

KEANEKARAGAMAN JENIS TUMBUHAN PAKU (PTERIDOPHYTA) DI KAWASAN WISATA KONSERVASI GAJAH (ELEPHANTIDAE) AEK NAULI, KABUPATEN SIMALUNGUN SUMATERA UTARA

Ahyana Rehani, Lazuardi

Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Medan
Jl. Willem Iskandar Psr. V Medan Estate, Medan, Indonesia, 20221

Email Korespondensi: ahyanarehani3@gmail.com

Abstract

This research aims to obtain data and information regarding the diversity of fern types in the Aek Nauli Elephant Conservation Tourism Area. To determine the diversity of fern species in the Aek Nauli Gajah Conservation Tourism Area, direct exploratory research was carried out using a purposive sampling method with 24 plots determined from 3 stations. The collected data was analyzed for the level of diversity using the Shannon-Wiener formula and the Importance Value Index of each fern. The research results showed that there were 167 species ferns (Pteridophyta) consisting of 7 types. The diversity index (H') of 1.267 is in the medium category, the dominance index (C) of 0.404 is in the stable category and the highest Important Value Index (INP) is *Polystichum acrostichoides* of 160,011. As supporting data, environmental factors such as temperature, soil pH, humidity and light intensity are very suitable for the growth of Ferns (Pteridophyta) in the Aek Nauli Gajah Conservation Area.

Keywords:

*Ferns (Pteridophyta),
Diversity,
Importance Value Index.*

Pendahuluan

Indonesia memiliki hutan yang memiliki kekayaan alam yang luar biasa, pemandangan yang mengagumkan, dengan biodiversitas yang tinggi. Hutan di Indonesia memiliki ekosistem yang beragam, dari hutan hujan yang lebat sampai ke ekosistem mangrove. Selain kepentingan ekologis yang tinggi, hutan juga memiliki kepentingan sosial-ekonomi yang akan berguna untuk mendukung usaha-usaha konservasi. Salah satu kegiatan ekonomi yang sudah banyak dilakukan adalah kegiatan ekowisata yang dianggap sebagai strategi yang potensial untuk mempromosikan konservasi hutan dan memberdayakan masyarakat lokal secara ekonomi Seiring dengan banyaknya fungsi hutan bagi kehidupan, saat ini hutan di Indonesia menghadapi ancaman-ancaman seperti fragmentasi habitat dan praktek-praktek penggunaan lahan yang tidak berkelanjutan (unsustainable). Hal ini malah membahayakan komponen-komponen dari ekosistem hutan yang seharusnya menjadikan hutan sebagai tempat berlindungnya beberapa organisme dari kepunahan maupun penurunan kualitas dan kuantitas.

Perubahan fungsi hutan untuk dijadikan sebagai hutan konservasi sering menjadi langkah awal terjadinya fragmentasi dan degradasi habitat yang akan mengganggu proses-proses ekologi dan penurunan tingkat kelimpahan spesies atau species richness (Gunawan et al., 2023). Hutan Aek Nauli di kabupaten Simalungun merupakan salah satu lokasi yang belakangan dikenal sebagai tempat wisata dan sekaligus digunakan sebagai area konservasi gajah Sumatera. Sebagai salah satu komponen biotik dari ekosistem hutan, keberadaan gajah menempati posisi yang elegan didalam kehidupan hutan

Populasi gajah di hutan mempengaruhi kelimpahan dan diversitas dari species tumbuhan dan hewan habitatnya masing masing. Keberadaan gajah menciptakan gap atau jarak pada tumbuhan dan peredaran biji yang luas. tumbuhan paku juga memainkan peran penting dalam menjaga keanekaragaman hayati. Meskipun seringkali dianggap sebagai tanaman yang tidak menarik, banyak spesies tumbuhan paku memiliki nilai ekologis yang tinggi sebagai habitat dan sumber makanan bagi berbagai organisme.

Dengan mengetahui keberadaan tumbuhan paku di hutan ini penulis dapat memberikan informasi mengenai adanya proses degradasi lingkungan di lokasi penelitian seiring kegiatan ekoturisme wisata gajah di hutan Aek Nauli. Hal ini akan menjadi informasi yang penting bagi pengelola dan pihak-pihak yang memiliki kepentingan untuk menggunakannya sebagai informasi tambahan dalam meningkatkan proteksi terhadap hutan dan juga keberlanjutan kegiatan konservasi dan manfaat ekonomi bagi masyarakat melalui kegiatan ekowisata.

Metode Penelitian

Lokasi

Penelitian ini telah dilakukan pada bulan Maret – April 2024 di Kawasan Wisata Konservasi Gajah (Elephantidae) Aek Nauli, Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara.

Populasi dan Sampel

Teknik pemilihan narasumber penelitian ini dilakukan dengan metode snowball sampling yakni menentukan narasumber dari arahan narasumber awal, dengan karakteristik yang memahami tentang tumbuhan obat. Indikator memahami adalah narasumber dapat menjelaskan mengenai pengetahuan lokal dan praktek pemanfaatan tumbuhan obat. (Nurdiani, 2014).

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah buku identifikasi, GPS, thermohygrometer, soil tester, lux meter, kertas label, tali rafia, meteran, kertas koran, kantong plastik, dan kamera. menggunakan bahan alkohol 70% dan seluruh tumbuhan paku Pteridophyta yang ditemukan didalam plot pada kawasan Wisata Konservasi Gajah Aek Nauli, Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara.

Teknik Pengumpulan Data

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei deskriptif. Dalam pengambilan sampel, *teknik no-random sampling* digunakan agar lebih hemat biaya dan waktu, serta keterbatasan akses ke lokasi. Oleh sebab itu teknik purposive sampling dilakukan dengan menentukan lokasi plot dengan mempertimbangkan 3 kondisi untuk setiap lokasi. Lokasi 1 adalah daerah di pinggir jalan raya, lokasi 2 adalah tempat yang dilalui oleh gajah dan lokasi 3 merupakan lokasi dengan kondisi jauh dari kegiatan kegiatan ekowisata.

Prosedur Penelitian

- 1) **Pelaksanaan Dilapangan.** Dilakukan pengumpulan spesie yang ditemukan dengan menggunakan teknik no-random sampling menggunakan transek dan dilakukan pula pengumpulan kondisi lingkungan pada lokasi pengamatan.
- 2) **Pelaksanaan Dilaboratorium.** Spesies yang telah ditemukan kemudian dilakukan identifikasi menggunakan kunci identifikasi.

Analisis Data

Data yang di peroleh dari hasil pengamatan kemudian dianalisis menggunakan rumus keanekaragaman tumbuhan (Soerianegara dan Indrawan, 1988):

a. Kerapatan Total (KT)

$$KT = \frac{\text{Jumlah individu seluruh jenis}}{\text{Total luas area petak contoh}}$$

b. Kerapatan Suatu Jenis (K)

$$K = \frac{\text{Jumlah individu suatu jenis}}{\text{Total luas area petak contoh}}$$

c. Kerapatan Relative (KR)

$$KR = \frac{\text{Kerapatan Suatu Jenis}}{\text{Kerapatan Seluruh Jenis}} \times 100 \%$$

d. Frekuensi (F)

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

e. Frekuensi Relative (FR)

$$FR = \frac{\text{Frekuensi suatu jenis}}{\text{Frekuensi keseluruhan jenis}} \times 100 \%$$

f. Dominansi (D)

$$F = \frac{\text{luas bidang dasar suatu jenis}}{\text{jumlah luas plot}}$$

g. Dominansi Relatif (DR)

$$F = \frac{\text{dominansi suatu jenis}}{\text{dominansi seluruh plot}} \times 100\%$$

h. Indeks Nilai Penting (INP)

Indeks nilai penting (Soerianegara dan Indryanto, 1988)

INP tumbuhan paku = Kerapatan Relatif (KR) + Frekuensi Relatif (FR) + Dominansi Relatif (DR)

i. Indeks Keanekaragaman (H')

$$H' = -\sum \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$$

Keterangan:

H' = Indeks keanekaragaman Shannon Wiener

n_i = Jumlah Individu suatu jenis

N = Jumlah total individu

j. Indeks Dominansi Simpson (C)

$$C = \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

Keterangan :

C = Indeks Dominansi

N_i = Indeks Nilai Penting Jenis ke-i

N = Total Indeks

Hasil dan Pembahasan

Jenis-jenis Tumbuhan Paku (Pteridophyta) yang Ditemukan

Terdapat jenis-jenis tumbuhan paku yang berbeda-beda di Kawasan Wisata Konservasi Gajah di Aek Nauli. Jenis tumbuhan paku (Pteridophyta) yang ditemukan diuraikan pada tabel 1:

Tabel 1. Jenis-Jenis Tumbuhan Paku (Pteridophyta)

No.	Famili	Genus	Spesies	Jumlah
1.	Blechnaceae	<i>Stenochlaena</i>	<i>S. palustris</i>	1
2.	Cytopteridaceae	<i>Gymnocarpium</i>	<i>G. dryopteris</i>	10
3.	Dennstaedtiaceae	<i>Histiopteris</i>	<i>H. incisa</i>	10
4.	Dryopteridaceae	<i>Arachniodes</i>	<i>A. aristata</i>	22
5.		<i>Neprolephis</i>	<i>N. exaltata</i>	4
6.		<i>Polystichum</i>	<i>P. acrostichoides</i>	101
7.	Polypodiaceae	<i>Pyrrosia</i>	<i>P. christii</i>	19
TOTAL				167

Indeks Nilai Penting (INP) Tumbuhan Paku

Berdasarkan hasil pengamatan dari lokasi penelitian didapatkan Indeks Nilai Penting (INP) yang diuraikan pada tabel 2:

Tabel 2. Indeks Nilai Penting (INP)

Nama Spesies	Jumlah	K	KR	F	FR	D	DR	INP
<i>Stenochlaena palustris</i>	1	4,167	0,599	0,042	2,326	286,624	0,411	3,336
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	10	41,667	5,988	0,083	4,651	716,561	1,028	11,667
<i>Histiopteris incisa</i>	10	41,667	5,988	0,167	9,302	5095,541	7,313	22,603
<i>Arachniodes aristata</i>	22	91,667	13,174	0,333	18,605	14380,971	20,640	52,419
<i>Neprolephis exaltata</i>	4	16,667	2,395	0,125	6,977	3853,503	5,531	14,903
<i>Polystichum acrostichoides</i>	101	420,833	60,479	0,750	41,860	40183,121	57,672	160,011
<i>Pyrrosia christii</i>	19	79,167	11,377	0,292	16,279	5159,236	7,405	35,061

Indeks Keanekaragaman (H') dan Indeks Dominansi Tumbuhan Paku

Berdasarkan hasil yang didapat pada lokasi penelitian diperoleh nilai Indeks Keanekaragaman Shannon Wiener (H') diuraikan pada tabel 3:

Tabel 3. Indeks keanekaragaman (H') Tumbuhan Paku

Nama Spesies	Jumlah	Pi	Ln Pi	Pi Ln Pi
<i>Stenochlaena palustris</i>	1	0,006	-5,118	-0,031
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	10	0,060	-2,815	-0,169
<i>Histiopteris incisa</i>	10	0,060	-2,815	-0,169
<i>Arachniodes aristata</i>	22	0,132	-2,027	-0,267
<i>Neprolephis exaltata</i>	4	0,024	-3,732	-0,089
<i>Polystichum acrostichoides</i>	101	0,605	-0,503	-0,304
<i>Pyrrosia christii</i>	19	0,114	-2,174	-0,247
TOTAL	167			1,276

Berdasarkan hasil yang didapat pada lokasi penelitian diperoleh nilai Indeks Dominansi Simpson (C) diuraikan pada tabel 4:

Tabel 4. Indeks Dominansi Tumbuhan Paku (C)

Nama Spesies	Jumlah	Pi	Pi ²
<i>Stenochlaena palustris</i>	1	0,006	0,000
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	10	0,060	0,004
<i>Histiopteris incisa</i>	10	0,060	0,004
<i>Arachniodes aristata</i>	22	0,132	0,017
<i>Neprolephis exaltata</i>	4	0,024	0,001
<i>Polystichum acrostichoides</i>	101	0,605	0,366
<i>Pyrrosia christii</i>	19	0,114	0,013
TOTAL	167		0,404

Kondisi Faktor Lingkungan

Sebagai data pendukung, dilakukan pengukuran faktor lingkungan yang berupa pH tanah, kelembaban tanah, suhu udara, kelembaban udara, intensitas cahaya dan ketinggian. Adapun hasil pengukuran kondisi faktor lingkungan tersebut secara lengkap disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 5. Pengukuran Kondisi Lingkungan pada 3 Stasiun yang diamati

Parameter	Hasil Pengukuran Tiap Stasiun		
	Stasiun I	Stasiun II	Stasiun III
Suhu (°C)	23 – 25°C	22 – 25°C	23 – 25°C
Kelembaban Tanah (%)	29 – 48	40 – 68	48 – 67
pH Tanah	5,2 – 7,2	5,3 – 6,6	5,5 – 7,1
Intensitas Cahaya (Lux)	1311-1350	1229-1400	1302-1321

Penentuan lokasi stasiun mempertimbangkan 3 kondisi untuk setiap lokasi. Lokasi 1 adalah daerah di pinggir jalan raya, lokasi 2 adalah tempat yang dilalui oleh gajah dan lokasi 3 merupakan lokasi dengan kondisi jauh dari kegiatan kegiatan ekowisata, hal ini dilakukan untuk mendapat hasil sampel yang merata dan dilihat berdasarkan seluruh aspek yang berada dalam kawasan ekowista sehingga didapatkan jenis tumbuhan paku yang paling banyak di jumpai yaitu *Polystichum acrostichoides* dari *Dryopteridaceae* dengan total 101 individu, hal ini terjadi karena spesies yang masuk dalam famili *Dryopteridaceae* yang dapat tumbuh pada kondisi lingkungan yang beragam dan mendominasi pada semua titik penelitian. Dalam Sari dan Mukti (2019) menyatakan bahwa tumbuhan paku dari famili *Dryopteridaceae* mempunyai kemampuan beradaptasi yang baik dan berkembang biak yang cepat.

Indeks Nilai Penting tumbuhan paku dari seluruh stasiun pengamatan tumbuhan yang paling mendominasi adalah *Polystichum acrostichoides*. Hal ini dapat dilihat dari hasil Indeks Nilai Penting yang didapat yaitu 102,340 %, dengan jumlah 101 individu. Ini menunjukkan bahwa spesies tersebut memiliki penguasaan di Kawasan Wisata Konservasi Gajah Aek Nauli. Menurut Fachrul et al (2007), Nilai INP dibagi menjadi tiga kategori yaitu $INP > 42,66$ tinggi, $INP > 21,96$ sedang, dan $INP < 21,96$ rendah. Prevalensi berbagai jenis tumbuhan paku menyebabkan tingginya nilai INP pada tumbuhan paku. Nilai INP yang tinggi dipengaruhi oleh sifat genetik yang menguntungkan, serta interaksi dengan lingkungan, seperti kondisi tanah, iklim, mikroba, dan persaingan dengan organisme lain. Dengan kata lain, tumbuhan dengan daya adaptasi yang tinggi dapat hidup mendominasi suatu daerah (Abubakar, 2013).

Dari hasil penelitian pada area pengamatan yang di Kawasan Konservasi Gajah Aek Nauli diketahui indeks keanekaragaman (H') tumbuhan paku diperoleh nilai H' sebesar 1,276. Menurut (Fachrul et al, 2007) indeks keanekaragaman ini termasuk kriteria sedang. Keanekaragaman dapat digunakan sebagai salah satu parameter untuk mengukur kestabilan komunitas. Semakin tinggi nilai indeks keanekaragamannya, maka komunitas tersebut akan lebih stabil (Fachrul et al, 2007). Hal ini menunjukkan bahwa komunitas tumbuhan paku di kawasan Konservasi Gajah Aek Nauli relatif stabil, dengan demikian komunitas tersebut memiliki potensi untuk mengalami perkembangan kearah kestabilan yang lebih mantap atau sebaliknya. Dengan adanya faktor lingkungan yang mempengaruhi perkembangan tumbuhan paku di kawasan tersebut antara lain suhu, pH, intensitas cahaya, kelembaban tanah dan intensitas cahaya. Berdasarkan besarnya indeks keanekaragaman maka komunitas tumbuhan paku di kawasan Konservasi Gajah Aek Nauli menunjukkan masih dalam proses perkembangan. Dalam rangka usaha konservasi di kawasan ini, perlu dilakukan pemantauan lebih lanjut untuk mengetahui perubahan struktur komunitas tumbuhan paku di kawasan tersebut.

Berdasarkan Tabel 4.4 nilai dominansi tumbuhan paku yang tertinggi adalah spesies *Polystichum acrostichoides* dengan hasil 0,366. jika dicocokkan dengan kriteria indeks dominansi

Simpson, maka nilai dominansi tumbuhan paku yang terdapat di kawasan Ekowisata Konservasi Gajah Aek Nauli yaitu tidak ada yang mendominasi. Hal tersebut disebabkan bahwa nilai indeks dominansi menunjukkan bahwa semua spesies tumbuhan tersebar merata pada semua tingkatan, sehingga menyebabkan tidak ada spesies tumbuhan tersebut yang mendominasi di lokasi penelitian (Nuraina et al, 2018).

Sebagai data pendukung, dilakukan pengukuran faktor lingkungan yang berupa pH tanah, Suhu udara, kelembaban tanah dan intensitas cahaya. Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan pada area pengamatan diperoleh gambaran kondisi lingkungan yang diamati di kawasan Konservasi Gajah Aek Nauli selama penelitian dilakukan. Menurut Yusuf (2009), tumbuhan mempunyai tingkat toleransi terhadap kondisi lingkungannya agar bisa bertahan hidup dan berkembang. Apabila kondisi lingkungan berubah melebihi tingkat toleransinya, maka akan menyebabkan kemusnahan tumbuhan dalam habitat tersebut.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan adalah Jenis tumbuhan paku (Pteridophyta) yang ditemukan dan diidentifikasi pada Lawasan Wisata Konservasi Gajah Aek Nauli terdiri dari 5 Famili yaitu Blechnaceae, Cytopteridaceae, Dennstaedtiaceae, Dryopteridaceae dan Polypodiaceae. Famili terbanyak berasal dari Dryopteridaceae yaitu : *Arachniodes aristata*, *Neprolepis exaltata*, *Polystichum acrostichoides*. Famili dengan jumlah yang paling sedikit adalah famili Blechnaceae yaitu : *Stenochlaena palustris*. Jumlah seluruh individu yang ditemukan berjumlah 167 individu. Indeks Nilai Penting (INP) yang paling tinggi yaitu *Polystichum acrostichoides* sebesar 102,400 % dengan jumlah 101 individu. Indeks Keanekaragaman (H') Tumbuhan paku sebesar 1,276 dan dikategorikan keanekaragaman sedang dan indeks dominansi tumbuhan paku sebesar 0,404 dan dikategorikan stabil. Faktor kondisi lingkungan seperti Suhu, Kelembaban Tanah, pH tanah dan Intensitas Cahaya dengan keanekaragaman jenis tumbuhan paku (pteridophyta) di Kawasan Wisata Konservasi Gajah Aek Nauli sangat cocok sebagai habitat tumbuhan paku.

Daftar Pustaka

- Abubakar, Katili & Sidik. (2013). Deskripsi Pola Penyebaran Dan Faktor Bioekologis Tumbuhan Paku (Pteridophyta) Di Kawasan Cagar Alam Gunung Ambang Sub Kawasan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur. *Sainstek*, 7 (2) : 1-19
- Ahlering, M.A., Maldonado, J.E., Eggert, L.S., Fleischer, R.C., Western, D. & Brown, J.L. (2013). Conservation outside protected areas and the effect of human-dominated landscapes on stress hormones in savannah elephants. *Conservation Biology*. 27: 569-575. <https://doi.org/10.1111/cobi.12061>
- Andiana, J & Renjana, E. (2021). Inventarisasi tumbuhan paku (Pteridophyta) pada Arboretum (Kawasan Hutan) Kebun Raya Purwodadi. *Prosiding Seminar Nasional Biologi* .Vol (1): 211-225.
- Arini, DID & Kinho, J. (2012). Keragaman Jensi Tumbuhan Paku (Pteridophyta) di Cagar Alam Gunung Ambang Sulawesi Utara. *Balai Penelitian Kehutanan Manado*. 2(1) : 165 – 171
- Blake, R., Jacob, K. Yohe, G. Zimmerman, R. Manley, D. Solecki, W. & Rosenzweig, C. (2019) New York City Panel on Climate Change 2019 Report Chapter 8: Indicators and monitoring. *Ann. New York Acad. Sci.* 1439: 230-279, doi:10.1111/nyas.14014.

- Bradshaw, G., Schore, A., Brown, J., Poole, J. & Moss, C. (2005). Elephant breakdown. Social trauma: Early trauma and social disruption can affect the physiology, behaviour and culture of animals and humans over generations. *Nature*. 433: 807. <https://doi.org/10.1038/433807a>
- Brownsey, P.J. & Perrie, L.R. (2018). Dennstaedtiaceae. In: Breitwieser, I. Wilton, A.D. Flora of New Zealand - Ferns and Lycophytes. Fascicle 19. Manaaki Whenua Press: Lincoln.
- Fachrul, Melati & Ferianita. (2007). *Metode Sampling Bioekologi*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Faiz, K. (2018). Inventarisasi tumbuhan paku (pteridophyta) di kawasan Gunung Ungaran Dusun Promasan Desa Ngesrep Balong Kecamatan Limbangan Kabupaten Kendal sebagai sumber belajar biologi. *Thesis*. Semarang: Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
- Fitriani, U., Adisyahputra, & Komala, R. (2018). Pengembangan Eco-Friendly Website Dalam Pembelajaran Biologi Berbasis Proyek Pada Materi Pencemaran Lingkungan. *BIOSFER JPB*, 11(1), 32–46.
- Feeley, K.J., Rehm, E.M. & Machovina B. (2012). The responses of tropical forest species to global climate change: acclimate, adapt, migrate, or go extinct?. *Frontiers in Biogeography*. 4(2): 69-82. DOI: 10.21425/
- Gaveau, D.L.A., Sheil, D., Husnayaen, Salim, M.A., Arjasakusuma, S., Ancrenaz, M., Pacheco, P., Meijaard, E. (2016). Rapid conversions and avoided deforestation: examining four decades of industrial plantation expansion in Borneo. *Scientific Reports*. 6(32017). <https://doi.org/10.1038/srep32017>
- Gembong, T. (2009). Taksonomi Tumbuhan. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Gibson, L., Lee, T.M., Koh, L. P., Brook, B.W., Gardner, T.A., Barlow, J., Peres, C.A., Bradshaw C.J.A., Laurance W.F., Lovejoy, T.E. & Sodhi, N. S. (2011). Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity. *Nature*. 478(7369): 378-381.
- Gomez, R., Martinez, S. & Rodriguez, M. (2022). Fern diversity and its impact on ecosystem resilience. *Biodiversity Journal*, 78(3), 330-345.
- Gordillo, J. (2008). Community cooperation and ecotourism success in Costa Rica. *Journal of Sustainable Tourism*, 16(5), 530-549.
- Hansen, A. J., Noble, B. P., Veneros, J., East, A., Goetz, S. J., Supples, C., Watson, J.E.M., Jantz, P.A., Pillay R., Jetz, W., Ferrier, S., Grantham, H.S., Evans, T.D., Ervin, J., Venter, O., Virnig, A.L.S. (2021). Towards monitoring forest ecosystem integrity within the post-2020 global biodiversity framework. *Conserv. Lett.* 14:e12822. doi: 10.1111/conl.12822
- Hasanuddin. (2012). *Anatomi Tumbuhan*. Banda Aceh: Kuala Press Banda Aceh.
- Hasanudin. (2015). *Botani Tumbuhan Rendah*. Banda Aceh: UIN Ar-Raniry.
- Hasibuan, Hotmatama, Rizalinda, & Elvi Rusmiyanto, P.W. (2016). Inventarisasi Jenis Paku-Pakuan (Pteridophyta) Di Hutan Sebelah Darat Kecamatan Sungai Ambawang Kalimantan Barat. *Jurnal Protobiont*. 5 (1) : 46 – 58.
- Honey, M. (2018). *Ecotourism and sustainable development: Who owns paradise?*. (2nd ed.). Island Press.
- Huang, G., Ping, X., Xu, W., Hu, Y., Chang, J., Swaisgood, R.R., Zhou, J., Zhan, X., Zhang, Z., Nie, Y., Cui, J., Bruford, M., Zhang, Z., Li, B., Zhang, L., Lv, Z., Wei, F. (2021). Wildlife conservation and management in China: Achievements, challenges and perspectives. *National Science Review*. 8(7)
- Indriyanto. 2009. *Ekologi Hutan*. Bumi Aksara: Jakarta.
- Julia, B., Linda, R., & Lovadi, I. (2015). Inventarisasi Jenis Paku-pakuan (Pteridophyta) Terrestrial di Hutan Dusun Tauk Kecamatan Air Besar Kabupaten Landak. *Jurnal Protobiont*. 4 (1) : 94 – 102
- Kurniawan, A. (2009). *Tumbuhan Paku*. Yogyakarta: Pustaka Insan Madani.
- Kuswanda, W, Situmorang, R.O.P, Berliani, K., Barus, S.P. & Silalahi, J. (2018). *Konservasi dan Ekowisata Gajah: Sebuah Model dari KHDTK Aek Nauli*. Bogor: IPB Press.

- Laurance, W., Pérez-Salicrup, D., Delamonica, P., Fearnside, P., D'Angelo, S., Jerozolinski, A., Pohl, L., Lovejoy, T. (2001). Rain Forest Fragmentation and the Structure of Amazonian Liana Communities. *Ecology*. 82. 10.2307/2680089.
- Lenzen, M., Sun, Y.Y., Faturay F., Ting, Y.P., Geschke, A. & Malik, A. (2018). The carbon footprint of global tourism. *Nature Climate Change*. 8(6): 522-528.
- Lubis, Siti & Rahmah. (2009). Keanekaragaman dan Pola Distribusi Tumbuhan Paku di Hutan Wisata Alam Taman Eden Kabupaten Toba Samosir Provinsi Sumatera Utara. Tesis . Medan : Universitas Sumatera Utara
- Mardiastutik, & Wiwik, E. (2013). *Mengenal Tumbuhan*. Bekasi: Mitra Utama.
- Mentari, D. (2019). Keanekaragaman Tumbuhan Paku (Pteridophyta) Di Kawasan Air Terjun Malaka Desa Lam Ara Tunong Kabupaten Aceh Besar Sebagai Referensi Pembelajaran Kingdom Plantae Di Man 1 Aceh Besar. 27–53.
- Newsome, D., Moore, S. & Dowling, R. (2021). Impacts and management of nature-based tourism: A review. *Current Issues in Tourism*. 1-28
- Nuraina, I., Fahrizal & 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) : 137 – 146
- Permana, N. E. P., Riastuti, R. D., & Krisnawati, Y. (2017). Identifikasi Keanekaragaman Divisi Pteridophyta (Paku) di Kawasan Bukit Sulap Kota Lubuklinggau. Skripsi. STKIP PGRI Lubuklinggau, 10(1), 1–52.
- Pradipta A. (2020). Inventarisasi Jenis Tumbuhan Paku (pteridophyta) di Desa Padang Pelasan Kabupaten Seluma. *Jurnal Biosilampari*. 3(1): 13–19.
- Pusmanti, N. (2017). Eksplorasi Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Paku-Pakuan (Pteridophyta) di Sekitar Taman Nasional Berbak (Studi Kasus Desa Pematang Raman Kecamatan Kumpeh Kabupaten Muaro Jambi Provinsi Jambi. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Sulthan Thata Saifuddin Jambi. Jambi
- Rahayu, D. (2019). Keanekaragaman jenis tumbuhan paku di Kawasan Hutan Aek Nauli Kecamatan Kotanopan Kabupaten Mandailing Natal. *Jurnal Hutan Tropis*. 7(1): 7-14.
- Rahmadani, N., Sulisty, R. B. & Yulianti, R. (2022). Tentang Entobiologi di Kalimantan Selatan. CV. Batang : Kalimantan Selatan
- Ranker, T. A. & Haufler, C. H. (2008). *Biology and evolution of ferns and lycophytes*. Cambridge University Press.
- Riberu, P. (2002). Pembelajaran Ekologi. *Jurnal Pendidikan Penabur*. 1(1): 1–54.
- Ripple, W., Wolf, C., Newsome, T., Gregg, J., Lenton, T., Palomo, I., Eikelboom, J., Law, B., Huq, S., Duffy, P., Rockström, J., de Moura, C. (2021). World Scientists' Warning of a Climate Emergency 2021. *BioScience*. 71. 10.1093/biosci/biab079.
- Saarinen, J. (2018). Managing natural and cultural heritage in tourism destinations: A systems approach. *Tourism Management*. 67: 153-162.
- Sari, H., & Mukti, B. H. (2019). Keanekaragaman Tumbuhan Paku (Pteridophyta) di Kawasan Hutan Desa Banua Rantau Kecamatan Batang Alai Selatan Kabupaten Hulu Sungai Tengah. *Jurnal Pendidikan Hayati*, 5(3).
- Schneider, H., Schuettpelz, E., Pryer, K., Cranfill, R., Magallon, S. & Lupia II, R. (2004). Ferns diversified in the shade of angiosperms. *Nature*. 428: 553-7. 10.1038/nature02361.
- Schneider, H., Schuettpelz, E., Pryer, K.M., Cranfill, R., Magallon, S. & Lupia, R. (2004). "Ferns diversified in the shadow of angiosperms. *Nature*. 428(6982): 553-557.
- Smith, J., Brown, A., & Johnson, C. (2020). The role of ferns in soil nutrient cycling. *Journal of Ecology*. 45(2): 210-225.

- Sudrajat, A.B.N., Suherman, Sugiharto, B. (2020). Comparative Evaluation of Nutritional and Mineral Composition Between Transgenik Sugarcane Overexpressing SoSPS1 Gene and Non-transgenic Counterpart. *Journal of Biological Sciences*.
- Sulaiman., Shah, S., Khan, S., Bussmann, R., Ali, M., Hussain, D., Hussain, W. (2020). Quantitative Ethnobotanical Study of Indigenous Knowledge on Medicinal Plants Used by the Tribal Communities of Gokand Valley, District. *Plants*. 9. DOI:10.3390/plants9081001.
- Syafrudin, Y., Haryani, T, S., & Wiedarti, S., (2016). Keanekaragaman dan Potensi Paku (Pteridophyta) di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango Cianjur (TNGGP). *Ekologia* 6 (2) : 24-31
- Tan, L.L., Zhang, X.L., Qi, J.Y., Sun, D.F., Marek, G.W., Feng, P.Y. Li, B.G., Liu, D.L., Li, B.G., Srinivasan, R. Chen, Y. (2023). Assessment of the sustainability of groundwater utilization and crop production under optimized irrigation strategies in the North China Plain under future climate change. *Science of The Total Environment*. 899. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.165619
- Vetaas, O. R. & Ferrer-Castán, D. (2008). Patterns of woody plant species richness in the Iberian Peninsula: Environmental range and spatial scale. *Journal of Biogeography*. 35(11): 1863–1878.
- Wahyuningsih, T.M. (2019). Inventarisasi Tumbuhan Paku (Pteridophyta) di Perkebunan PT Bina Sains Cemerlang Kabupaten Musi Rawas. *Jurnal Biosilampari*. 2(1): 29–35.
- Wang, C., Zhao, J., Feng, Y., Shang, M., Bo, X., Gao, Z., Chen, F. & Chu, Q. (2021). Optimizing tillage method and irrigation schedule for greenhouse gas mitigation, yield improvement, and water conservation in wheat–maize cropping systems. *Agricultural Water Management*. 248. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106762>
- Watson, J., Dudley, N., Segan, D., Hockings, M. (2014). The performance and potential of protected areas. *Nature*. 515. 67-73. 10.1038/nature13947.
- Yusuf, M. A. M. (2009). Keanekaragaman Tumbuhan Paku (Pteridophyta) di Kawasan Cagar Alam Gebugan Kabupaten Semarang. Skripsi, Universitas Negeri Semarang
- Zhang G, Zhang X, Xie L, Zhang Q, Liu D, Wu H and Li S (2021) Perceived Importance and Bundles of Ecosystem Services in the Yangtze River Middle Reaches Megalopolis, China. *Front. Environ. Sci*. 9:739876. DOI: 10.3389/fenvs.2021.739876
- Zhang, G., Zheng, D., Zhang, X., Xie, L., Wu, H., and Li, S. (2020). Spatial-temporal Variation of Ecosystem Services in the Middle Reaches of the Yangtze River from 2000 to 2015. *Environ. Ecol*. 2, 77–88.