga lokasinya minim akan gangguan atau kerusakan yang diakibatkan oleh manusia (Suhartono, 2012).

Indeks pemerataan digunakan untuk menunjukkan kelimpahan jumlah individu yang menyusun suatu komunitas pada suatu kawasan. Apabila persebaran spesies merata maka indeks pemerataan yang dihasilkan akan tinggi sehingga terjadi keseimbangan ekosistem yang semakin meningkat (Odum, 1993; Palendeng *et al*, 2022). Tinggi rendahnya indeks pemerataan juga dapat dilihat pada indeks dominansi karena jika nilai yang dihasilkan indeks dominansi rendah maka indeks pemerataan akan tinggi begitupun sebaliknya, jika dominansi tinggi maka pemerataan tergolong

rendah (Palendeng *et al*, 2022). Berdasarkan hasil analisis, indeks pemerataan yang didapat tergolong tinggi berarti kondisi lingkungan pada seluruh lokasi penelitian menyediakan ketersediaan sumber daya pakan dan habitat yang mampu mendukung tumbuhan lumut melangsungkan hidupnya (Safanah *et al*, 2017).

#### 4.4.4 Indeks Dominansi

Berdasarkan hasil analisis data mengenai indeks dominansi (C) tumbuhan lumut memperoleh nilai yang berbeda-beda pada setiap lokasi penelitian. Hasil indeks dominansi tumbuhan lumut dari 3 lokasi gua pada Kawasan karst Tuban dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.8 Indeks Dominansi Tumbuhan Lumut

| Lokasi | C    | Keterangan |
|--------|------|------------|
| G1     | 0.31 | Rendah     |
| G2     | 0.58 | Sedang     |
| G3     | 0.28 | Rendah     |

Keterangan: G1; Gua akbar, G2; Gua maharani, G3; Gua landak

Hasil analisis indeks dominansi tumbuhan lumut pada tabel 4.8 menunjukkan bahwa pada seluruh lokasi penelitian memiliki nilai dominansi rendah kecuali pada lokasi Gua maharani tergolong dominansi sedang karena hasil yang diperoleh pada angka 0.50-0.80. Indeks dominansi pada Gua maharani memiliki nilai tertinggi yaitu sebesar 0.58. Pada lokasi Gua akbar memiliki indeks dominansi sebesar 0.31 dan lokasi Gua landak sebesar 0.28. Terdapat tiga kategori nilai pada indeks dominansi yaitu apabila C memiliki nilai antara 0.00-0.50 maka tergolong dominansi rendah, apabila C memiliki nilai antara 0.50-0.80 maka tergolong dominansi sedang dan apabila C memiliki nilai pada kisaran 0.80-1 maka tergolong dominansi tinggi. Indeks

dominansi suatu komunitas dikatakan tinggi apabila nilai  $C$  yang dihasilkan tinggi atau mendekati angka 1 (Eman et al, 2022).

Hasil indeks dominansi pada tabel menunjukkan indeks dominansi tergolong rendah dan sedang. Lokasi pengamatan pada Gua maharani yang memiliki indeks dominansi tertinggi pada kawasan karst Tuban diperoleh 2 spesies dengan total 64 individu dari 2 famili yang berbeda. Hal ini dapat diketahui bahwa pada lokasi Gua maharani terdapat salah satu spesies yang tumbuh dominan, yakni tumbuhan lumut di lokasi tersebut memiliki jumlah individu tiap spesies yang kurang merata. Tingginya indeks dominansi pada Gua maharani dengan nilai 0.58 masih tergolong kategori sedang karena  $E < 0.80$  (Eman et al, 2022).

Indeks dominansi pada Gua maharani dengan kategori sedang dapat dikarenakan terdapat spesies tertentu yang lebih mampu untuk tumbuh dominan pada habitat tersebut sehingga menunjang kehidupan dari salah satu spesies tumbuhan lumut. Indeks dominansi memiliki keterkaitan dengan indeks kemerataan. Adapun semakin tinggi indeks dominansi yang didapat pada habitat tersebut maka menunjukkan indeks kemerataan rendah yang berarti persebaran spesies tidak merata di suatu kawasan (Sirait *et al*, 2018). Hal ini diperjelas oleh Nento et al (2013) yang menyatakan bahwa apabila suatu komunitas memiliki keanekaragaman jenis tinggi maka komunitas tersebut disusun banyak spesies dengan jumlah individu yang cukup merata sehingga indeks kemerataan tinggi dan dominansi rendah. Sebaliknya, jika indeks keanekaragaman rendah maka diikuti dengan rendahnya indeks kemerataan dan dominansi yang tinggi.

#### 4.5 Kondisi lingkungan gua (biotik abiotik) di Kawasan Karst Tuban

Hasil pengukuran mikroiklim pada 3 lokasi di Kawasan karst Tuban yang telah dilakukan memiliki peran penting dalam pertumbuhan lampenflora baik jenis tumbuhan lumut maupun tumbuhan paku. Berikut adalah hasil pengukuran mikroiklim pada 3 gua di Kawasan karst Tuban selama pengamatan:

Tabel 4.9 Hasil pengukuran mikroiklim di 3 lokasi pengamatan

| Lokasi | Suhu (°C) | Kelembaban % | pH tanah |
|--------|-----------|--------------|----------|
| G1     | 27.75     | 77.75        | 6.5      |
| G2     | 28.5      | 74.75        | 7.1      |
| G3     | 29        | 69.75        | 7.6      |

Keterangan: G1; Gua akbar, G2; Gua maharani, G3; Gua landak

Berdasarkan hasil pengukuran mikroiklim pada tabel 4.9 berupa suhu, kelembaban dan pH tanah di setiap lokasi pengamatan menunjukkan hasil yang berbeda-beda. Hasil tersebut termasuk dari faktor-faktor abiotik yang mempengaruhi keberadaan lampenflora pada Kawasan karst tuban. Berdasarkan pada tabel, dapat diketahui bahwa 3 lokasi gua yang terdiri dari gua wisata dan gua alami memiliki suhu lingkungan dalam kisaran 27-29 °C, kelembaban 69-77% dan pH tanah 6,5-7,6. Pada lokasi Gua landak memiliki suhu tertinggi sebesar 29°C dan suhu terendah sebesar 27.75°C pada lokasi Gua akbar. Selama pengamatan, suhu yang terdapat di dalam gua dapat mendukung untuk pertumbuhan lampenflora baik jenis tumbuhan lumut atau paku-pakuan. Lampenflora jenis tumbuhan lumut dapat tumbuh dengan baik pada suhu rendah sekitar 10-30°C (Simamora *et al*, 2017). Sedangkan untuk pertumbuhan tumbuhan paku memerlukan suhu optimal sebesar 21-27°C (Hoshizaki dan Moran,

2001; Windari *et al*, 2021). Semakin tinggi suhu lingkungan, maka tingkat kelembaban akan menurun dan sebaliknya jika suhu yang rendah maka tingkat kelembaban tinggi. Selain itu, adanya intensitas cahaya juga dapat mempengaruhi suhu yang ada (Sulistiyowati *et al*, 2014). Hal tersebut diperjelas oleh Surfiana *et al* (2018) bahwa tingginya suhu pada suatu lingkungan akan menyebabkan kelembaban menurun begitupun sebaliknya.

Kelembaban adalah salah satu faktor abiotik yang berperan penting dalam pertumbuhan lampenflora. Pada lokasi Gua akbar memiliki kelembaban tertinggi yaitu sebesar 77.75% dan kelembaban terendah pada lokasi Gua landak sebesar 69.75%. Umumnya kelembaban yang dibutuhkan untuk pertumbuhan lampenflora baik jenis tumbuhan lumut maupun paku-pakuan terbilang cukup tinggi karena habitat tumbuhan tersebut menyukai tempat yang lembab dan suhu yang relatif rendah (Imaniar *et al*, 2017). Kelembaban optimal yang dibutuhkan tumbuhan lumut sekitar 70-94% (Sukmawati *et al*, 2023) sedangkan untuk pertumbuhan tumbuhan paku memiliki kelembaban relatif antara 60-80% (Windari *et al*, 2021). Hasil pengukuran kelembaban pada tabel (4.5) dapat mendukung pertumbuhan lampenflora di lokasi pengamatan pada Kawasan karst Tuban.

Selain faktor suhu dan kelembaban, pH tanah juga dapat mempengaruhi pertumbuhan lampenflora. Menurut Purbasari dan Akhmadi (2019), derajat keasaman atau pH tanah adalah salah satu faktor abiotik penting dalam pertumbuhan tumbuhan terutama dalam penyerapan unsur hara. pH tanah yang optimal untuk pertumbuhan tumbuhan lumut berkisar antara 4,9-8,3 (Tiara *et al*, 2016) dan untuk mendukung pertumbuhan tumbuhan paku memerlukan pH tanah optimal sebesar 5,5-8 (Imaniar *et*

*al*, 2017). Berdasarkan pengamatan, rata-rata pH tanah yang telah diukur memperoleh hasil sebesar 6,5-7,6 yang berarti tanah tersebut asam mendekati netral dan sedikit basa.

Selain faktor abiotik tersebut, faktor biotik juga mempengaruhi keberadaan lampenflora di lokasi pengamatan. Keberadaan tumbuhan lumut di lokasi pengamatan di dominasi pada substrat batuan dikarenakan memang lokasi penelitian berada di gua yang tersusun dari bebatuan. Substrat atau media tumbuh dapat mempengaruhi keberadaan tumbuhan lumut. Tumbuhan lumut dapat hidup di berbagai jenis substrat seperti bebatuan, tanah, kayu lapuk dan batang pohon asalkan pada suatu wilayah yang dapat menaunginya atau terdapat kanopi (Utami *et al*, 2020). Selain substrat, pertumbuhan lumut juga dapat dipengaruhi oleh perubahan lingkungan. Pada saat proses pengambilan data dilakukan pada musim peralihan dari kemarau ke musim hujan dengan intensitas curah hujan yang tidak terlalu tinggi. Sejatinya tumbuhan lumut akan tumbuh lebat pada musim penghujan karena akan berpengaruh dengan kondisi abiotiknya. Adanya hal tersebut dapat mempengaruhi keanekaragaman tumbuhan lumut pada suatu wilayah, hasil penelitian memiliki indeks keanekaragam sedang mendekati rendah pada lokasi Gua akbar dan Gua landak, sementara keanekaragaman rendah pada lokasi Gua maharani (Wiadril *et al*, 2018).

Sementara faktor biotik yang mempengaruhi keberadaan tumbuhan paku yaitu dispersial spora dan kompetisi antar tumbuhan di suatu wilayah (Adlini *et al*, 2021). Penyebaran atau dispersial spora tumbuhan paku sangat mempengaruhi kehadiran tumbuhan paku karena tumbuhan ini termasuk jenis tumbuhan tingkat rendah dengan artian spora yang dimiliki mudah diterpa oleh angin kemudian hinggap pada substrat

yang sesuai dan tumbuh menjadi individu baru (Saputro dan Sri, 2020). Selain faktor dispersial spora, adanya persaingan atau kompetisi antar tumbuhan yang ada juga dapat mempengaruhi kelimpahan tumbuhan paku. Kompetisi antar tumbuhan dilihat dari suatu kondisi lingkungan pada suatu wilayah. Kondisi lingkungan (abiotik) yang sesuai dengan pertumbuhan tumbuhan maka tumbuhan tersebut akan lebih dominan tumbuh (Rizky *et al*, 2018). Selama proses pengambilan data, lokasi penelitian memiliki suhu relatif rendah, kelembaban yang cukup tinggi dan terdapat kanopi. Sesuai dengan kondisi tersebut, tumbuhan paku lebih banyak tumbuh karena adanya kondisi lingkungan yang dapat mendukung untuk pertumbuhannya. Kondisi lingkungan pada lokasi penelitian menjadikan tumbuhan paku lebih dominan tumbuh daripada tumbuhan lainnya.

#### 4.6 Hasil Analisis Data Arthropoda yang ditemukan

Berdasarkan hasil pengamatan, Arthropoda di lokasi pengambilan sampel pada gua alami adalah gua landak dan gua wisata adalah gua akbar di Kawasan karst Tuban pada tahun 2022. Adapun hasil pengamatan telah ditemukan Arthropoda sebanyak 29 individu yang terbagi menjadi 6 spesies, dari 6 genus dan 5 famili. Arthropoda yang telah ditemukan tersebut maka dihitung nilai Indeks keanekaragaman ( $H'$ ), Indeks kemerataan ( $E$ ) serta Indeks dominansi ( $D$ ). Hasil perhitungan  $H'$ ,  $E$  dan  $D$  Arthropoda dapat dilihat pada tabel 4.10:

Tabel 4.10 Hasil perhitungan analisis data Arthropoda

| Lokasi | $H'$ | $E$  | $C$  |
|--------|------|------|------|
| G1     | 0,80 | 0,72 | 0,54 |
| G2     | -    | -    | -    |

|             |      |      |      |
|-------------|------|------|------|
| G3          | 1,29 | 0,93 | 0,29 |
| Keseluruhan | 1,67 | 0,93 | 0,2  |

Keterangan: G1; Gua akbar, G2; Gua maharani, G3; Gua landak

#### 4.6.1 Indeks Keanekaragaman

Berdasarkan hasil indeks keanekaragaman Arthropoda (Tabel 4.10) di Kawasan karst Tuban menunjukkan nilai 1,67 yang berarti keanekaragaman sedang. Perhitungan indeks keanekaragaman pada tabel diatas menunjukkan hasil bahwa pada lokasi Gua akbar lebih rendah daripada lokasi Gua landak. Indeks keanekaragaman Arthropoda pada lokasi Gua akbar dengan nilai 0,80 termasuk kategori keanekaragaman rendah. Sedangkan indeks keanekaragaman Arthropoda pada lokasi Gua landak dengan nilai 1,29 termasuk kategori keanekaragaman sedang. Menurut Sidabutar *et al* (2017) indeks keanekaragaman memiliki tiga kategori yaitu apabila  $H'$  kurang dari 1 maka tergolong rendah, apabila  $H'$  berada pada angka 1-3 maka tergolong sedang dan apabila  $H'$  melebihi 3 maka tergolong tinggi. Indeks keanekaragaman Arthropoda pada lokasi Gua akbar memiliki keanekaragaman rendah karena memiliki nilai yang kurang dari 1. Gua akbar termasuk salah satu gua di Kawasan karst Tuban yang sudah tidak alami atau dialihkan manfaat sebagai gua wisata. Gua tersebut banyak dikunjungi oleh manusia karena keindahan alamnya, seperti ornamen-ornamen gua (stalagtit stalagmit) dan terdapat hiasan lampu-lampu. Adanya aktivitas manusia tersebut maka dapat menjadikan Arthropoda yang ada didalam gua terganggu dan menjadikan jumlah spesies Arthropoda di gua akbar lebih rendah daripada gua landak (Kurniawan dan Rahmadi, 2019).

Indeks keanekaragaman Arthropoda pada lokasi Gua landak sebagai gua alami memiliki kenakeragaman sedang karena hasil yang diperoleh berkisar pada angka 1-3. Jumlah spesies Arthropoda yang ditemukan lebih banyak daripada di lokasi Gua akbar. Arthropoda yang dominan ditemukan pada lokasi pengamatan yaitu jenis laba-laba seperti *Pholcus phalangiodes*, *Heteropoda venetoria*, *Sibianor lae* dan *Nephilengys malabarensis*. Selain laba-laba, spesies *Eurycotis floridana* dan *Periplaneta americana* atau dengan sebutan kecoa juga ditemukan. Gua landak jarang dikunjungi oleh manusia dan masih terbilang alami karena masih banyak fauna-fauna gua yang ditemukan seperti kelelawar dan laba-laba. Kondisi lingkungan gua yang gelap gulita merupakan kondisi dimana hanya beberapa spesies tertentu saja yang dapat bertahan hidup didalamnya, salah satunya yaitu laba-laba. Hal ini lah yang dapat menjadikan spesies laba-laba dominan ditemukan pada lokasi Gua landak karena gua tersebut masih alami tanpa ada aktivitas manusia didalamnya (Hakim, 2017).

Rendahnya indeks keanekaragaman pada lokasi Gua akbar dapat dikarenakan pengalihan manfaat gua menjadi objek wisata seperti adanya kipas blower dan lampu-lampu yang dapat mengubah kondisi gua. Hal ini sejalan dengan penelitian Kurniawan dan Rahmadi (2019) yang menyatakan bahwa fauna dari kelompok arachnida, crustacea dan coleoptera pada beberapa gua di Brasil mengalami penurunan populasi seiring dibukanya gua menjadi objek wisata yang akhirnya mendatangkan banyak pengunjung. Perubahan gua menjadi objek wisata seperti penambahan lampu dapat mengganggu fauna gua. Adanya lampu tersebut dapat mengubah suhu udara dan intensitas cahaya lebih tinggi serta menurunnya kelembaban di dalam gua secara langsung. Hal ini berdampak pada ketidakmampuan kelompok fauna gua untuk

bertahan hidup akibat adanya perubahan yang melebihi toleransi yang dimiliki oleh fauna tersebut (Kurniawan dan Rahmadi, 2019).

Pada lokasi Gua maharani tidak ditemukan Arthropoda selama proses pengambilan data. Gua maharani termasuk jenis gua wisata di Kawasan karst Tuban yang terletak didalam Maharani Zoo yang memiliki banyak perubahan di dalamnya dan gua tersebut juga sering dibersihkan oleh pengelola wisata. Gua maharani terdapat beberapa infrastruktur untuk kenyamanan para pengunjung seperti kipas blower dan pengharum ruangan. Lampu yang dipasang di dalam gua maharani memiliki tempat yang terbuat dari cor dan terdapat patung di dalam gua. Selain itu, gua maharani juga dilengkapi dengan iringan musik untuk menambah kenyamanan pengunjung dan tempat tersebut sering dibersihkan oleh pengelola gua. Secara tidak langsung, adanya beberapa infrastruktur dan perubahan tersebut menjadikan terganggunya kehidupan fauna gua (Kurniawan dan Rahmadi, 2019).

Arthropoda tidak ditemukan pada gua maharani dapat diakibatkan karena perubahan kondisi gua yang signifikan dan menyebabkan fauna gua tersebut mati atau pindah lokasi yang lebih mendukung untuk kelangsungan hidupnya. Pada Gua akbar yang juga berperan sebagai gua wisata memiliki indeks keanekaragaman Arthropoda yang ditemukan kategori rendah yaitu hanya 3 spesies dengan total 10 individu. Perubahan atau kerusakan (penambahan infrastruktur) pada gua maharani lebih banyak daripada gua akbar, adanya hal tersebut juga menjadikan Arthropoda pada gua maharani tidak ditemukan.

#### 4.6.2 Indeks Kemerataan

Berdasarkan hasil analisis data pada tabel 4.10 dapat diketahui bahwa indeks kemerataan Arthropoda pada Kawasan Kawasan karst Tuban menunjukkan nilai 0,93 yang termasuk indeks kemerataan jenis tinggi. Hasil indeks kemerataan pada lokasi Gua akbar sebesar 0,72 dan untuk lokasi Gua landak sebesar 0,93. Indeks kemerataan jenis memiliki tiga kategori nilai yaitu apabila E kurang dari 0,4 maka tergolong rendah, apabila E berada pada angka 0,4-0,6 maka tergolong sedang dan apabila E memiliki nilai yang melebihi 0,6 maka tergolong tinggi. Artinya, semakin besar nilai E yang dihasilkan (mendekati 1) maka indeks kemerataan jenis tergolong tinggi (Nurudin *et al*, 2013). Indeks kemerataan jenis pada lokasi Gua landak menunjukkan nilai lebih tinggi daripada Gua akbar, tetapi keduanya memiliki indeks kemerataan dengan kategori tinggi karena memiliki nilai yang melebihi 0,6.

Lokasi Gua landak yang merupakan gua alami di Kawasan karst Tuban memiliki indeks kemerataan tertinggi pada pengamatan yang memperoleh 4 spesies dengan total 19 individu. Tingginya kemerataan jenis pada lokasi Gua landak karena memiliki jumlah individu yang merata tanpa adanya spesies tertentu yang mendominasi. Hal ini dapat terjadi dikarenakan pada lokasi Gua landak masih alami yang dimana jarang dikunjungi oleh manusia. Lingkungan alami yang ada di dalam gua landak tersebut sangat mendukung keberadaan spesies yang ditemukan, seperti dibawah naungan atau batuan dengan minim cahaya. Gua dengan pencahayaan minim atau bahkan gelap merupakan lingkungan yang cocok untuk keberadaan spesies jenis laba-laba yang dominan ditemukan pada pengamatan.

Indeks kemerataan jenis dapat digunakan untuk mengetahui indikator adanya gejala dominansi dari suatu spesies dalam komunitas. Jumlah individu dari tiap spesies yang

ditemukan merata tentunya memiliki hasil indeks pemerataan yang tinggi. Tingginya pemerataan jenis diiringi dengan indeks dominansi rendah karena tidak adanya spesies yang mendominasi di lokasi tersebut. Sebaliknya, jika indeks pemerataan rendah maka diiringi dengan indeks dominansi tinggi karena terdapat spesies yang mendominasi. Pemerataan jenis dengan nilai tinggi pada Gua akbar dan Gua landak menunjukkan keadaan ekosistem pada lokasi tersebut dalam keadaan baik (Nurhandani *et al*, 2018).

#### 4.6.3 Indeks Dominansi

Berdasarkan hasil analisis data pada tabel 4.10 dapat diketahui bahwa indeks dominansi Arthropoda pada Kawasan Kawasan karst Tuban menunjukkan nilai sebesar 0,20 yang termasuk indeks dominansi rendah. Perhitungan hasil indeks dominansi pada lokasi Gua akbar sebesar 0,54 termasuk kategori sedang dan untuk lokasi Gua landak sebesar 0,29 termasuk kategori rendah. Indeks dominansi memiliki tiga kategori nilai yaitu apabila nilai C berkisar pada angka 0,00-0,30 maka termasuk dominansi rendah, apabila C berkisar pada angka 0,30-0,60 maka termasuk kategori dominansi sedang dan apabila C berkisar pada angka 0,60-1 maka termasuk kategori dominansi tinggi (Dhahiyat *et al*, 2003). Indeks dominansi pada lokasi G1. Gua akbar menunjukkan dominansi sedang karena memiliki nilai yang berkisar pada angka 0,30-0,60. Pada lokasi Gua akbar dengan indeks dominansi sedang ditemukan sebanyak 3 spesies dengan total 10 individu. Dominansi spesies pada lokasi Gua akbar dikarenakan penyebaran jumlah individu tiap spesies yang kurang merata dan terdapat satu spesies yang mendominasi di lokasi tersebut.

Indeks dominansi pada lokasi Gua akbar sebagai gua wisata lebih tinggi daripada lokasi Gua landak yang merupakan gua alami pada Kawasan karst Tuban. Hasil indeks

dominansi pada lokasi Gua landak termasuk rendah karena menunjukkan hasil kurang dari 30. Hal ini dapat dikarenakan pada lokasi tersebut memiliki jumlah individu tiap spesies yang merata dengan artian tidak ada salah satu spesies yang mendominasi. Indeks dominansi digunakan sebagai parameter untuk mengetahui tingkat terpusatnya penguasaan spesies (dominansi) dalam komunitas tersebut. Dominansi spesies pada suatu komunitas dapat terpusat oleh satu spesies saja atau beberapa spesies yang ditemukan (Nuraina *et al*, 2018). Pada lokasi Gua akbar memiliki indeks dominansi sedang yakni terdapat salah satu spesies saja yang mendominasi yaitu *Periplaneta americana* dengan total 7 individu. Hasil indeks dominansi tersebut diikuti dengan indeks pemerataan yang cukup tinggi dan indeks keanekaragaman rendah.

Rendahnya indeks dominansi yang diperoleh beriringan dengan tingginya indeks keanekaragaman dan indeks pemerataan jenis pada Kawasan karst Tuban. Seperti hasil yang diperoleh pada lokasi Gua landak yang menunjukkan bahwa indeks dominansi rendah dengan diikuti indeks pemerataan tinggi dan indeks keanekaragaman sedang. Semakin kecil indeks dominansi yang diperoleh maka semakin tinggi penyebaran tiap spesies di Kawasan karst Tuban (Nuraina *et al*, 2018). Perhitungan indeks dominansi menunjukkan hasil rendah dan sedang yang berarti tidak ditemukan spesies Arthropoda dengan dominansi yang menonjol. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa pada lokasi pengamatan di Kawasan karst Tuban dalam kondisi stabil atau habitat baik yakni memiliki ketersediaan sumber hidup dan lingkungan yang cocok untuk berlindung serta berkembang biak. Apabila indeks dominansi yang diperoleh tinggi maka hasil indeks pemerataan jenis rendah, begitupun sebaliknya jika indeks dominansi rendah maka hasil indeks pemerataan jenis tinggi.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

- a. Lampenflora yang ditemukan pada gua di Kawasan karst Tuban yaitu 11 spesies jenis tumbuhan paku antara lain *Asplenium nidus*, *Phymatosorus scolopendria*, *Adiantum lunulatum*, *Pteris vittate*, *Anogramma leptophylla*, *Phegopteris connectilis*, *Christella parasitica*, *Microlepia speluncae*, *Dryopteris carthusiana*, *Nephrolepis exaltata*, *Nephrolepis cordifolia* dan 7 spesies jenis tumbuhan lumut yaitu *Dicranium scoparium*, *Haplomitrium mniodes*, *Hyophila javanica*, *Barbula ferruginasce*, *Barbula indica*, *Fissidens schmidi* dan *Lunulara cruciata*.
- b. Indeks keanekaragaman tumbuhan paku pada seluruh lokasi penelitian dalam kategori sedang. Lokasi Gua akbar dengan nilai  $H' = 1,55$ , Gua maharani dengan nilai  $H' = 1,73$  dan Gua landak dengan nilai  $H' = 1,21$ . Indeks keanekaragaman tumbuhan lumut kategori sedang pada lokasi Gua akbar dan Gua landak, kategori rendah pada lokasi Gua maharani. Lokasi Gua akbar dengan nilai  $H' = 1,23$ , Gua maharani dengan nilai  $H' = 0,6$  dan Gua landak dengan nilai  $H' = 1,32$ .
- c. Arthropoda yang didapatkan pada lokasi penelitian sebanyak 6 spesies dalam 5 famili yang berbeda yaitu Pholcidae (*Pholcus phalangiodes*), Sparassidae (*Heteropoda venetoria*), Salticidae (*Sibianor laeae*), Nephilidae (*Nephilengys malabarensis*) dan Blattidae (*Eurycotis floridana* dan *Periplaneta americana*).

## 5.2 Saran

Pada penelitian hanya mengidentifikasi lampenflora jenis tumbuhan paku dan lumut, perlu penelitian lebih lanjut untuk mengidentifikasi lampenflora jenis lain seperti mikroalga dan jamur agar data yang diperoleh lebih bervariasi.



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

### Daftar Pustaka

- Adlini, M. N., Hartono, A., Khairani, M., Tanjung, I. F., & Khairuna, K. (2021). Identifikasi Tumbuhan Paku (Pteridophyta) di Universitas Islam Negeri (UIN) Sumatera Utara. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 6(2), 87-94.
- Agustini, N. T., Ta'alidin, Z., & Purnama, D. (2016). Struktur Komunitas Mangrove Di Desa Kahyapu Pulau Enggano. *Jurnal Enggano*, 1(1), 19-31.
- Aini, H. N. (2021). *Identifikasi Amblypygi di gua kawasan Karst Malang Selatan* (Doctoral dissertation, UIN Sunan Ampel Surabaya).
- Aisyah, S. N. (2014). Pengaruh Bauran Pemasaran Jasa Terhadap Keputusan Mengunjungi Objek Wisata Maharani Zoo Dan Gua Lamongan (Studi Para Pengunjung Maharani Zoo Dan Gua Lamongan). *Jurnal Pendidikan Tata Niaga (JPTN)*, 2(1).
- Amalia, N. N., & Sujadmiko, H. (2022). Diversity of Bryophytes in Plaosan Temple, Central Java. *Berkala Ilmiah Biologi*, 13(3), 25-35.
- Andiana, J., & Renjana, E. (2021). Inventarisasi tumbuhan paku (Pteridophyta) pada Arboretum (Forested Area) Kebun Raya Purwodadi. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi* (Vol. 7, No. 1, pp. 211-225)
- Andries, A. E., Koneri, R., & Maabuat, P. V. (2022). Inventarisasi Tumbuhan Paku di Ruang Terbuka Hijau Kampus Universitas Sam Ratulangi Manado, Sulawesi Utara. *JURNAL BIOS LOGOS*, 12(2), 140-148.
- Aprilia, D., Arifiani, K.N., Sani, M.F., Jumari., Wijayanti, F dan A.D. Setiyawan. 2021. A descriptive study of karst conditions and problems in Indonesia and the role of karst for flora, fauna and humans. *INTL J TROP DRYLANDS*. 5(2); 61-74.
- Asri, I. H., & Marzuki, M. (2020). Keanekaragaman Tumbuhan Paku (Pteridophyta) di Kawasan Wisata Joben Desa Pesangerahan Kecamatan Montong Gading Kabupaten Lombok Timur. *Cocos Bio*, 5(2), 81-89.
- Asriani., Soekandari, E., Syahribulan dan Ambeng. 2017. Jenis laba-laba (Araneae) di desa data, Kecamatan Duampanua, Kabupaten Pinrang Sulawesi Selatan. Departement Biologi FMIPA Universitas Hasanuddin.
- Atmoko, R. A. (2013). Sistem Monitoring dan Pengendalian Suhu dan Kelembaban Ruang pada Rumah Walet Berbasis Android, Web, dan SMS. *Semantik*, 3(1).
- Azmi, L., Sarong, M. A., & Kamal, S. (2017). Population Density and Habitat Shingle Urchin Preferences (*Colobocentrotus atratus*) On The Rieting Beach Leupung District Of Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Biologi*, 2(1).
- Bawaihaty, N., & Hilwan, I. (2014). Keanekaragaman dan Peran Ekologi Bryophyta di Hutan Sesaot Lombok, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 5(1), 13-17.
- Bibbs, C. S., & Baldwin, R. W. (2012). Florida Woods Cockroach *Eurycotis floridana* (Walker). *EDIS*, 2012(1).
- Burgoyne, J., Crepeau, R., Jensen, J., Smith, H., Baker, G and S. D, Leavitt. (2021). Lampenflora in a Show Cave in the Great Basin Is Distinct from Communities on Naturally Lit Rock Surfaces in Nearby Wild Caves. 2021. *Microorganisms*. 9(1188); 1-18.
- Castello, M. (2014). Species diversity of Bryophytes and ferns of lampenflora in

- Grotta Gigante (NE Italy). *Acta Carsologica*, 43(1).
- Chowdhury, A., Sarkar, S., & Chowdhury, M. (2016). Diversity, Ecology and Utilization of Tea Garden Pteridophytes at Duars in West Benal, India. *Int. Res. J. Biological Sci*, 5(1), 47-53.
- Cigna, A. A. (2012). The problem of lampenflora in show caves. *Acta Carsologica Slovaca*, 50(1), 5-10.
- Dewi, N. A. (2017). Inventarisasi tumbuhan paku (Pteridophyta) di kawasan kampus IAIN Palangkaraya sebagai alternatif media pembelajaran materi klasifikasi tumbuhan. *Edu Sains: Jurnal Pendidikan Sains dan Matematika*, 5(2), 50-61.
- Dhahiyat, Y., Sinuhaji, D., & Hamdani, H. (2003). Struktur komunitas ikan karang di daerah transplantasi karang Pulau Pari, Kepulauan seribu [Community Structure of Coral Reef Fish in the Coral Transplantation Area Pulau Pari, Kepulauan Seribu]. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 3(2), 87-94.
- Dwisutono, A. N., Budi, S. W., & Istomo, I. (2019). Plant Diversity in Different Land Use Types at The Peat Hidrological Unit (PHU) of Mendahara–Batanghari River, Jambi Province. *Media Konservasi*, 24(2), 141-151.
- Edwards Jr, G. B. (2003). Huntsman Spider, *Heteropoda venatoria* (Linnaeus) (Arachnida: Araneae: Sparassidae): EENY-160/IN317, rev. 7/2003. *EDIS*, 2003(16).
- Efendi, W. W., Hapsari, F. N., & Nuraini, Z. (2013). Studi inventarisasi keanekaragaman tumbuhan paku di kawasan wisata Coban Rondo Kabupaten Malang. *Cogito Ergo Sum*, 2(3), 173-188.
- Elsifa, A., Arisandy, D. A., & Harmoko, H. (2019). Eksplorasi Tumbuhan Paku (Pteridophyta) di STL Ulu Terawas, Musi Rawas, Sumatera Selatan. *Biosfer: Jurnal Tadris Biologi*, 10(1), 47-55.
- Elverici, M., Danişman, T., & Kunt, K. B. (2013). Three new genus records of The Spider fauna of Turkey (araneae: Salticidae). *Florida Entomologist*, 96(3), 818-824.
- Eman, M., Sari, A. P., & Ariandi, A. (2022). Studi Keanekaragaman Lumut (Bryophyta) Di Kawasan Hutan Desa Taupe, Kecamatan Mamasa, Kabupaten Mamasa, Sulawesi Barat. *Jurnal Pendidikan Biologi undiksha*, 9(1), 85-94.
- Endang, T. (2020). Inventarisasi Jenis-Jenis Lumut (Bryophyta) di Daerah Aliran Sungai Kabura-Burana Kecamatan Batauga Kabupaten Buton Selatan. *Jurnal Biologi Tropis*, 20(2), 161-172.
- Estevez, C.B., Merino, L.M., Román, A.L and J. J.D, Valsero. (2019). The lampenflora in show caves and its treatment: an emerging ecological problem. *International Journal of Speleology*. 48(3); 249-227.
- Fajriah, R. (2018). *Keanekaragaman Lumut (Bryophytes) pada Berbagai Substrat di Kawasan Sungai Pucok Krueng Raba Kecamatan Lhoknga Kabupaten Aceh Besar sebagai Referensi Praktikum Ekologi Tumbuhan* (Doctoral dissertation, UIN Ar-Raniry Banda Aceh).
- Fanani, M., Afriyansyah, B., & Haerida, I. (2019). Keanekaragaman Jenis Lumut (Bryophyta) pada Berbagai Substrat di Bukit Muntai Kabupaten Bangka Selatan. *EKOTONIA: Jurnal Penelitian Biologi, Botani, Zoologi dan Mikrobiologi*, 4(2), 43-47.

- Fatah, A.N. (2020) . Perancangan balai penelitian speleology karst di Kabupaten Tuban dengan pendekatan architecture as literature kisah ashabul kahfi. Skripsi. Jurusan Teknik Arstitektur Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
- Fedosov, V. E., & Ignatova, E. A. (2008). The genus Bryoerythrophyllum (Pottiaceae, Bryophyta) in Russia. *Arctoa*, 17, 19-38.
- Fitria, N. (2020). Keanekaragaman tumbuhan lumut (Bryophyta) di Kawasan Tahura Pocut Meurah Intan Kabupaten Aceh Besaar sebagai sub materi pendukung pembelajaran Bryophyta di SMAN Lembah Seulawah. Skripsi. Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Ar-Rainry Banda Aceh
- Fons, F., Froissard, D., Morel, S., Bessiere, J. M., Buatois, B., Sol, V., & Rapior, S. (2018). Pteridaceae fragrant resource and bioactive potential: a Mini-review of aroma compounds. *Natural Product Communications*, 13(5).
- Hakim, L. (2017). Identifikasi molekuler laba-laba gua (Heteropoda spp) di karst sangkulirang dan mangkalihat Kalimantan Timur berdasarkan Gen mitokndria COI. *Skripsi*. Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Hakim, L. (2011). Ekosistem 13 gua dan sumber air Ciampea terancam punah. Bogor: LIPI Pres
- Handayani, T., & Sugiarti, P. (2017). Keanekaragaman jenis tumbuhan paku di kawasan gunung api purba nglanggeran sebagai sumber belajar biologi sma kelas x materi keanekaragaman hayati. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Berkemajuan dan Menggembirakan (The Progressive & Fun Education Seminar) ke-2.
- Handoko, P., & Fajariyanti, Y. (2013). Pengaruh spektrum cahaya tampak terhadap laju fotosintesis tanaman air Hydrilla verticillata. In *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Enviromental, and Learning* (Vol. 10, No. 2, pp. 300-308).
- Harmony, G., & Joko Pitoyo, A. (2012). Kajian Potensi Gua Sebagai Arahana Wisata Minat Khusus Penelusuran Gua di Pulau Nusakambangan. *Jurnal Bumi Indonesia*, 1(3).
- Haryono, E dan T.N, Adji. (2017). Geomorfologi dan hidrologi karst. *Bahan Ajar*. Kelompok Studi Karst Fakultas Geografi Universitas Gajah Mada.
- Hasibuan, H., & Rizalinda, E. R. P. (2016). Inventarisasi jenis paku-pakuan (Pteridophyta) di hutan sebelah darat Kecamatan Sungai Ambawang Kalimantan Barat. *Jurnal Protobiont*, 5(1).
- Hidayat, M. (2018). Analisis vegetasi dan keanekaragaman tumbuhan di kawasan manifestasi geotermal ie suum Kecamatan Mesjid Raya Kabupaten Aceh Besar. *BIOTIK: Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi dan Kependidikan*, 5(2), 114-124.
- Imaniar, R. (2017). Identifikasi Keanekaragaman Tumbuhan Paku Di Kawasan Air Terjun Kapas Biru Kecamatan Pronojiwo Kabupaten Lumajang Tahun 2017 Serta Pemanfaatannya Sebagai Booklet. *Jurnal Pendidikan Biologi*. 6(3); 337-345
- Imastari, D. (2014). Analisis Potensi Dan Interaksi Antar Objek Wisata Gua Untuk Perkembangan Kepariwisataaan Tingkat Regional, Kabupaten Tuban.
- Irma, W., & Herlina, N. (2013). Keanekaragaman Hayati Tumbuhan Paku (Pteridophyta) di Desa Gading Sari Kec. Tapung Kab. Kampar Provinsi Riau. *Photon: Jurnal Sains dan Kesehatan*. 4(1), 65-70

- Ismail, A. M., & Maulood, B. K. (2021). Notes on the ecology and distribution of the annual fern *Anogramma leptophylla* (L.) Link. (Pteridaceae) in Northern districts of Iraq. *Ibn AL-Haitham Journal ForPure and Applied Sciences*, 2021, 10-14.
- Jalalayn. (2015). Tafsir Jalalayn surat Al-Baqarah Ayat 164: Tafsirq.com
- Japyassú, H. F., & Macagnan, C. R. (2004). Fishing for prey: the evolution of a new predatory tactic among spiders (Araneae, Pholcidae). *Revista de Etologia*, 6(2), 79-94
- Jannah, M. (2020). Karakterisasi morfologi 3 jenis paku *Nephrolepis* (Nephrolepidaceae) di perkebunan kelapa sawit PT. Pnaca surya garden di Kabupaten Kampar Provinsi Riau.
- Jocqué, R., & Dippenaar-Schoeman, A. S. (2006). Spider families of the world
- Kamal, M., Yustian, I., & Rahayu, S. (2011). Keanekaragaman jenis arthropoda di gua putri dan gua selabe kawasan karst Padang Bindu, OKU Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Sains*, 14(1).
- Kinho, J. (2009). Mengenal beberapa jenis tumbuhan paku di kawasan hutan payahe Taman Nasional Aketajawe Lolobata Maluku Utara. *Manado: Balai Penelitian Kehutanan Manado*.
- Kirno, F., Astiani, D., & Ekamawanti, H. A. (2019). Keanekaragaman Jenis tumbuhan paku-pakuan (pteridophyta) dan kondisi tempat tumbuhnya pada hutan rawa gambut sekunder dan lahan gambut terbuka. *Jurnal Hutan Lestari*, 7(1).
- Kirschner, R. O. L. A. N. D., Nebel, M. A. R. T. I. N., & Butterfass, T. H. E. O. D. O. R. (2010). Observations on fertile populations of *Lunularia cruciata* (L.) Dumort. ex Lindb. (Marchantiopsida: Lunulariaceae) in Germany. *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde A, Neue Serie*, 3, 363-371.
- Köckinger, H., & Kučera, J. (2007). *Barbula amplexifolia* (Mitt.) A. Jaeger in Europe. *Journal of bryology*, 29(1), 33-40.
- Kurniawan, I. D., Rahmadi, C., Ardi, T. E., Nasrullah, R., Willyanto, M. I and Setiabudi, A. (2018). The Impact of Lampenflora on Cave-dwelling Arthropods in Gunungsewu Karst, Java, Indonesia. *Biosaintifika*. 10 (2); 275-283.
- Leki, P. T., Makaborang, Y., & Ndjoeroemana, Y. (2022). Keanekaragaman tumbuhan paku (Pteridophyta) di daerah aliran sungai pepuwatu desa prai paha Kabupaten Sumba Timur sbagai sumber belajar biologi. *BIOEDUKASI (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 13(1), 42-58.
- Lindasari, W. F., Linda, R., & Lovadi, I. (2015). Jenis-Jenis Paku Epifit di Hutan Desa Beginjan Kecamatan Tayan Hilir Kabupaten Sanggau. *Jurnal Protobiont*, 4(3).
- Listiyanti, R., Indriyani, S., & Ilmiyah, N. (2022). Karakteristik Morfologi Jenis-Jenis Paku Epifit Pada Tanaman Kelapa Sawit Di Desa Tegalrejo. *Al Kawnu: Science and Local Wisdom Journal*, 1(3).
- Luna, M. D., García-Barrios, R., & Cuéllar-Rodríguez, G. (2021). New records of exotic cockroaches (Insecta: Blattodea) from northeast Mexico, with an illustrated identification key for the species of Blattidae of North America. *Acta zoológica mexicana*, 37.
- Mahamuni, R., Hebale, P., & Dongare, M. 2007. *Anogramma Leptophylla* (L.) LINK.: A Critically Endangered Fern From Panhala Hill Station.

- Maharani, S., & Bernard, M. (2018). Analisis hubungan resiliensi matematik terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa pada materi lingkaran. *JPMI (Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif)*, 1(5), 819-826.
- Majid, A., Ajizah, A., & Amintarti, S. (2022). Keragaman Tumbuhan Paku (Pteridophyta) Di Taman Biodiversitas Hutan Hujan Tropis Mandiangin. *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains Dan Teknologi*, 7(2), 102-12.
- Mardiyah, A., Hasanuddin, H., & Eriawati, E. (2018). Inventarisasi jenis paku di Kawasan Gunung Paroy Kecamatan Lhong Kabupaten Aceh Besar. In *Prosiding Seminar Nasional Biotik* (Vol. 5, No. 1).
- Marfi, W. O. E. (2018). Identifikasi dan Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Bawah Pada Hutan Tanaman Jati (*Tectona grandis* LF) di Desa Lamorende Kecamatan Tongkuno Kabupaten Muna. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*. 11(1), 71-82
- Mazina, S.E and Kozlova, E.V. 2018. Lampenflora of Lipska Cave, Montenegro. *Cave and Karst Science*. 45(3) ; 128–132.
- Merlina, D. M. (2020). Uji Efektivitas Ekstrak Paku Pedang (*Nephrolepis exaltata*) Terhadap Pertumbuhan Jamur *Candida albicans*. *STIGMA: Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Unipa*, 13(01), 33-38.
- Mukholladun, W. (2020). *Struktur komunitas Plankton di Sungai Bawah Tanah Gua Ngerong Kabupaten Tuban Jawa Timur* (Doctoral dissertation, UIN Sunan Ampel Surabaya).
- Mulec, J., & Kosi, G. (2009). Lampenflora algae and methods of growth control. *Journal of cave and karst studies*, 71(2), 109-115.
- Nahlunnisa, H., Zuhud, E. A., & Santosa, Y. (2016). Keanekaragaman spesies tumbuhan di areal nilai konservasi tinggi (nkt) perkebunan kelapa sawit provinsi riau. *Media Konservasi*, 21(1), 91-98.
- Nasution, J., Fauziah, I., & Susilo, F. (2018). Inventarisasi Selaginellace di Hutan Lindung Aek Nauli Parapat Sumatera Utara. *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*, 5(2), 78-82.
- Nayar, B. K., & Molly, M. J. (1980). Apical organisation and vascular differentiation in *Microlepidia* in relation to stelar architecture. *Proceedings: Plant Sciences*, 89(5), 381-393
- Nento, R., Sahami, F., & Nursinar, S. (2013). Kelimpahan, Keanekaragaman dan Kemerataan Gastropoda di Ekosistem Mangrove Pulau Dudepo, Kecamatan Angrek, Kabupaten Gorontalo Utara. *The NIKe Journal*, 1(1).
- Nicolic, N., Zarubica, N., Gavrilovic, B., Predijevic, D., Trbojeviy, I., Simiy, G.S and S, Popovic. (2020). Lampenflora and the entrance biofilm in two show caves: Comparison of microbial community, environmental, and biofilm parameters. *Journal of Cave and Karst Studies*. 82(2) ; 69-81.
- Nugroho, J., Zid, M., & Miarsyah, M. (2020). Potensi sumber air dan kearifan masyarakat dalam menghadapi risiko kekeringan di wilayah karst (Kabupaten Gunung Kidul, Provinsi Yogyakarta). *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 438-447.
- Nuraini, A. M., & Wisanti, W. (2022). Filicinae Taxonomic Diversity in the Tourism Area of Tretes Waterfall Wonosalam Kabupaten Jombang. *Jurnal Riset Biologi dan Aplikasinya*, 4(2), 57-68.

- Nuraina, I., & Prayogo, H. (2018). Analisa komposisi dan keanekaragaman jenis tegakan penyusun hutan tembawang jelomuk di Desa Meta Bersatu kecamatan Sayan Kabupaten Melawi. *Jurnal Hutan Lestari*, 6(1).
- Nurdiana, R. (2019). *Keanekaragaman jenis tumbuhan anggrek (Orchidaceae) Epifit berdasarkan ketinggian tempat di cagar alam Kawah Kamojang Jawa Barat* (Doctoral dissertation, UIN Sunan Gunung Djati Bandung).
- Nurhandani, P. (2018). *Keanekaragaman Jenis Arthropoda pada Pertanaman Bawang Merah (Allium ascalonicum L) Asal Biji di Berbagai Ketinggian* (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara).
- Nurudin, F. A., Martuti, N. K. T., & Irsadi, A. (2013). Keanekaragaman Jenis Ikan di Sungai Sekonyer Taman Nasional Tanjung Puting Kalimantan Tengah. *Life Science*, 2(2).
- Palendeng, F., Kusen, J. D., & Manembu, I. S. (2022). Struktur Komunitas Ikan Family Chaetodontidae Sebagai Indikator Kondisi Kesehatan Lingkungan Ekosistem Terumbu Karang Di Zona Tradisional Pulau Bunaken Taman Nasional Bunaken. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 9(3), 148-154.
- Parwati, A. F., Aptari, Z., Saputri, R. D., Akbarudin, A. M., Kirana, A. G., & Wahyuni, S. T. (2019). Analisis vegetasi di Taman Nasional Gunung Merapi. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa*, 5(2), 107-112.
- Perrott, R. C., & Miller, D. M. (2010). American cockroach.
- Pramudita, I., Triyanti, M dan Wardanti, Y. (2021). Keanekaragaman tumbuhan paku di Bukit Botak Kabupaten Musi Rawas Sumatra Selatan. *Jurnal Biosilampari: Jurnal Biologi*. 4(1), 19-25
- Priambada, A.P. (2018). Kondisi Geohidrologi Kawasan Karst Gunungsewu, Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Project Departemen Geografi Lingkungan Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Hal 1-3.
- Purbasari, Y. A., & Akhmadi, A. N. (2019). Keanekaragaman Bryophyta di Dusun Sumbercandik Kabupaten Jember. *BIOMA: Jurnal Biologi dan Pembelajaran Biologi*, 4(1), 90-100.
- Rahardian, G., Prakosa, G. W., Anas, A., Hidayatullah, A., & Hasan, A. Z. (2017). Inventarisasi Lumut Epifit di Kawasan Hutan Lumut, Suaka Marga Satwa “Dataran Tinggi Yang”, Pegunungan Argopuro. *Jurnal Biotropika*, 5(3), 114-115.
- Rahmadi, C. (2002). Keanekaragaman Arthropoda di Gua Ngerong, Tuban, Jawa Timur. *Zoo Indonesia*, (29).
- Rahmadi, C. (2016). Karst, Habitat biota dengan fungsi ekologis penting yang harus dilindungi. Cibinong: LIPI
- Rahmadi, C dan Kurniawan, I. D. (2019). Ekologi gua wisata : dampak aktivitas wisata terhadap lingkungan dan kehidupan biota gua serta upaya konservasi. Graha ilmu. Yogyakarta
- Rahmawati, Y. R., & Suratsih, S. (2018). Penyusunan Buku Deskripsi Ragam Lumut di Lingkungan SMAN 1 Pundong Sebagai Media Pembelajaran Biologi. *Jurnal Edukasi Biologi*, 7(1), 35-43. Rahmadi, C. 2016. Karst, Habitat biota dengan fungsi ekologis penting yang harus dilindungi. Cibinong: LIPI

- Raihan, C., Nurasiah, N., & Zahara, N. (2019). Keanekaragaman Tumbuhan Lumut (Bryophyta) di Air Terjun Peucari Bueng Jantho Kabupaten Aceh Besar. In *Prosiding Seminar Nasional Biotik* (Vol. 6, No. 1).
- Rao, G. N. (2016). Observations on floral diversity including Lampen flora from the Borra Caves of Visakhapatnam district, Andhra Pradesh.
- Rayner, S., Vitkauskaitė, A., Healy, K., Lyons, K., McSharry, L., Leonard, D., & Dugon, M. M. (2022). Worldwide Web: High Venom Potency and Ability to Optimize Venom Usage Make the Globally Invasive Noble False Widow Spider *Steatoda nobilis* (Thorell, 1875) (Theridiidae) Highly Competitive against Native European Spiders Sharing the Same Habitats. *Toxins*, 14(9), 587
- Riastuti, R. D., Sepriyaningsih, S., & Ernawati, D. (2018). Identifikasi divisi Pteridophyta di kawasan danau aur Kabupaten Musi Rawas. *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sains*, 1(1), 52-70.
- Rif'anuddin, S. H. (2018). Pemetaan Potensi Dan Kelayakan Tambang Batuan Kapur Menggunakan Metode Penginderaan Jauh (Studi Kasus: Kecamatan Semanding, Kabupaten Tuban, Jawa Timur) (*Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*).
- Riky, L. R. (2016). Keanekaragaman Arthropoda di Gua Ngguwu Kawasan Karst Gunung Sewu Kabupaten Gunung Kidul, Yogyakarta: 1-15
- Rini, M. S., Rahadian, R., & Zulfiana, D. (2016). Uji efikasi beberapa isolat Bakteri Entomopatogen terhadap kecoa (Orthoptera) *Periplaneta americana* (L.) dan *Blattella germanica* (L.) dalam skala laboratorium. *Jurnal Akademi Biologi*, 5(2), 1-10.
- Ristante, R.H., Syahira, H.Q., Yuanisa, A.T., Amalia, A., Lianita, R., Azzahra, A dan Diana, V.S. (2021). Lumut di balai pendidikan konservasi alam bodogol: jenis indeks keanekaragaman dan indeks pemerataan. *Jurnal Pendidikan Biologi* : 220-231
- Rizky, H., Primasari, R., Kurniasih, Y., & Vivanti, D. (2019). Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Paku Terrestrial Di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (Khdtk) Banten. *BIOSFER: Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, 3 (1).
- Roldan, M., Olifia, F., Gonzales Del Valle MA, Saiz Jimenes C. & Hernandez- Marine M. (2006). Does green light influence the fluorescence properties and structure of phototropic biofilms? *Applied and Environmental Microbiology*, 72 : 3026-3031.
- Rosnita, R., Ramadhan, A., & Mamu, H. D. (2016). Jenis Arthropoda Gua Gumbasalu Kecamatan Bambalamotu Kabupaten Mamuju Utara Dan Pengembangannya Sebagai Media Pembelajaran. *Mitra Sains*, 4(3), 9-15.
- Rudiawan, Y., Hanik, N. R., & Nugroho, A. A. (2021). Keragaman Bryophyta di Kawasan Wisata Alam Candi Muncar Wonogiri Sebagai Bahan Pembuatan Multimedia Interaktif Biologi SMA. *Jurnal Edukasi dan Sains Biologi*, 3(2), 73-80.
- Ruma, M. L. (2022). Inventarisasi jenis-jenis tumbuhan paku (Pteridophyta) di Taman Hutan Raya Prof. Ir. Herman Johannes Kecamatan Amarasi Kabupaten Kupang. *Indigenous Biologi: Jurnal Pendidikan dan Sains Biologi*, 5(1), 33-48.

- Safanah, N. G., Nugraha, C. S., Partasasmita, R. U. H. Y. A. T., & Husodo, T. E. G. U. H. (2017). Keanekaragaman jenis burung di taman wisata alam dan cagar alam pananjung pangandaran, jawa barat. In *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia* (Vol. 3, No. 2, pp. 266-272). MBI & UNS Solo.
- Saha, S., Das, I., & Raychaudhuri, D. (2017). Spider faunal diversity of Barasat and Basirhat, 24 Parganas, West Bengal, India. *World News of Natural Sciences*, 15.
- Sambolangi, A., Arsyad, M., & Tiwow, V. A. Karakteristik gua kelelawar di Kawasan Karst Rammang-rammang Maros TN Bantimurung Bulusarung. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*, 17(3), 260-266.
- Setyowati, R. D. N., & Junaidi, R. (2016). Analisis Routing Reservoir dalam Pengembangan Sumber Daya Air Kawasan Karst. Al-Ard: *Jurnal Teknik Lingkungan*, 2(1), 16–22.
- Shihab, Q. 2015. Tafsir Quraish Shihab surat Ar-Rum Ayat 41: Tafsirq.com
- Sidabutar, V., & Lubis, L. (2017). Indeks Keanekaragaman Jenis Arthropoda pada Fase Vegetatif dan Generatif Tanaman Kedelai (*Glycine max* Merrill) di Lapangan: Diversity of insects on vegetative and generative phase of soybean (*Glycine max* Merrill) in the field. *Jurnal Agroekoteknologi*, 5(2), 474-483.
- Simamora, J. M., Hikmat, A. G. U. S., & Zuhud, E. A. M. (2017). Pengaruh faktor biotik dan fisik lingkungan terhadap jumlah individu *Rafflesia meijerii* di Taman Nasional Batang Gadis. *Media Konservasi*, 22(1), 35-41.
- Siswanto, A. B., Hadinoto, H., & Azwin, A. (2021). Keanekaragaman dan kegunaan tumbuhan bawah pada beberapa tegakan di Arboretum Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Serat Tanaman Hutan (BP2TSTH) Kuok. *Wahana Forestra: Jurnal Kehutanan*, 16(2), 128-152.
- Suhartono, Y. (2012). Faktor-faktor penyebab kerusakan lukisan gua prasejarah di Maros Pangkep dan upaya penanganannya. *Faktor-Faktor Penyebab Kerusakan Lukisan Gua Prasejarah Di Maros Pangkep dan Upaya Penanganannya*, 6(1), 14-25.
- Suhardjono, Y.R., & Ubaidillah, R., (2012). *Fauna karst dan Gua Maros Sulawesi Selatan*. Jakarta: LIPI Press.
- Suhono, B. 2012. Ensiklopedia Biologi Dunia Tumbuhan Lumut. Jakarta: PT Lentera Abadi
- Sukamto, D. S. (2021). Keanekaragaman Jenis Lumut (Bryophyta) di Daerah Aliran Sungai Bedadung Jember. *BIO-CONS: Jurnal Biologi dan Konservasi*, 3(2), 25-31.
- Sukmawati, M., Ardyatulah, N., Rahman, A. B. D., Fitriani, F., Lestari, M., Isqarati, I., & Bakhtiar, B. (2023). Identifikasi Tumbuhan Lumut (Bryophyta) di Sekitar Air Terjun Desa Riamau. *JUSTER: Jurnal Sains dan Terapan*, 2(1), 25-32.
- Sulistiyani, T. H., & Rahayuningsih, M. (2014). Keanekaragaman Jenis Kupu-Kupu (Lepidoptera: Rhopalocera) Di Cagar Alam Ulolanang Kecubung Kabupaten Batang. *Life Science*, 3(1).
- Sulistiyowati, D.A. Perwati, L.K., Wiryani, E. 2014. Keanekaragaman Marchantiophyta Epifit Zona Montana di Kawasan Gunung ungaran, Jawa Tengah. *Bioma*. 26-32.
- Sundari, I. (2019). Konsep konservasi flora fauna dalam al-Qur'an (studi analisis tafsir asy-sya'rawi karya Muhammad Mutawalli Asy-Sya'rawi). *Skripsi*. Program Studi Ilmu Al-Qur'an dan Tafsir Institut Ilmu Al-Qur'an (IIQ) Jakarta.

- Saputro, R. W., & Utami, S. (2020). Keanekaragaman Tumbuhan Paku (Pteridophyta) di Kawasan Candi Gedong Songo Kabupaten Semarang. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 22(1), 53-58.
- Sirait, M., Rahmatia, F., & Pattullo, P. (2018). Komparasi indeks keanekaragaman dan indeks dominansi fitoplankton di sungai ciliwung jakarta (comparison of diversity index and dominant index of phytoplankton at ciliwung river jakarta). *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 11(1), 75-79.
- Surfiana, S., Kamal, S., & Hidayat, M. (2019, January). Keanekaragaman Tumbuhan Paku (Pteridophyta) Berdasarkan Ketinggian Di Kawasan Ekosistem Danau Aneuk Laot Kota Sabang. In *Prosiding Seminar Nasional Biotik* (Vol. 6, No. 1).
- Syafriansyah, M. G., Setyawati, T. R., & Yanti, A. H. (2016). Karakter morfologi laba-laba yang ditemukan di area Hutan Bukit Tanjung Datok Kabupaten Sambas. *Jurnal Protobiont*, 5(3).
- Taek, F.E., Septa, I dan Alfred, O.M.D. 2020. Perbandingan morfometri jenis laba-laba di taman hutan raya PROF. IR. Herman Yohanes Kupang. *Jurnal Biotropikal Sains*. 17(1), 26-34.
- Tamaela, K., Sopacua, G., Sopratu, P., & Selehulano, K. (2020). Inventarisasi Tumbuhan Lumut Di Kawasan Air Potang-Potang Negeri Itawaka Kabupaten Maluku Tengah. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 6(4), 611-618.
- Tanahitumesseng, B., & Nanlohy, L. (2018). Studi Karakteristik Dan Pengelompokan Jenis Tumbuhan Bawah Pada Areal Pusat Pengendalian Kebakaran Hutan Lindung Di KPHL Kota Sorong. *Median: Jurnal Ilmu Ilmu Eksakta*, 10(1), 39-48.
- Uca dan R, Angriani. (2018). Pemetaan Gua Kalibbong Aloa Kawasan Karst Pangkep. *Jurnal Sainsmart*. 7(2); 92-101.
- Utami, F. Y., Harmoko, H., & Fitriani, L. (2020). Eksplorasi Lumut (Bryophyta) di Kawasan Air Terjun Bukit Gatan Provinsi Sumatera Selatan. *Al-Hayat: Journal of Biology and Applied Biology*, 3(2), 93-101.
- Utami, U. F., Febriana, V. U., & Zuraidah, Z. (2022, June). Arthropoda permukaan tanah Nokturnal di ekosistem pantai kaca kaku Pulo Aceh. In *Prosiding Seminar Nasional Biotik* (Vol. 8, No. 1, pp. 122-127).
- Vogels, J. (2012). First record of the salticid spider *Sibianor lae* (Araneae: Salticidae) in The Netherlands. *entomologische berichten*, 72(5), 254-258.
- Wahyuningsih, E., Faridah, E., Budiadi, B., & Syahbudin, A. (2019). Komposisi dan Keanekaragaman Tumbuhan pada Habitat Ketak (*Lygodium circinatum* (BURM, SW) Di Pulau Lombok Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Hutan Tropis*, 7(1), 92-105
- Wati, T. K., Kiswardianta, B., & Sulistyarsi, A. (2016). Keanekaragaman Hayati Tanaman Lumut (Bryophyta) Di Hutan Sekitar Waduk Kedung Brubus Kecamatanpilang Keceng Kabupaten Madiun. *Florea: Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya*, 3(1), 46-51.
- Wiadril, A. P., Viza, R. Y., & Zuhri, R. (2018). Identifikasi Tumbuhan Lumut (Bryophyta) di Sekitar Air Terjun Sigerincing Dusun Tuo, Kecamatan Lembah Masurai, Kabupaten Merangin. *BIOCOLONY*, 1(2), 1-6
- Wibowo, H., Yuwono, J.S.E dan I.A, Nurani. (2020). Pengaruh morfologi dan litologi kawasan karst Kabupaten Rembang terhadap dunia gua prasejarah. *Naditira Widya*. 14(1); 1-18

- Windari, W., Perwati, L. K., & Murningsih, M. (2021). Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Paku (Pteridophyta) di Kawasan Wisata Air Terjun Jurang Nganten Kabupaten Jepara. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 23(2), 107-111.
- Yusal, M. S., & Toni, G. (2021). Inventarisasi Tumbuhan Paku di Kawasan Air Terjun Cunca Rami Kabupaten Manggarai Barat, Nusa Tenggara Timur|| Fern inventorization in Cunca Rami Waterfall Zone of West Manggarai, East Nusa Tenggara. *JURNAL PEMBELAJARAN DAN BIOLOGI NUKLEUS*, 7(1), 218-234.
- Yusna, M., & Sofiyanti, N. (2016). keanekaragaman Pteridaceae berdasarkan karakter morfologi dan fitokimia di Hutan PT. Chevron Pacific Indonesia (PT. CPI) Rumbai. *Jurnal Riau Biologia*, 1(2), 165-172.
- Yirka, B. 2012. Orb web spiders found to be better guards after sex. retrieved 1 January 2023 from <https://phys.org/news/2012-06-orb-web-spiders-sex.html>
- Yolla, A. S., Damayanti, F., & Gresinta, E. (2022). Keanekaragaman Tumbuhan Paku Terrestrial di Kawasan Hutan Pinus Gunung Pancar, Bogor. *EduBiologia: Biological Science and Education Journal*, 2(1), 63-71.
- Zulviana, V., Kirom, M. R., & Rosdiana, E. (2020). Analisis Pengaruh Intensitas Cahaya Led (light Emitting Diode) Dengan Warna Merah, Biru, Dan Putih Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Hijau (brassica Rapa Var Parachinensis) Di Dalam Ruang. *eProceedings of Engineering*, 7(1).



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A