

Undergraduate Research Journal for
**Biological Sciences and
Biotechnology**
Jurnal Penyelidikan Prasiswazah
Sains Biologi dan Bioteknologi



Undergraduate Research Journal for Biological Sciences and Biotechnology

Jurnal Penyelidikan Prasiswazah untuk Sains Biologi dan
Bioteknologi

Editorial Board

Dr. Mohammad Saiful Mansor (Editor-in-Chief)
Prof. Dr. Norhayati Ahmad
Dr. Johari Jalinis
Dr. Nik Norhazrina Nik Mohd Kamil
Dr. Norfarhan Mohd Assa'ad

Journal Scope

The Undergraduate Research Journal for Biological Sciences and Biotechnology publish original scientific articles across all fields of biology and related disciplines, featuring research conducted by undergraduate students as part of their academic requirements. For Volume I, the journal highlights four key fields: Microbiology, Genetics, Biotechnology, and Biochemistry. Manuscripts are considered based on originality, significance of findings, clarity of presentation, and scientific accuracy, and may include novel data, innovative ideas, or new interpretations that contribute to scientific knowledge. All submissions undergo peer review by referees appointed by the Editorial Board, and only original, previously unpublished work will be accepted. Authors are responsible for obtaining written permission to reproduce any materials from other sources, including figures, tables, and illustrations.

Open Access

The journal is an open-access publication freely available online. Users may read, download, copy, distribute, print, search, or link to the full text of its articles without prior permission from the publisher or the authors.

Copyright

Any reproduction of figures, tables, or illustrations requires written permission from the Editor-in-Chief (urjbsbt@ukm.edu.my). No part of this journal may be reproduced in any form without prior authorization from the Editor-in-Chief.

Image Credits

Cover photo: Norhayati Ahmad, Nur Aliah Mohamad Khaduwi and Shamsul Khamis.

The journal is published by:
Faculty of Science and Technology
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia

Printed in Malaysia by
UKM Publisher
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia

The journal is published biannually

eISSN 3120-306X

Undergraduate Research Journal for Biological Sciences and Biotechnology
Volume 2 • December 2025

Article	Title	Page
1	Species Composition and Diversity of Birds at Kuala Sepetang, Perak Malaysia <i>Norhayati Ahmad, Daicus Belabut, Wezrey Jailo Roin Meros & Jen Nie Lee</i>	1-16
2	Kajian SNP dalam Ekson 4 Gen PRL pada Lembu Tenusu di Pahang dan Melaka <i>Mohd Azhim, D.N. & Zulkifli, N.A.</i>	17-23
3	Penilaian Tingkah Laku Gajah Asia Liar (<i>Elephas maximus</i>) menggunakan Teknologi Dron di Selatan Semenanjung Malaysia <i>Sa'adatunnur Dollah, Amirul Haikal Zainal, Kamaruddin Zainul Abidin & Mohammad Saiful Mansor</i>	24-30
4	Ekologi dan kelakuan sosial <i>Presbytis siamensis siamensis</i> di kampus induk Universiti Kebangsaan Malaysia <i>Siti Nur Aliah Mohd-Isa, Abd Rahman Mohd-Ridwan & Badrul Munir Md-Zain</i>	31-36
5	Spesies Serangga yang Berasosiasi dengan Pokok Belimbing (<i>Averrhoa carambola</i> L.) di Ladang Konvensional Mardi, Selangor <i>Nur Ain Sakinah Ahmad Khairi, Aisyah Munira Jasni, Safwatul Athirah Muhamad Azmi, Suhana Yusof & Salmah Yaakop</i>	37-44
6	Perincian Akustik Larva dan Serangga Kumbang Tanduk <i>Oryctes rhinoceros</i> <i>Aida Nabilah Muhammad Hishamudin & Johari Jalinias</i>	45-53
7	Kepelbagaian dan Komposisi Komuniti Serangga dalam Ekosistem Tanaman Lemon di Kompleks Rumah Tumbuhan UKM <i>Nor Aishah Hasnoladie & Izfa Riza Hazmi</i>	54-62
8	Fern Flora of Sekayu Forest Eco-Park, Terengganu, Malaysia <i>Nur Akma Hidayatie, Nur Aliah, Nur Amirah Dayana, Haja Maideen & Nurul Nadhirah</i>	63-71
9	Flora Paku Pakis di Gunung Nuang, Hutan Simpan Ulu Langat, Selangor <i>Haja Maideen, Nur Amirah Dayana, Nur Aliah, Nur Akma Hidayatie & Nurul Nadhirah</i>	72-79
10	Nilai Taksonomi Ciri Anatomi dan Mikromorfologi Epidermis Daun Enam Spesies <i>Hoya</i> R.Br. terpilih di Semenanjung Malaysia <i>Noraini, T., Ariesha Balqis, A. H., Syazwani Basir & Mohamad Ruzi Abdul Rahman</i>	80-87
11	Morphological Description of <i>Garcinia</i> sp. (Clusiaceae) from Fraser's Hill, Pahang <i>Nur Hanna Insyirah Mohd Rahim & Shamsul Khamis</i>	88-95
12	Kepelbagaian dan Taburan Rumpai Laut di Mikrohabitat Berbatu, Pulau Merambong, Johor <i>Juria Bacha Kenedy, Nur Amira Batrisyia Isham, Wan Dhiya Ainin Sofiya, Mohamed Effendi Taip & Nur Farah Ain Zainee</i>	96-103

13	Kepelbagaian dan Taburan Rumpai Laut di Utara Pulau Merambong, Johor <i>Nur Amira Batrisyia Isham, Juria Bacha Kenedy, Wan Dhiya Ainin Sofiya Wan D'zylhne, Mohamed Effendi Taip & Nur Farah Ain Zainee</i>	104-112
14	Mekanisme ketahanan banjir dalam titisan biakbaka padi UKM <i>Noraziyah Abd Aziz Shamsudin, Aliesa Amira Khairul Anuar, Seshan Ananthan, Shakirah Mohammad Nahar & Nur Sakinah Mohd Yusri</i>	113-118
15	Komposisi Flora dan Struktur Komuniti Pokok Berdiameter Aras Dada ≥ 5 cm di Hutan Simpan Kekal Teluk Muroh, Perak <i>Ahmad Fitri, Z., Nur Aqilah, M.B., Nizam, M.S., Mohamed Khairul Faizi, Z. & Latiff, A.</i>	119-123
16	Status Pemuliharaan dan Keendemikan Spesies Pokok di Hutan Simpan Kekal Teluk Muroh, Perak <i>Nur Aqilah, M.B., Ahmad Fitri, Z., Nizam, M.S., Mohamed Khairul Faizi, Z. & Latiff, A.</i>	124-130
17	Pengenalpastian Gen Biosintetik <i>Carica papaya</i> Menggunakan Analisis Bioinformatik <i>Amierul Fiqrie Azman Ahmad, Vinothienii Vengatharajuloo & Sarahani Harun</i>	131-139
	Instructions for Authors	140-142

Species Composition and Diversity of Birds at Kuala Sepetang, Perak Malaysia

Norhayati Ahmad^{1*}, Daicus Belabut², Wezrey Jailo Roin Meros¹ & Jen Nie Lee³

¹Department of Biological Sciences and Biotechnology, Faculty of Science and Technology, Universiti
Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor

²Institute of Biological Sciences, Faculty of Science, University of Malaya, 50603 Kuala Lumpur, Malaysia

³Faculty of Science and Marine Environment, Universiti Malaysia Terengganu, 21030 Kuala Nerus,
Terengganu

* E-mail of corresponding author: norhayatiahmad@ukm.edu.my

Abstract: In Malaysia, coastal ecosystems play an important role as a center of biodiversity, especially as critical habitats for local and migratory waterbird species. Kuala Sepetang, Matang, Perak, is one of the most valuable coastal areas in terms of ecology and economy, which includes the Matang Sea Mangrove Forest, one of the best mangrove ecosystems in Southeast Asia. This forest plays a critical role as a habitat for waterbird species and endangered species, but this unique ecosystem is increasingly threatened by rapid development and pollution. The lack of detailed data on the bird population in this area makes it difficult to plan effective conservation strategies. Therefore, a comprehensive study of the composition and diversity of bird species in the study area was discussed to overcome this problem. In this study, photography and bird observation using DSLR cameras and binoculars were conducted in Kuala Sepetang, Matang, Perak. Then, bird species identification was done by referring to the MyBIS database based on the morphological characteristics of the recorded birds. Next, the diversity of bird species was analyzed using the Shannon and Simpson Diversity Index. A total of 378 bird individuals from 51 species were successfully recorded in this study with a Shannon Diversity Index value of 3.34 ± 0.05 and a Simpson Diversity Index of 0.95 ± 0.004 . There are three species that dominate the population in the study area, namely *Acridotheres javanicus* (Javan myna, 12.4%), *Pycnonotus goiavier* (Yellow-vented bulbul, 10.1%) and *Lonchura atricapilla* (Chesnut munia, 7.7%). The data obtained from this study can provide accurate and important basic information for the implementation of conservation programs and preservation of mangrove ecosystems in the study area more effectively.

Keywords: Aves, avian, coastal, Malaysia, Shannon diversity

Abstrak: Di Malaysia, ekosistem pesisir pantai memainkan peranan penting sebagai pusat biodiversiti, terutamanya sebagai habitat kritikal bagi spesies burung air tempatan dan migrasi. Kuala Sepetang, Matang, Perak, merupakan antara kawasan pantai yang paling bernilai dari segi ekologi dan ekonomi, termasuk Hutan Bakau Laut Matang, antara ekosistem bakau terbaik di Asia Tenggara. Hutan ini memainkan peranan penting sebagai habitat bagi spesies burung air dan spesies terancam, tetapi ekosistem unik ini semakin terancam oleh pembangunan pesat dan pencemaran. Kekurangan data terperinci tentang populasi burung di kawasan ini menyukarkan untuk merancang strategi pemuliharaan yang berkesan. Oleh itu, kajian menyeluruh tentang komposisi dan kepelbagaian spesies burung di kawasan kajian telah dibincangkan bagi mengatasi masalah ini. Dalam kajian ini, fotografi dan pemerhatian burung menggunakan kamera DSLR dan teropong telah dijalankan di Kuala Sepetang, Matang, Perak. Kemudian, pengecaman spesies burung dilakukan dengan merujuk kepada pangkalan data MyBIS berdasarkan ciri morfologi burung yang direkodkan. Seterusnya, kepelbagaian spesies burung dianalisis menggunakan Indeks Kepelbagaian Shannon dan Simpson. Sebanyak 378 individu burung daripada 51 spesies telah berjaya direkodkan dalam kajian ini dengan nilai Indeks Kepelbagaian Shannon 3.34 ± 0.05 dan Indeks Kepelbagaian Simpson 0.95 ± 0.004 . Terdapat tiga spesies yang mendominasi populasi di kawasan kajian iaitu *Acridotheres javanicus* (Tiong Jawa, 12.4%), *Pycnonotus goiavier* (Merbah kapur, 10.1%) dan *Lonchura atricapilla* (Pipit pinang, 7.7%). Data yang diperolehi daripada kajian ini dapat memberikan maklumat asas yang tepat dan penting bagi pelaksanaan program pemuliharaan dan pemeliharaan ekosistem bakau di kawasan kajian dengan lebih berkesan.

Kata kunci: Aves, avian, pesisir pantai, Malaysia, kepelbagaian Shannon

1. Introduction

Perak's wetland ecosystems, including Matang Sea Wetlands, Lake Temenggor, and Sungai Perak floodplain, serve as vital wintering grounds (October-March) for migratory birds along the East Asia-Australasia Flyway (Malinda 2025). These habitats coexist with the state's robust economy, driven by historic tin mining (Kinta Valley), agricultural plantations (oil palm, rubber), fisheries, and eco-tourism. While development along the Perak River corridor has spurred growth, strategic conservation remains crucial to balance economic progress with protection of sensitive ecosystems and their biodiversity. The 40,288 ha Matang Mangrove Forest in Perak, Malaysia (4°15'–5°1'N, 100°2'–100°45'E), spanning Kuala Gula to Bagan Panchor, is a vital coastal ecosystem. Its integration of mangroves, mudflats, and coral reefs supports diverse waterbirds, endangered marine species, and intertidal endemics, establishing it as one of Southeast Asia's most significant ecological and economic coastal systems.

The EBSA stands for Ecologically or Biologically Significant Marine Area. It is a scientific designation, developed under the Convention on Biological Diversity (CBD), to identify marine areas that are particularly important for the healthy functioning of oceans and the services they provide. The designation of the Matang Mangrove Forest as an EBSA may facilitate science-based conservation that balances development. This approach protects the ecosystem from coastal threats while serving as a model for integrated management, simultaneously supporting environmental sustainability, aquaculture, and ecotourism. It directly aligns with Malaysia's National Biodiversity Policy (2022–2030) and fulfills national commitments under the Convention on Biological Diversity (CBD).

Mangrove forests serve as vital habitats for waterfowl and endangered species, yet face growing threats from development, climate change, and pollution, risking severe biodiversity loss. Sustained monitoring and conservation efforts are essential, but the current lack of detailed bird population data hinders effective planning. A comprehensive study of bird diversity in Perak's western coastal mangroves is urgently needed to establish accurate baseline data, enabling targeted conservation programs for this critical ecosystem.

To balance socio-economic development with environmental protection, sustainable development principles must guide coastal project planning in Perak. However, the current lack of comprehensive bird biodiversity data hinders effective conservation efforts. A detailed study of avian diversity in Perak's western coastal area is urgently needed to safeguard natural habitats and dependent bird species. The findings will provide the Malaysian Fisheries Department, who commissioned this research project with critical baseline data to design holistic conservation programs, enhancing sustainable management of these vital coastal ecosystems. This study was conducted to assess the diversity of bird species on the Perak coast to facilitate the authorities in formulating effective conservation and preservation strategies in the future. This study aims to achieve two main objectives: a) identify the composition and diversity of bird species in Kuala Sepetang, Matang, Perak; and b) update the conservation status of bird species found to ensure that the latest data can support more accurate and effective biodiversity management efforts.

2. Materials and Methods

2.1 Study area

This study was conducted around the Kuala Sepetang Matang area, Perak (Figure 1 and 2). This area is located in the Larut, Matang and Selama districts. This area is known as one of the most productive and sustainably managed mangrove forest systems in the world. This forest supports high biodiversity and plays an important role in the ecological cycle of the west coast of peninsular Malaysia. The Perak state government has shown a commitment to preserving this area through conservation initiatives and eco-tourism development, in line with the proposal for recognition under the Ramsar Convention. This study was conducted within a 5 km radius of each sampling location around the Matang area, Perak including Kuala Sepetang which includes coastal areas and fishing settlements, as well as oil palm agricultural areas (Figure 3).

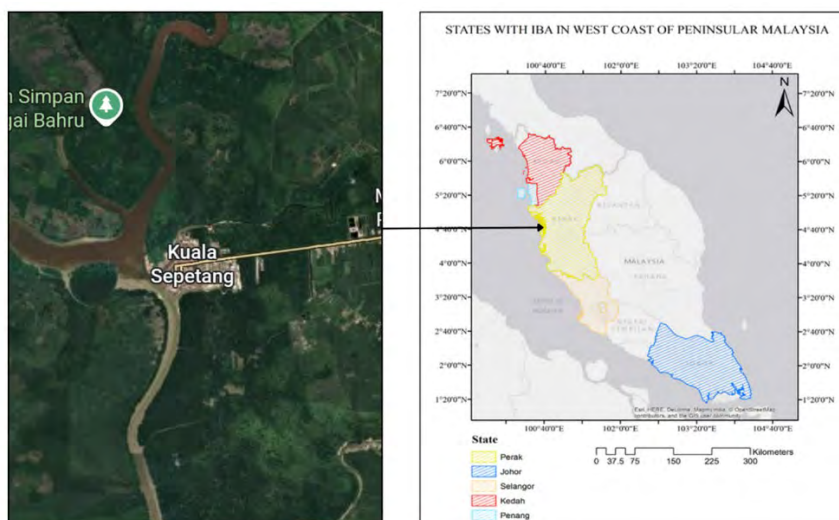


Figure 1. The location of study site: Kuala Sepetang, Matang, Perak, Peninsular Malaysia.

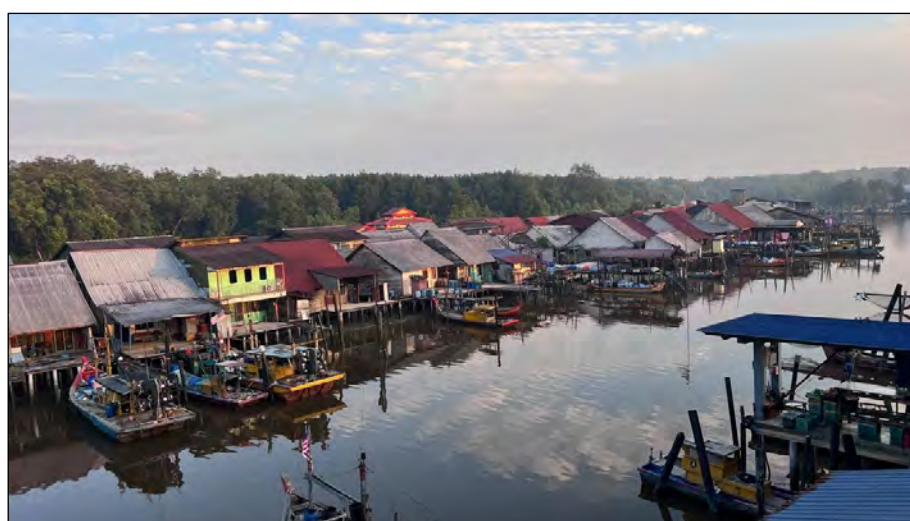


Figure 2. The coastal fishermen's settlements in Kuala Sepetang, Matang, Perak.

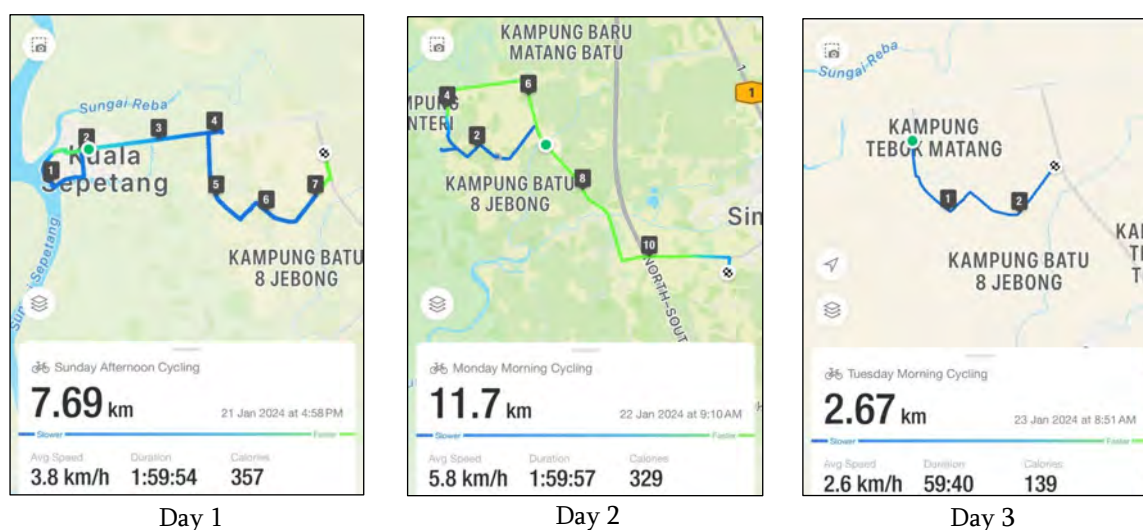


Figure 1. Sampling locations for three days in the study area.

2.2 *Experimental design*

2.2.1 *Sampling*

This study employed stationary-point bird observation techniques, utilizing DSLR cameras and binoculars to document species presence (Dunne & Pete 2003). Researchers recorded all avian sightings within fixed locations over standardized time periods, enabling effective analysis of species density and community composition. Bird observations were conducted between 21-23 January 2024, during peak activity periods (0700–1100 and 1400–1800) using 8×42 binoculars and DSLR cameras. Surveys employed slow-moving vehicle transects (<1 km/h) with frequent stops to document all birds within 25 m of the route at any height. Species identification relied on morphological characteristics (plumage color, wing/tail patterns, beak/leg morphology, and body shape).

Bird species identification was done by referring to several field guidebooks such as Jeyarajasingam et al. (2016) based on the morphological characteristics of birds in terms of color (feathers, wings, tail, beak, legs), body shape and tail. Usually, the sex of birds can be distinguished through their feather color, where males tend to have more attractive feather colors than females. Website databases such as MyBIS (<http://www.mybis.gov.my/>), Avibase (2024) and eBird were also consulted for additional verification. Only species records and number of individuals were used for each record. All diurnal species, migratory birds and resident species will be identified through photos captured using a DSLR camera. The equipment used to photograph the birds was as follows:

- Nikon D500 + AF-S Nikkor 300 mm F/4E PF ED VR + AF-S TC-14E III Teleconverter which effectively gives a 630 mm zoom lens
- Nikon D850 + AF-S Nikkor 200-500 mm F/5.6E ED VR, which effectively gives a 750 mm zoom lens.
- Nikon Z9 + Nikon Nikkor Z 180-600mm f/5.6-6.3 VR Lens | Super Telephoto Zoom Lens

2.3 *Data analysis*

This study systematically analyzed bird diversity through taxonomic classification (family-level), population abundance assessment, and IUCN Red List conservation status evaluation. Three complementary approaches were employed: 1) rank abundance curves to visualize community structure, 2) distance curves to evaluate species richness, 3) quantitative indices including Shannon Index (diversity), Margalef Index (richness), Brillouin Index (evenness), and Dominance values. All analyses were conducted using PAST 4.03 (Hammer et al. 2001), a specialized software for ecological data. This integrated approach enabled comprehensive avifaunal diversity assessment, identification of priority conservation species, and evaluation of habitat disturbance impacts on community structure.

3. **Results**

The results of this study found that 378 individuals from 51 bird species within 26 families were identified and recorded in Kuala Sepetang, Matang, Perak (Table 1). The most dominant family in terms of species richness was Ardeidae with seven species, followed by Alcedinidae and Columbidae with four species each. The three families that recorded three species were Cuculidae, Estrildidae, and Nectariniidae. A total of two species were recorded for five different families, namely Accipitridae, Cisticolidae, Hirundinidae, Megalaimidae, and Picidae.

Table 1. List of bird species recorded in Kuala Sepetang Matang, Perak.

Family	Species Name	Malay Name	21-Jan-24	22-Jan-24	23-Jan-24	Total	Rel. Abundance %	Status IUCN
Accipitridae	<i>Spilornis cheela</i>	Helang Kuik	0	1	0	1	0.26	LC
Accipitridae	<i>Haliastur indus</i>	Helang Merah	12	11	0	23	6.08	LC
Alcedinidae	<i>Halcyon pileata</i>	Pekaka Kepala Hitam	1	0	0	1	0.26	LC
Alcedinidae	<i>Todiramphus chloris</i>	Pekaka Belukar	0	2	0	2	0.53	LC
Alcedinidae	<i>Pelargopsis capensis</i>	Pekaka Emas	0	1	0	1	0.26	LC
Alcedinidae	<i>Halcyon smyrnensis</i>	Pekaka Dada Putih	0	15	5	20	5.29	LC
Ardeidae	<i>Ardeola bacchus</i>	Pucung Cina	0	10	0	10	2.66	LC
Ardeidae	<i>Ardea cinerea</i>	Pucung Kelabu	0	1	0	1	0.26	LC
Ardeidae	<i>Ardea purpurea</i>	Pucung Ulam	0	1	2	3	0.80	LC
Ardeidae	<i>Butorides striata</i>	Pucung Batu	4	1	0	5	1.32	LC
Ardeidae	<i>Egretta eulophotes</i>	Bangau Cina	0	10	3	13	3.44	LC
Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	Bangau Bear	0	5	0	5	1.32	LC
Ardeidae	<i>Egretta garzetta</i>	Bangau Kecil	0	1	0	1	0.26	LC
Bucerotidae	<i>Anthracoceros albirostris</i>	Enggang Kelingking	0	2	0	2	0.53	LC
Cisticolidae	<i>Prinia flaviventris</i>	Perling Perut Kuning	0	0	1	1	0.26	LC
Cisticolidae	<i>Orthotomus ruficeps</i>	Cinenek Kelabu	2	0	2	4	1.06	LC
Columbidae	<i>Columba livia</i>	Merpai Batu	0	10	0	10	2.66	LC
Columbidae	<i>Spilopelia chinensis</i>	Tekukur Biasa	4	7	0	11	2.91	LC
Columbidae	<i>Geopelia striata</i>	Merbuk	0	1	4	5	1.32	LC
Columbidae	<i>Treron vernans</i>	Punai Kerichai	0	4	3	7	1.85	LC
Corvidae	<i>Corvus splendens</i>	Gagak Rumah	0	3	0	3	0.80	LC
Cuculidae	<i>Centropus sinensis</i>	Bubut Besar	0	2	1	3	0.80	LC
Cuculidae	<i>Phaenicophaeus tristis</i>	Malkoha Paruh Hijau	0	2	0	2	0.53	LC
Cuculidae	<i>Eudynamis scolopaceus</i>	Burung Matim	0	0	1	1	0.26	LC
Dicaeidae	<i>Dicaeum cruentatum</i>	Sepah Bunga Merah	0	4	0	4	1.06	LC
Estrildidae	<i>Lonchura fuscans</i>	Pipit Padi Hitam	0	1	0	1	0.26	LC
Estrildidae	<i>Lonchura atricapilla sinensis</i>	Pipit Pinang	0	0	29	29	7.67	LC
Estrildidae	<i>Lonchura punctulata</i>	Pipit Padi	3	0	0	3	0.80	LC
Falconidae	<i>Microhierax fringillarius</i>	Falkonet Kaki Hitam	0	1	2	3	0.80	LC
Hirundinidae	<i>Hirundo javanica</i>	Layang-layang Rumah	0	0	1	1	0.26	LC
Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	Layang-layang Gua	9	0	5	14	3.70	LC
Laniidae	<i>Lanius cristatus</i>	Bentet Coklat	2	3	2	7	1.85	LC
Laridae	<i>Sterna hirundo</i>	Camar Biasa	4	0	0	4	1.06	LC
Megalaimidae	<i>Psilopogon haemacephalus</i>	Takur Tembaga	0	1	3	4	1.06	LC
Megalaimidae	<i>Psilopogon lineata</i>	Takur Garis	0	0	1	1	0.26	LC
Meropidae	<i>Merops philippinus</i>	Raja Udang Ekor Biru	4	4	2	10	2.66	LC
Motacillidae	<i>Anthus rufulus</i>	Pipit Sawah	0	2	0	2	0.53	LC
Muscicapidae	<i>Copsychus saularis</i>	Murai Kampung	7	3	11	21	5.55	LC
Nectariniidae	<i>Cinnyris jugularis</i>	Burung Kelicap Pinang	1	0	0	1	0.26	LC
Nectariniidae	<i>Aethopyga siparaja</i>	Kelicap Merah	0	1	0	1	0.26	LC

Nectariniidae	<i>Anthreptes malacensis</i>	Kelicap Tekak Perang	0	1	0	1	0.26	LC
Oriolidae	<i>Oriolus chinensis</i>	Kunyit Besar	1	3	0	4	1.06	LC
Passeridae	<i>Passer montanus</i>	Ciak Rumah	5	10	0	15	3.97	LC
Phasianidae	<i>Gallus gallus</i>	Ayam Hutan Merah	2	0	3	5	1.32	LC
Picidae	<i>Chrysophlegma miniaceum</i>	Belatuk merah	0	2	0	2	0.53	LC
Picidae	<i>Micropternus brachyurus</i>	Belatuk biji nangka	1	1	0	2	0.53	LC
Pycnonotidae	<i>Pycnonotus goiavier</i>	Merbah Kapur	10	21	7	38	10.05	LC
Rallidae	<i>Amaurornis phoenicurus</i>	Ruak-ruak	1	2	0	3	0.80	LC
Sturnidae	<i>Acridotheres tristis</i>	Tiong Gembala Kerbau	0	9	5	14	3.70	LC
Sturnidae	<i>Acridotheres javanicus</i>	Tiong Jawa	11	29	7	47	12.43	VU
Sturnidae	<i>Aplonis panayensis</i>	Perling Mata Merah	0	6	0	6	1.59	LC
			84	194	100	378		

Note: Conservation Status of the IUCN Red List: LC=Least Concern, VU=Vulnerable

A total of 14 families recorded only one species each (Figure 4). The Sturnidae family recorded the highest number of individuals, which was 67, followed by the Ardeidae and Pycnonotidae families with 38 each. A total of 33 individuals were recorded for the Columbidae and Estrildidae families (Figure 5). The species with the highest number of individuals was *Acridotheres javanicus* (Javanese Starling, family Sturnidae) with 47 individuals (relative abundance 12.4%), followed by *Pycnonotus goiavier* (Yellow-vented bulbul, family Pycnonotidae) with 38 individuals (10.1%), and *Lonchura atricapilla* (Chestnut munia, family Estrildidae) with 29 individuals (7.7%). Bird species with high relative abundance showed significant population dominance in the study area. Data analysis in Table 4.1 revealed the presence of *Acridotheres javanicus* (Javan myna) from the Sturnidae family as the only species categorized as Vulnerable on the IUCN Red List at the study location.

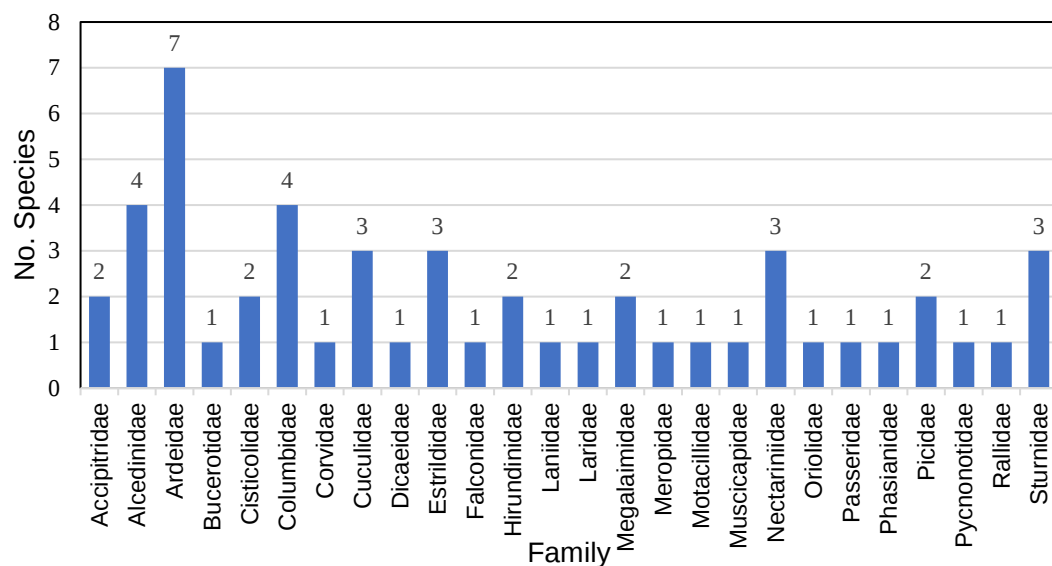


Figure 4. The number of bird species according to family in Kuala Sepetang.

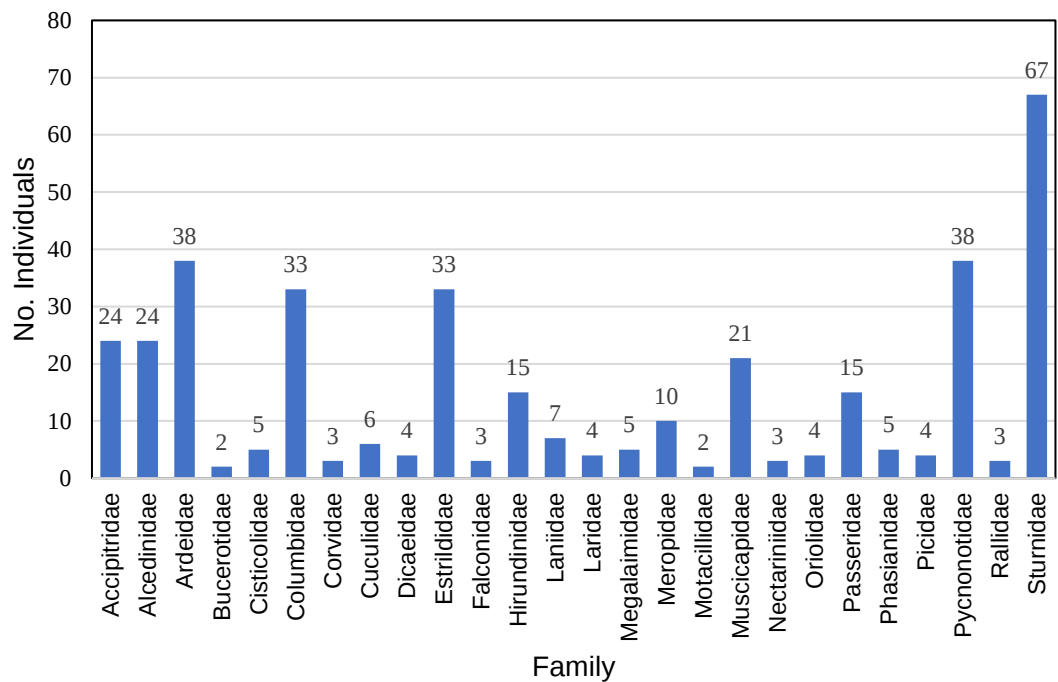


Figure 5. The number of individual birds according to family in Kuala Sepetang.

3.1 Rank Abundance Curve

Ranked abundance curves are used to display the relative abundance of species, patterns of species richness, and levels of species evenness. Figure 6 shows the Broken Stick model ranked abundance curve for bird species abundance in Kuala Sepetang. The chi-square (χ^2) value for this curve is $\chi^2=27.35$; $p=0.899$. A steep plot slope at the early stage of the species indicates a low level of evenness among species, while a gentle plot slope at the later stage indicates a higher level of evenness among species.

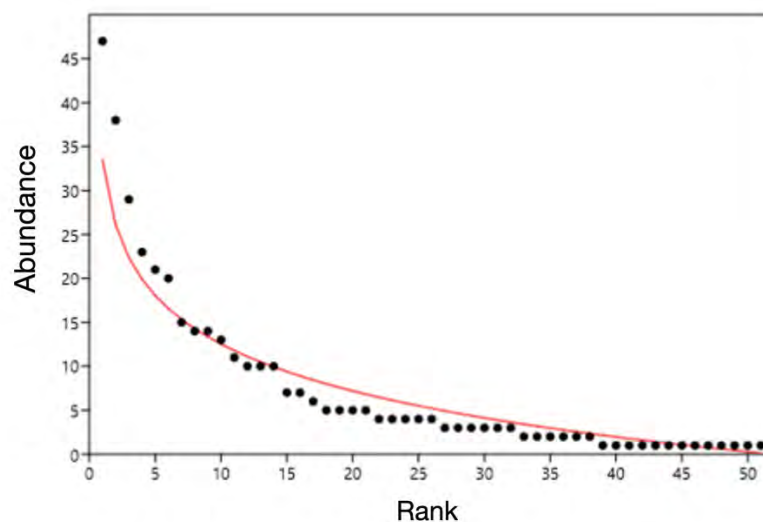


Figure 6. Broken Stick model rank abundance curve for bird species abundance in Kuala Sepetang.

3.2 Rarefaction Curve

Figure 7 displays the rarefaction curve for the total number of birds recorded at the observation site. The rarefaction curve for the species richness index shows a steep initial increase, indicating the rapid discovery of new species at the initial stage of sampling. However, the curve in Figure 4.4 does not reach an absolute asymptote even after recording 378 bird individuals from 51 species, indicating that the sampling effort is still not sufficient to record all bird species present in the study area.

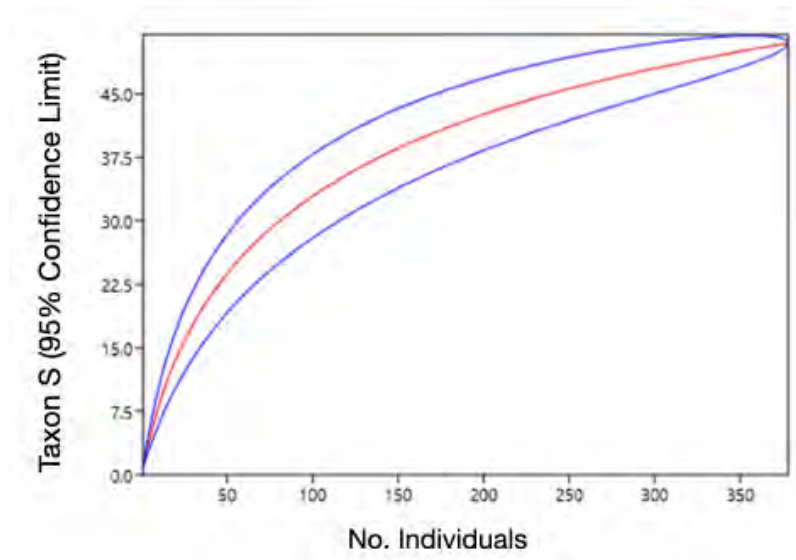


Figure 7. Rarefaction curve for the species richness index (individuals) of birds in Kuala Sepetang.

3.3 Species Diversity Profile

Based on Table 2, the bird community in the study area shows a high level of diversity, as evidenced by various ecological indices. The Shannon Index value ($H' = 3.34 \pm 0.05$) obtained is at the top end of the normal range (1.5–3.5) for most ecological communities according to Magurran (2004), indicating a complex community structure. The low standard error suggests that high Shannon Index value is robust and precise. The high species diversity profile is also evidenced by other diversity indices which also show high values, such as the Simpson Index, $1-D = 0.948$, the Dominance Index, D and the Evenness Index, $e^{H'/S}$ which are low, namely $D = 0.052$ and $e^{H'/S} = 0.551$. The Chao-1 Index value of 62.14 predicts that there are probably 10 to 11 more bird species that should be recorded to give a picture of the true bird species richness in the Kuala Sepetang, Matang, Perak area.

Table 2. Profile of bird species diversity recorded in Kuala Sepetang.

Indices	Value	Variance	Standard Error
Taxa_S	51	-	-
Individuals	378	-	-
Dominance_D	0.05232	-	-
Simpson_1-D	0.9477	0.000016717	0.004
Shannon_H	3.337	0.0028326	0.05
Evenness_e^H/S	0.5515	-	-
Brillouin	3.126	-	-
Menhinick	2.623	-	-
Margalef	8.425	-	-
Eqquitability_J	0.8486	-	-
Fisher_Alpha	15.88	-	-
Berger_Parker	0.1243	-	-
Chao-1	62.14	-	-

4. Discussion

4.1 Species Abundance

Kuala Sepetang Matang, Perak revealed that the family Sturnidae showed the highest population dominance with 67 individuals, followed by Ardeidae and Pycnonotidae with 38 individuals each, suggesting particularly suitable habitat conditions for these families. Notably, the Javan Myna (*Acridotheres javanicus*) emerged as the most dominant species with 47 individuals (12.4% of total observations), a concerning finding given its Vulnerable status on the IUCN Red List.

Other ecologically important species included the Yellow-vented bulbul (*Pycnonotus goiavier*) at 10.1% relative abundance and the Chestnut munia (*Lonchura atricapilla*) at 7.7%. The observed dominance patterns, coupled with the fact that 14 of the 26 recorded families were represented by only a single species, strongly suggest ecological disturbances in the area. These disturbances likely stem from anthropogenic activities that are altering habitat conditions and community structure.

The Javan myna (*Acridotheres javanicus*), introduced via the pet trade (BirdLife International, 2024), has become an invasive species in Southeast Asia. Its high adaptability, driven by an omnivorous diet, complex social behaviors, and efficient breeding (Kang Nee, 1990), has enabled it to thrive in human-modified landscapes. In Kuala Sepetang, its dominant abundance (12.4%) likely reflects this adaptability and reduced competition in a disturbed ecosystem. Despite its IUCN Vulnerable status globally (IUCN, 2024), its local proliferation poses potential risks to native biodiversity, underscoring the need for long-term monitoring to understand its ecological impact and inform management in sensitive coastal habitats. The study revealed a stark ecological contrast between two starling species: the invasive Javan myna and the native Common myna (*A. tristis*). Despite similar morphology, the Javan myna dominated with 47 individuals (12.4% relative abundance) compared to just 14 Common mynas (3.7%)—a 3:1 ratio. This disparity underscores the invasive species' superior competitive advantage in human-modified habitats, where it outcompetes natives for food and nesting sites, as documented by Feare et al. (2010). The unchecked expansion of the Javan myna risks disrupting local ecological balances, highlighting an urgent need for monitoring and management to protect Malaysia's native avifauna.

The Yellow-vented bulbul (*Pycnonotus goiavier*), a widespread and permanent resident in Southeast Asia, thrives in human-modified landscapes due to its flexible, omnivorous diet and strong

preference for open habitats over dense forests (Wells, 2007; Lim, 2009). Its high relative abundance (10.1%) in Kuala Sepetang highlights three key adaptations: the ability to exploit abundant food in open areas, a high tolerance for human disturbance, and successful reproduction in dynamic environments. While not threatened, its prevalence makes it a valuable bioindicator for edge and disturbed ecosystem health. Its ecological success underscores the conservation importance of maintaining green corridors and habitat patches within developing landscapes, advocating for management strategies that support both disturbance-adapted fauna and forest specialists.

The Chestnut munia (*Lonchura atricapilla*) is a small passerine commonly found in Southeast Asia's agricultural zones. It forages socially in flocks within open habitats such as rice fields (Wells, 2007), and its granivorous-insectivorous diet allows it to act as a natural pest controller, reducing rice field pests by up to 23% (Lim, 2009). Its notable abundance (7.7%) in Kuala Sepetang reflects the availability of suitable agricultural habitat, stable agroecosystem quality, and synergy with traditional farming practices. As a bioindicator of agricultural ecosystem health, its presence in the periphery of the Matang Forest Reserve underscores the functional importance of buffer zones between cultivated and natural landscapes.

The study's findings highlight important avian diversity patterns along Peninsular Malaysia's west coast. With 51 recorded species, Kuala Sepetang's richness approaches the 54 species documented in Jeram, Selangor, reflecting similar coastal ecosystems of mangroves, rivers, and agricultural lands (Norhayati, 2023). However, recent research indicates even greater diversity potential in back-mangrove and forest-transition zones, which support higher species richness due to enhanced habitat heterogeneity (Wolswijk et al., 2025), suggesting future surveys in these areas could further increase recorded diversity.

Table 3. Comparison of various studies on birds on the west coast of Peninsular Malaysia

Study sites	Area	References	Total species
Jeram	Selangor	Norhayati A. (2023)	54
Kuala Sepetang	Perak	This study	51
Matang Mangrove Forest Reserve	Perak	Wolswijk et al. (2025)	60

4.2 Rank Abundance Curve

The avian community in the study area displays a highly uneven abundance distribution, as shown by a steep rank-abundance curve. This structure is dominated by the invasive Javan myna (*Acridotheres javanicus*), which accounts for 12.4% of all individuals, while most of the 51 recorded species are rare, with many represented by fewer than five individuals. This pattern, a few dominant species alongside a long tail of rare species, aligns with ecological models of communities under high competitive pressure or disturbance, consistent with the theoretical frameworks of MacArthur (1957) and Caswell (1976). The prevalence of an invasive dominant species suggests the ecosystem may be in transition, likely influenced by anthropogenic factors, highlighting the need for targeted conservation to support native biodiversity.

The avian community's highly skewed abundance distribution, dominated by the invasive Javan myna alongside many rare native species, has direct conservation implications. This pattern, analysed through the Broken Stick model and rank-abundance curve, signifies an ecosystem under competitive pressure and potential transition. Consequently, management must prioritise controlling invasive species while actively protecting rare native populations to prevent local extinction.

Rank-abundance curves serve as a vital diagnostic tool: a gentle slope and right-shifted curve indicate a healthy, stable, and resilient ecosystem with equitable resource distribution. The steep curve observed here signals an imbalance. By monitoring these metrics, conservationists can identify priority habitats, guide interventions, and work towards restoring the balanced, biodiverse state essential for long-term ecosystem function and stability, as supported by theoretical models (MacArthur, 1957; Caswell, 1976).

4.3 Rarefaction Curve

The species richness thinning curve in Figure 6 reveals key insights about the study site's avian community. The initial steep slope demonstrates efficient species detection during early sampling, while the curve's failure to plateau suggests several ecological realities: likely undiscovered rare species persist, habitat heterogeneity maintains high diversity, and current sampling may be insufficient for comprehensive species documentation.

This pattern indicates a complex bird community with uneven species distribution. Three management priorities emerge from these findings: (1) targeted monitoring of rare species to complete community assessments, (2) adoption of stratified sampling to account for habitat variability, and (3) increased survey effort to detect elusive species. Implementing these measures will enhance ecological understanding and strengthen conservation strategies in this biodiverse area.

4.4 Diversity Index Profile

A total of 378 bird individuals from 51 species were successfully recorded in the study area (Table 2). This indicates that Kuala Sepetang is an important habitat for various bird species representing various ecological functions and serving as a critical refuge for coastal and migratory bird communities. The Shannon Index ($H' = 3.34 \pm 0.05$) reflects optimal diversity (richness + evenness) within Magurran's (2004) natural community range (1.5–3.5), indicating: (i) no monopolistic species dominance, and (ii) stable resource partitioning in this avian community. Simpson's indices ($1-D = 0.948$; $D = 0.052$) quantitatively confirm: (1) exceptional species diversity (94.8% interspecific encounter probability), and (2) perfect evenness (no species >5.2% dominance), characterising an undisturbed avian community with equitable resource partitioning. A species evenness of 0.55 reflects balanced avian abundance distributions in the study area, where moderate dominance allows coexistence without competitive exclusion. This stability indicates healthy habitat conditions capable of sustaining diverse bird populations through equitable resource partitioning.

The analysis of multiple diversity indices reveals the study area supports an exceptionally rich and complex avian community. The Margalef (8.425) and Menhinick (2.623) indices demonstrate high species richness, indicating the habitat's structural diversity can sustain various ecological guilds including waterfowl, raptors, and passerines. This is further supported by Fisher's alpha (15.88), which confirms the tropical ecosystem's capacity to maintain diverse niches while being sensitive to rare species presence.

Notably, the discrepancy between Chao-1's estimated 62 species and the observed 51 species suggests 10-11 undetected species are likely to exist, comprising rare or seasonal birds like the Olive-backed sunbird and Crested serpent-eagle. This "hidden diversity" underscores the need for enhanced survey methods: extended temporal coverage, diversified techniques, and expanded spatial sampling to capture elusive species and microhabitat specialists. The consistently high values across all indices (Shannon=3.34; Simpson=0.948; Evenness=0.551) paint a coherent picture of a stable, resilient ecosystem with equitable resource distribution. However, these findings also reveal critical knowledge gaps requiring addressed through:

1. Long-term monitoring to track community dynamics
2. Targeted surveys for rare species
3. Habitat protection to maintain current biodiversity levels
4. Adaptive management against anthropogenic threats

This multi-index approach not only validates the area's conservation significance but establishes a robust baseline for assessing future ecological changes in this avian biodiversity hotspot. The Berger-Parker index value of 0.1243 indicates the bird community exhibits moderate dominance, with the most abundant species, *A. javanicus* (Javan myna), comprising just 12.43% of total individuals. While this invasive species is numerically dominant (47 individuals), its limited dominance does not compromise the overall high diversity reflected in other indices (Shannon= 3.34; Simpson= 0.948). Notably, the IUCN Vulnerable (VU) status of *A. javanicus* adds conservation significance, as the study area supports a stable population of this threatened species. This combination of ecological and conservation attributes: high species diversity, balanced dominance,

and the presence of a globally threatened species, aligns with the Convention on Biological Diversity (CBD) criteria for EBAs consideration. The area's ability to sustain both diverse avian populations and a vulnerable species underscores its value as a priority habitat for biodiversity conservation.

5. Conclusion

This study successfully documented the rich avian diversity of Kuala Sepetang's mangrove ecosystem, recording 378 individuals from 51 species across 26 families during a three-day survey. The area's significance extends beyond its productive mangrove habitat, serving as a critical refuge for coastal and migratory bird communities. Kuala Sepetang's mangroves form a vital biodiversity hotspot, supporting a rich avian community with high species richness (51 species recorded), diversity, and balanced population structure. This ecological value is underscored by strong statistical indicators, including a high Shannon Index (3.34), high Fisher's alpha (15.88), and Chao-1 estimates suggesting the presence of additional rare species. To ensure the long-term protection of this resilient yet sensitive ecosystem, expanded sampling and sustained monitoring are essential.

This study provides a foundational understanding of avian diversity in Kuala Sepetang. Based on its high biodiversity, stable populations, and presence of threatened species, the study confirms that Kuala Sepetang clearly qualifies as an Ecologically or Biologically Significant Area (EBSA). This designation would provide formal protection for this uniquely valuable mangrove habitat, aligning with international conservation frameworks. Ultimately, formal habitat protections, such as designation as an Important Bird Area or Ramsar Site, are recommended to safeguard this ecosystem in line with Malaysia's national and global conservation commitments.

Acknowledgments

The authors would like to acknowledge the Research Grant from the Department of Fisheries granted to Universiti Malaysia Terengganu under Vote 53538.

References

- Avibase. 2024. Checklist Birds of the World. The World Bird Database. Available at: <https://avibase.bsc-eoc.org> [20 Jun 2025].
- BirdLife International. 2024. White-vented Myna (*Acridotheres javanicus*). HBW Alive: Handbook of the Birds of the World.
- Caswell, H. 1976. Community structure: a neutral model analysis. *Ecological Monographs* 46(3): 327–354. MPR
- Dunne P. 2003. Pete Dunne on Bird Watching. Boston: Houghton Mifflin. ISBN: 0-395-90686-5. OCLC: 50228297. New York: Houghton Mifflin Company.
- Hammer, O., Harper, D and Ryan, P. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4: 1–9.
- IUCN. 2024 The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2024-2. Available at: www.iucnredlist.org [20 Jun 2025].
- Jeyarajasingam, A., and Pearson, A. 2012. *A Field Guide to the Birds of Peninsular Malaysia and Singapore*. Oxford University Press.
- Kang Nee. 1990. Comparative Behavioural Ecology of The Mynas, *Acridotheres tristis* (Linnaeus) and *A. javanicus* (Cabanis), in Singapore. PhD. Thesis, National University of Singapore.
- Kementerian Sumber Asli dan Kelestarian Alam (NRES). 2022. Dasar Kepekabagaan Biologi Negara 2022-2030. Putrajaya: Kementerian Sumber Asli dan Kelestarian Alam.
- Lim, K.S. 2009. *The Avifauna of Singapore*. Nature Society.
- MacArthur, R. H., 1957. On the relative abundance of bird species. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, hlm. 293-295.
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Malinda Abdul Manik. 2025. CAP Gesa Lindungi Laluan Burung Hijrah. *Malaysia Gazette*. 13 Mei.
- Norhayati Ahmad. 2023. Bab 4: Birds of Selangor, dalam Laporan Akhir Kajian Kepekabagaan biologi Negeri Selangor (175-188). Jabatan Perhutanan Negeri Selangor.
- Wells, D.R. 2007. *The Birds of the Thai-Malay Peninsula*. Academic Press.

Appendix 1: Species records of birds at Kuala Sepetang



Spilornis cheela



Haliastur indus



Halcyon pileata



Todiramphus chloris



Pelargopsis capensis



Halcyon smyrnensis



Ardeola bacchus



Ardea cinerea



Ardea purpurea



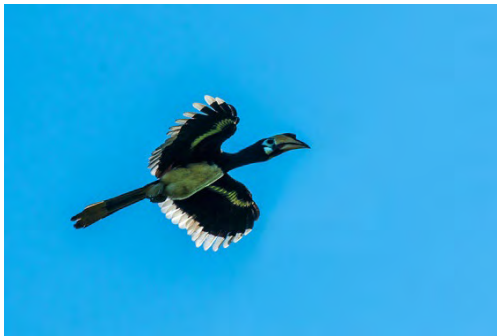
Butorides striata



Ardea alba



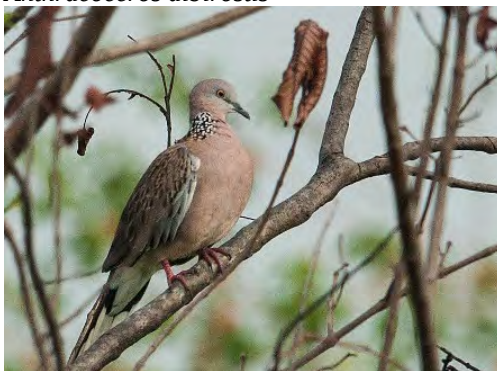
Egretta garzetta



Anthracoceros albirostris



Orthotomus ruficeps



Spilopelia chinensis



Geopelia striata



Treron vernans



Phaenicophaeus tristis



Lonchura atricapilla sinensis



Lonchura punctulata



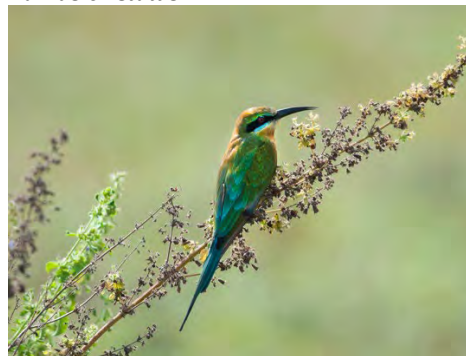
Hirundo javanica



Lanius cristatus



Sterna hirundo



Merops philippinus



Anthus rufulus



Copsychus saularis



Cinnerys jugularis



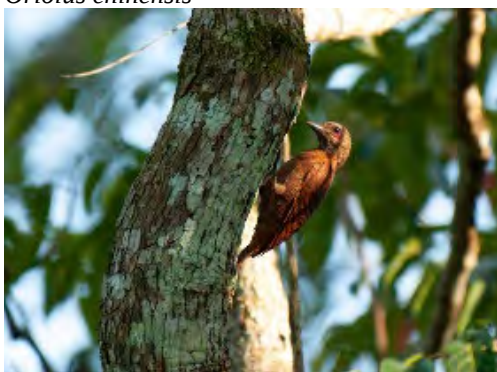
Anthreptes malacensis



Oriolus chinensis



Passer montanus



Micropternus brachyurus



Pycnonotus goiavier

**Kajian SNP dalam Ekson 4 Gen *PRL* pada Lembu Tenusu
di Pahang dan Melaka**
(Study on SNPs in exon 4 of *PRL* Gene in Dairy Cattle in Pahang and Melaka)

Mohd Azhim, D.N. & Zulkifli, N.A.*

*Department of Biological Sciences and Biotechnology, Faculty of Science and Technology, Universiti
Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor, Malaysia*

** E-mel pengarang koresponden: nadia.zulkifli@ukm.edu.my*

Abstrak: Industri tenusu negara masih bergantung kepada susu import disebabkan produktiviti lembu tenusu tempatan yang rendah. Alternatif terkini bagi mengatasi permasalahan ini adalah dengan mengkaji gen yang berasosiasi dengan penghasilan susu dalam lembu tenusu. Oleh itu, objektif kajian ini adalah mengesan kehadiran Polimorfisme Nukleotida Tunggal (SNP) dalam gen *Prolaktin* (*PRL*) pada lembu tenusu di Pahang dan Melaka serta mengira frekuensi alel dan frekuensi genotip bagi SNP pada gen *PRL* dalam populasi lembu yang disaring. Kajian ini melibatkan pengekstrakan DNA dari 20 sampel darah lembu tenusu, diikuti dengan amplifikasi PCR sebelum proses penjujukan DNA. Hasil jujukan telah disaring menggunakan perisian BLAST, Sequencher 5.3 dan MEGA-11. Hasil saringan mendapati terdapat kehadiran SNP c.439G>A pada ekson 4 gen *PRL*. Menurut kajian lepas, SNP heterozigot GA (c.439G>A) mampu meningkatkan kuantiti susu. Dalam kajian ini, genotip heterozigot GA mempunyai frekuensi tertinggi iaitu 0.55 diikuti dengan GG (0.30) dan AA (0.15) secara keseluruhan. Apabila frekuensi genotip dikira berdasarkan negeri, genotip heterozigot GA adalah yang paling tinggi berbanding genotip GG dan AA di Melaka (0.60) dan Pahang (0.5). Hasil kajian ini dapat dijadikan penanda asas untuk membuat pemilihan lembu tenusu berdasarkan SNP dalam gen *PRL* bagi meningkatkan kuantiti susu di Malaysia.

Kata kunci: Frekuensi alel, frekuensi genotip, polimorfisme

Abstract: Malaysia's dairy industry still relies on imported milk due to the low productivity of local dairy cattle. Alternative approach to address this issue is by studying genes associated with milk production in dairy cows. Therefore, this study aims to detect the presence of Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs) in *Prolactin* (*PRL*) gene in dairy cows from Pahang and Melaka, and to calculate allele and genotype frequencies for SNPs within the screened population. The study involved extracting DNA from 20 blood samples from dairy cows, followed by PCR amplification and DNA sequencing. The sequencing results were analyzed using BLAST, Sequencher 5.3, and MEGA-11 software. The findings revealed the presence of one SNP (c.439G>A) on exon 4 of the *PRL* gene. Previous studies indicate that heterozygous SNP GA at this position can increase milk yield. In this study, the heterozygous GA genotype had the highest overall frequency at 0.55, followed by GG at 0.30 and AA at 0.15. Based on the regions, the highest frequency of the GA genotype was observed in Melaka (0.60) and Pahang (0.50). These findings can serve as a basis for selecting dairy cattle based on SNPs in *PRL* gene to enhance milk production in Malaysia.

Keywords: *Allele frequency, genotypic frequency, polymorphism*

1. Pengenalan

Industri tenusu adalah salah satu industri yang penting di dalam subsektor penternakan ruminan yang memainkan peranan secara langsung dalam memenuhi keperluan nutrisi masyarakat. Susu mengandungi protein, kalsium, magnesium, zink, iron, vitamin A, vitamin D dan folat (Weaver & Haney 2010). Oleh kerana kandungan nurién yang tinggi inilah permintaan terhadap susu dan produk susu meningkat sepanjang 30 tahun lepas (Montgomery, Haughey & Elliott 2020). Namun begitu, pengeluaran susu lembu di Malaysia masih berada pada tahap yang rendah dengan purata hasil susu harian sekitar 10–12 L seekor bagi lembu tenusu baka tempatan berbanding lembu tenusu baka luar seperti Holstein Friesian yang mampu menghasilkan lebih 20 L susu sehari (FAO 2023).

Oleh yang demikian, terdapat pelbagai pelan strategik yang telah dirangka oleh Jabatan Perkhidmatan Veterinar (DVS) seperti Pelan Strategik Pembangunan Industri Tenusu Negara 2021-2025 yang bertujuan untuk meningkatkan populasi ternakan melalui pemilihan baka yang mempunyai prestasi penghasilan susu yang tinggi (Kementerian Pertanian dan Keterjaminan Makanan 2024). Pemilihan baka lembu yang menghasilkan susu yang berkualiti tinggi boleh dilakukan dengan menggunakan penanda molekul, contohnya penggunaan gen yang berasosiasi dengan penghasilan susu seperti gen *Prolaktin (PRL)*, *DGAT1*, dan *Beta-kasein*.

Gen PRL sering dikaji dalam kajian genetik lembu kerana gen ini memainkan peranan penting dalam fisiologi laktasi, termasuk pembentukan tisu kelenjar susu, permulaan pengeluaran susu (laktogenesis) dan proses penyusuan yang berterusan, yang secara langsung mempengaruhi peningkatan pengeluaran susu (Freeman et al. 2000). Kajian terdahulu menunjukkan bahawa variasi dalam gen PRL, khususnya polimorfisme nukleotida tunggal (SNP) pada ekson 4, berkait secara signifikan dengan kuantiti dan kualiti susu (Ilie et al. 2023). Gen PRL adalah antara gen utama yang sering diaplikasikan di dalam program pemilihan baka berasaskan penanda molekul (marker-assisted selection), khususnya bagi meningkatkan ciri ekonomi penternakan lembu tenusu. Satu kajian awal pernah dijalankan untuk menyaring SNP dalam gen PRL pernah dijalankan menggunakan 20 sampel lembu tenusu, bagi melihat taburan SNP dan frekuensi alel dan genotip (Mohd Zulkifli dan Zulkifli 2024). Oleh itu, kajian ini dijalankan bagi mengesan SNP dalam gen PRL pada populasi lembu tenusu dari Pahang dan Melaka. Hasil kajian diharapkan dapat memberikan gambaran genotip yang berkaitan dengan pengeluaran susu yang tinggi dan berkualiti, serta menyediakan asas maklumat bagi program pemilihan dan pembiakbakaan lembu tenusu pada masa hadapan.

2. Bahan dan Kaedah

2.1 Pensampelan Kajian dan Pengekstrakan DNA

Kajian ini menggunakan 20 sampel darah lembu tenusu, iaitu 10 sampel daripada lembu baka Australian Friesian Sahiwal (AFS) yang telah diambil dari sebuah ladang swasta di Pahang, dan 10 sampel lagi daripada lembu baka campuran (*mixed*) dari sebuah ladang kecil persendirian di Melaka. Darah diambil dari vena koksigea (koksiks) (*coccygeal vein*) di bahagian ekor oleh juruteknik yang bertauliah. Sebanyak 3-5 ml darah dikumpulkan daripada setiap lembu menggunakan tabung vakum 5 ml (*venipuncture vacutainer*) yang mengandungi EDTA. Sampel darah kemudiannya disimpan dalam tiub mikro 1.5 ml, dilabel dan disimpan dalam peti sejuk beku pada suhu -20°C. DNA diekstrak daripada kesemua 20 sampel menggunakan *Dneasy Blood & Tissue Kit* (QIAGEN, German) mengikut protokol yang dibekalkan.

2.2 Amplifikasi PCR, Penjujukan DNA dan Analisis

Kepekatan DNA yang diekstrak ditentukan menggunakan Spektrofotometer NanoDrop™. DNA daripada semua 20 sampel darah lembu tenusu dijadikan templat DNA untuk amplifikasi melalui Tindak Balas Berantai Polimerase (PCR). Pencetus hadapan PRLex4F (5'-CCAAATCCACTGAATTATGCTT-3') dan pencetus belakang PRLex4R (5'-ACAGAAATCACCTCTCTCATTCA-3') digunakan bagi mengamplifikasi kawasan ekson 4 pada gen *PRL*. Pasangan pencetus ini dirujuk berdasarkan kajian daripada Samuel et al. (2023). Mesin mini16™ thermal cycler (miniPCR®) digunakan dan diselaraskan dengan profil PCR sebanyak 33 kitaran seperti

berikut: pra-pemanasan (95°C selama 180 saat), penyahasian (95°C selama 15 saat), penyepuhan (57°C selama 30 saat), pemanjangan (72°C selama 10 saat) dan pemanjangan lanjut (72°C selama 600 saat).

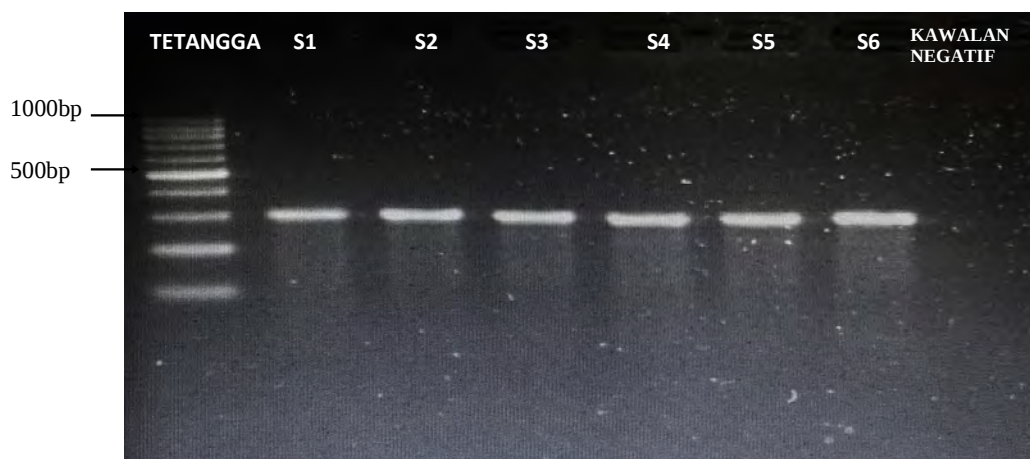
Proses elektroforesis dijalankan ke atas semua produk PCR bagi memastikan hanya produk amplifikasi tunggal (*single band*) yang terang dan jelas digunakan untuk penjujukan. Produk yang memenuhi kriteria ini kemudiannya dihantar ke Apical Scientific Sdn. Bhd. (Seri Kembangan, Malaysia) untuk penjujukan DNA. Jujukan DNA yang diperoleh disahkan dengan perisian *BLAST* (*Basic Local Alignment Tool*) bagi memastikan kesesuaiannya dengan gen *PRL* spesies lembu. Penyaringan dan pengesanan SNP dilakukan menggunakan perisian *MEGA-11* dan *Sequencher 5.3*. Setelah kehadiran SNP disaring bagi kesemua sampel, pengiraan frekuensi alel dan genotip dilakukan.

3. Hasil dan Perbincangan

3.1 Pengekstrakan DNA dan Amplifikasi PCR

Pengekstrakan DNA telah berjaya dilakukan menggunakan DNeasy Blood and Tissue Kit (QIAGEN, Germany). Kepekatan DNA yang diperoleh seterusnya diukur dengan spektrofotometer Nanodrop. Dalam kajian ini, julat kepekatan sampel adalah antara 11.0 ng/μl sehingga 49.5 ng/μl. Kesemua sampel telah diselaraskan kepada 10.0 ng/μl sebelum proses amplifikasi dilakukan. Ketulenan DNA juga telah diuji dengan menggunakan nisbah penyerapan panjang gelombang pada 260 nm/280 nm (A260/280). Nilai yang optimum bagi DNA yang tulen ialah pada julat antara 1.8 sehingga 2.0 (Lucena-Aguilar et al. 2016). Julat kepekatan sampel dalam kajian ini adalah antara 1.36–2.06. Antara faktor yang mungkin menyebabkan nisbah A260/A280 melebihi atau kurang daripada julat yang optimum adalah kehadiran molekul lain seperti protein atau fenol semasa proses pengekstrakan DN dijalankan (Lucena-Aguilar et al. 2016).

Melalui tindak balas PCR, kesemua 20 sampel telah berjaya diamplifikasi bagi ekson 4 gen *PRL*. Hasil amplifikasi menunjukkan jalur yang terang dan jelas dengan saiz 294 pb. Rajah 1 menunjukkan hasil elektroforesis gel agaros 2% bagi enam sampel yang telah berjaya diamplifikasi.



Rajah 1. Elektroforesis gel agaros 2% bagi enam sampel yang telah berjaya diamplifikasi. Telaga 1 adalah tetangga 100 pb. Telaga 2-7 adalah sampel S2-S7. Telaga 8 adalah kawalan negatif.

3.2 Saringan Kehadiran SNP

Kesemua 20 sampel yang telah diamplifikasi telah melalui proses penjujukan DNA. Hasil penjujukan DNA yang diterima telah diperiksa menggunakan perisian atas talian *BLAST* (*Basic Local Alignment Tool*) bagi memastikan hasil jujukan adalah jujukan gen *PRL* dari spesies lembu yang dikaji. Kesemua jujukan menunjukkan persamaan 100% dengan jujukan gen *PRL* dengan jujukan gen *PRL* pada *Bos taurus* dalam GenBank (Rajah 2).

Download ▾ GenBank Graphics ▾

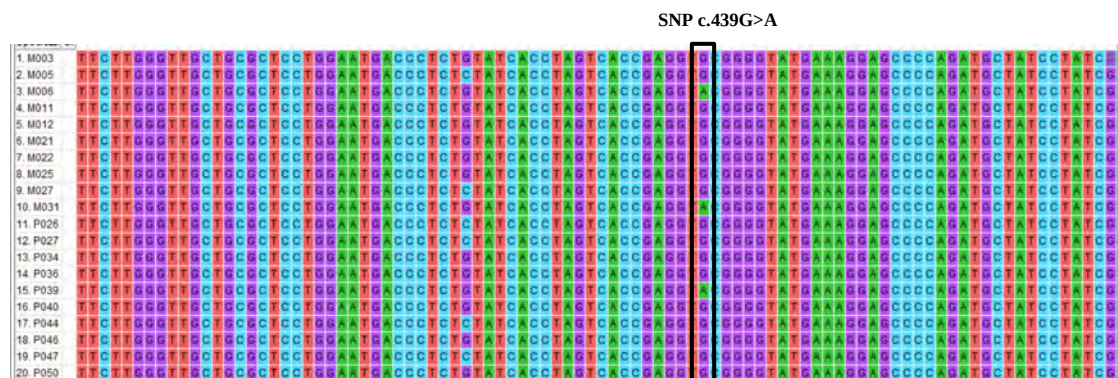
Bos taurus prolactin (Prol) gene, exon 4 and partial cds
Sequence ID: [JF826522.1](#) Length: 234 Number of Matches: 1

Range 1: 1 to 233 [GenBank](#) [Graphics](#) [Next Match](#) [Previous Match](#)

	Score	Expect	Identities	Gaps	Strand
	431 bits(233)	3e-116	233/233(100%)	0/233(0%)	Plus/Plus
Query 65	TCCTTATGAGCTTGATTCTTGGGTTGCTGCGCTCCTGGAATGACCCCTCTCTATCACCTAG	124			
Sbjct 1	TCCTTATGAGCTTGATTCTTGGGTTGCTGCGCTCCTGGAATGACCCCTCTCTATCACCTAG	60			
Query 125	TCACCGAGGTGCGGGGTATGAAAGGAGCCCAGATGCTATCCTATCGAGGGCCATAGAGA	184			
Sbjct 61	TCACCGAGGTGCGGGGTATGAAAGGAGCCCAGATGCTATCCTATCGAGGGCCATAGAGA	120			
Query 185	TTGAGGAAGAAAACAAACGACTTCTGGAAGGCATGGAGATGATATTTGGCCAGGTGAGCA	244			
Sbjct 121	TTGAGGAAGAAAACAAACGACTTCTGGAAGGCATGGAGATGATATTTGGCCAGGTGAGCA	180			
Query 245	GCTTCATGAAAGCTTCCTTGCTATTTTCATGAATGAGAGAGGTGATTTCTGTA	297			
Sbjct 181	GCTTCATGAAAGCTTCCTTGCTATTTTCATGAATGAGAGAGGTGATTTCTGTA	233			

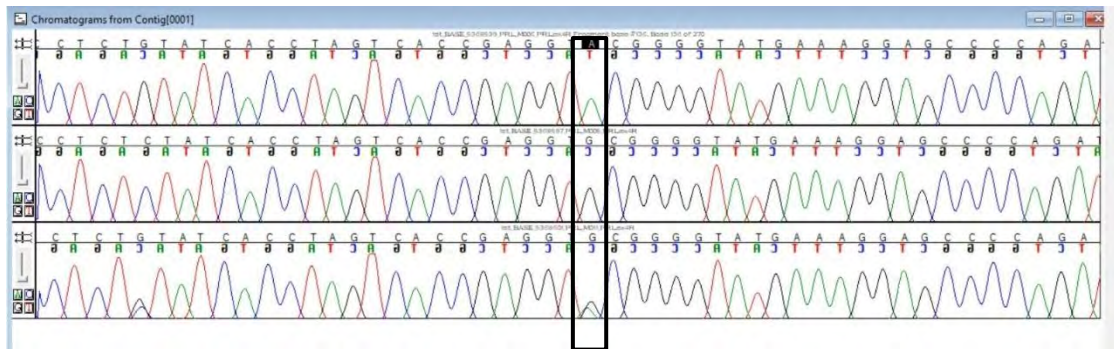
Rajah 2. Keputusan pemeriksaan jujukan DNA dengan menggunakan perisian atas talian BLAST. Persamaan 100 % telah ditunjukkan dengan jujukan gen PRL pada Bos taurus dalam GenBank.

Rajah 3 menunjukkan keputusan saringan kehadiran SNP pada gen *PRL* untuk semua sampel dengan menggunakan perisian Mega-11. Namun begitu, perisian ini hanya mengesan SNP pada kedudukan bes tunggal, oleh itu hanya SNP yang bersifat homozigot yang dapat dikenal pasti.



Rajah 3. Saringan kehadiran SNP c.439G>A secara kasar bagi kesemua sampel menggunakan perisian Mega Evolutionary Genetics Analysis (MEGA-11).

Sebagai pelengkap, perisian Sequencher 5.3 (Genes Code Corporation) juga digunakan untuk menyaring kehadiran SNP (c.439G>A) heterozigot bagi semua sampel melalui paparan kromatogram (Rajah 4). Menurut Baqur & Hashim (2023), kromatogram memaparkan satu siri puncak; setiap puncak mewakili satu nukleotida yang khusus. Urutan nukleotida pada templat DNA boleh dibaca terus daripada siri puncak ini. Kehadiran puncak tunggal atau puncak berganda pada kromatogram ini memberi maklumat tentang komposisi genetik bagi sampel tersebut. Dalam kromatogram, individu homozigot menghasilkan puncak tunggal yang menunjukkan kehadiran dua alel yang sama pada suatu lokus, manakala individu heterozigot menghasilkan puncak berganda yang menunjukkan dua alel berbeza pada lokus tersebut.



Rajah 4. Paparan kromatogram yang menunjukkan kehadiran SNP #141 menggunakan perisian Sequencher 5.3.

3.2 Analisis Frekuensi Alel dan Genotip

Jadual 1 merupakan frekuensi genotip dan alel pada kedudukan 141 pb bagi keseluruhan sampel. Frekuensi genotip heterozigot GA adalah tertinggi (0.55), mewakili 11 daripada 20 bilangan individu yang dikaji. Seterusnya, genotip homozigot GG mencatatkan frekuensi 0.3 yang mewakili enam individu, manakala genotip homozigot AA menunjukkan frekuensi terendah 0.15 yang mewakili tiga individu. Pada kedudukan 141 pb, frekuensi alel G (0.575) adalah lebih tinggi berbanding frekuensi alel A (0.425) bagi sampel secara keseluruhan. Jadual 2 menunjukkan frekuensi genotip dan alel yang dikira mengikut negeri bagi keseluruhan sampel. Pada kedudukan 141 pb, frekuensi genotip GA di negeri Melaka (0.60) adalah lebih tinggi berbanding negeri Pahang (0.50).

Jadual 1. Frekuensi bagi alel dan genotip pada SNP c.439G>A bagi sampel secara keseluruhan.

SNP c.439G>A					
Frekuensi genotip			Frekuensi alel		Nilai Chi-Square
GG	AA	GA	G	A	
0.30	0.15	0.55	0.575	0.425	0.37

Jadual 2. Frekuensi bagi alel dan genotip pada SNP c.439G>A bagi sampel mengikut negeri.

Negeri	SNP c.439G>A				
	Frekuensi genotip			Frekuensi alel	
	GG	AA	GA	G	A
Pahang	0.4	0.1	0.5	0.65	0.35
Melaka	0.2	0.2	0.6	0.5	0.5

Menurut Brym et al. (2005), lembu tenusu dengan genotip heterozigot (GA) menunjukkan pengeluaran susu yang lebih banyak, manakala genotip homozigot (GG) dikaitkan dengan kandungan lemak susu yang lebih tinggi. Berdasarkan taburan frekuensi genotip ini, dapat diandaikan bahawa populasi lembu di Melaka berpotensi menghasilkan kuantiti susu yang banyak, manakala populasi di Pahang mungkin cenderung menghasilkan susu dengan kandungan lemak yang lebih tinggi. Oleh itu, hasil kajian ini dapat membantu penternak dalam proses pemilihan lembu tenusu berdasarkan ciri pengeluaran yang diinginkan, sama ada untuk kuantiti susu yang lebih banyak mahupun kandungan lemak yang lebih tinggi.

Berdasarkan Jadual 1, majoriti sampel menunjukkan genotip heterozigot berbanding homozigot. Dapatan kajian ini sejajar dengan teori keseimbangan Hardy-Weinberg (HWE) yang menjangkakan penguasaan heterozigositi berbanding homozigositi dalam populasi yang sihat dan

rawak mengawan (Chen, Cole, & Grond-Ginsbach 2017; Saadat 2024). Kesejajaran ini disokong oleh nilai khi kuasa dua (χ^2) sebanyak 0.37, yang menunjukkan tiada penyimpangan signifikan daripada keseimbangan Hardy-Weinberg ($p > 0.05$).

Kajian lepas banyak menemui SNP c.439G>A yang melibatkan genotip GA dan GG (Bangar et al. 2020; Fang et al. 2025; Mohd Zulkifli & Zulkifli 2024; Roudbari, Yousefi Javan & Qarari 2023). Kajian oleh Ilie et al. (2023) telah membuktikan bahawa polimorfisme yang berlaku pada kawasan ekson 4 bagi gen *PRL* mempengaruhi penghasilan susu dan komposisi kimia dalam lembu yang dikaji. Hasil kajian tersebut turut menunjukkan SNP GG dan GA paling kerap dijumpai dalam populasi yang dikaji. Dapatan kajian dari Ilie et al. (2023) adalah selari dengan kajian ini, iaitu dalam kajian ini, frekuensi genotip GA (0.55) adalah tertinggi berbanding genotip GG (0.3) dan AA (0.15).

4. Kesimpulan

SNP c.439G>A dalam ekson 4 gen *PRL* telah berjaya disaring dan frekuensi alel dan genotip bagi kesemua lembu yang disaring juga telah dapat dikira. Kajian ini telah mengenal pasti SNP c.439G>A dalam gen *PRL* serta telah berjaya menentukan genotip lembu tenusu di Pahang dan Melaka. Hasil kajian ini menunjukkan frekuensi genotip heterozigot (GA) adalah lebih tinggi iaitu dengan nilai sebanyak 0.55 daripada genotip homozigot (GG, AA) bagi keseluruhan populasi yang dikaji. Penemuan SNP dalam kajian ini dapat memberi gambaran awal kepada penternak untuk memilih lembu tenusu dengan ciri yang diinginkan sama ada yang menghasilkan kuantiti susu yang lebih banyak atau kandungan lemak susu yang lebih tinggi. Hasil kajian ini juga berpotensi untuk digunakan sebagai penanda genetik untuk pemilihan lembu tenusu bagi meningkatkan produktiviti melalui perancangan program pembiakbakaan yang lebih terarah dan berkesan pada masa hadapan. Dengan ini, kuantiti dan kualiti susu yang dihasilkan dalam negara juga dapat ditingkatkan dan secara tidak langsung negara dapat mengurangkan kebergantungan terhadap susu import dari luar negara.

Rujukan

- Bangar, Y. C., Magotra, A., Patil, C. S. & Jindal, N. 2021. Meta-analysis of Genetic Structure and Association of Prolactin Gene with Performance Traits in Dairy Cattle in India. *Biochemical Genetics* 59(3): 668–677.
- Baqur, M. & Hashim, H. O. 2023. Mastering DNA chromatogram analysis in Sanger sequencing for reliable clinical analysis. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology* 21(1).
- Brym, P., Kaminski, S. & Wójcik, E. 2005. Polymorphism within the bovine prolactin receptor gene (PRLR). *Animal Science Papers and Reports* 23(1): 61–66.
- Chen, B., Cole, J. W. & Grond-Ginsbach, C. 2017. Departure from Hardy Weinberg Equilibrium and Genotyping Error. *Frontiers in Genetics* 8: 167.
- Fang, Q., Zhang, H., Gao, Q., Hu, L., Zhang, F., Xu, Q. & Wang, Y. 2025. Association of Genes TRH, PRL and PRLR with Milk Performance, Reproductive Traits and Heat Stress Response in Dairy Cattle. *International Journal of Molecular Sciences* 26(5): 1963–1963.
- FAO. 2023. Dairy Market Review – Emerging trends and outlook in 2023. Rome. [28 November 2024].
- Freeman, M.E., Kanyicska, B., Lerant, A. & Nagy, G. 2000. Prolactin: Structure, Function, and Regulation of Secretion. *Physiological Reviews* 80(4): 1523–1631.
- Ilie, D. E., Mizeranschi, A. E., Mihali, C. V., Neamț, R. I., Csiszter, L. T., Carabaș, M. & Gradinaru, A. C. 2023. Polymorphism of the Prolactin (PRL) Gene and Its Effect on Milk Production Traits in Romanian Cattle Breeds. *Veterinary Sciences* 10(4): 275.
- Kementerian Pertanian dan Keterjaminan Makanan. 2024. Pembangunan Industri Tenusu Dalam RMK-12 Selari Dengan Aspirasi Dasar Agromakanan Negara (DAN 2.0) ke arah Jaminan Sekuriti Makanan. Kementerian Pertanian Dan Keterjaminan Makanan. <https://www.kpkpm.gov.my/bm/informasi/kenyataan-media/tahun-2021/2021/730-pembangunan-industri-tenusu-dalam-rmk-12-selari-dengan-aspirasi-dasar-agromakanan-negara-dan-2-0-ke-arrah-jaminan-sekuriti-makanan> [4 Disember 2024].
- Lucena-Aguilar, G., Sánchez-López, A. M., Barberán-Aceituno, C., Carrillo-Ávila, J. A., López-Guerrero, J. A. & Aguilar-Quesada, R. 2016. DNA Source Selection for Downstream Applications Based on DNA Quality Indicators Analysis. *Biopreservation and Biobanking* 14(4): 264–270.
- Mohd Zulkifli, N. S. & Zulkifli, N. A. 2024. Kajian Polimorfisme Nukleotida Tunggal (SNP) dalam Gen Prolaktin (*PRL*) pada Lembu Tenusu di Pahang dan Melaka: Study of Single Nucleotide

- Polymorphism (SNP) in Prolactin (PRL) Gene in Dairy Cattle in Pahang and Melaka. *Semarak Proceedings of Natural and Environmental Sciences* 1(1): 57-62.
- Montgomery, H., Haughey, S.A. & Elliott, C.T. 2020. Recent food safety and fraud issues within the dairy supply chain (2015–2019). *Global Food Security* 26: 100447.
- Roudbari, Z., Yousefi Javan, I. & Qarari, F. 2023. The relationships between PRL/Rsa I polymorphism in prolactin gene and milk production in cattle: A Meta-analysis. *Large Animal Review* 29(1): 9-14.
- Saadat, M. 2024. Evaluation of Hardy–Weinberg equilibrium in genetic association studies. *International Journal of Immunogenetics* 51(3): 183–186.
- Samuel, B., Dadi, H., Dejene, G., Kang, M., Park, C. & Dinka, H. 2023. Single nucleotide polymorphisms within exon four of the prolactin gene and their effect on milk traits in cattle populations of Ethiopia. *Animal Biotechnology* 34(9): 4634-4644.
- Weaver, C. M. & Haney, E. M. 2010. Nutritional basis of skeletal growth. *Osteoporosis in Men* 2: 119-129.

**Penilaian Tingkah Laku Gajah Asia Liar (*Elephas maximus*)
menggunakan Teknologi Dron di Selatan Semenanjung Malaysia**
(Assessment of Wild Asian Elephants (*Elephas maximus*) Behaviour using Drone
Technology in Southern Peninsular Malaysia)

**Sa'adatunnur Dollah¹, Amirul Haikal Zainal¹, Kamaruddin Zainul Abidin² &
Mohammad Saiful Mansor^{1*}**

¹Department of Biological Sciences and Biotechnology, Faculty of Science and Technology, Universiti
Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor, Malaysia

²School of Biology, Faculty of Applied Sciences, Universiti Teknologi MARA Pahang, Kampus Jengka,
Bandar Jengka, Pahang 26400, Malaysia

* E-mel pengarang koresponden: msaifulmansor@ukm.edu.my

Abstrak: Gajah Asia (*Elephas maximus*) adalah mamalia daratan terbesar dan tergolong sebagai spesies terancam dalam Senarai Merah IUCN. Gajah sering dikaitkan dengan konflik bersama manusia, namun kajian tingkah laku gajah di habitat semulajadi atau di kawasan konflik masih kurang dijalankan berbanding kajian dalam kurungan, yang kerap melaporkan tingkah laku stereotaip. Objektif utama kajian ini adalah untuk menilai corak tingkah laku gajah di habitat semula jadi. Pemerhatian dijalankan di daerah Kluang dan Kota Tinggi, Johor, di selatan Semenanjung Malaysia menggunakan dron yang diterbangkan pada ketinggian sesuai dan ditetapkan. Rakaman yang diperoleh dianalisis menggunakan perisian Fiji bagi mengenal pasti individu dan corak tingkah laku. Sebanyak 11 jenis tingkah laku direkodkan melalui kaedah pensampelan fokus, dan tiada tingkah laku stereotaip direkodkan dalam kalangan gajah liar. Antara tingkah laku yang paling dominan adalah mengibas telinga dan makan. Walaupun terdapat perbezaan peratusan kekerapan tingkah laku antara lokasi pemerhatian, analisis statistik menunjukkan tiada perbezaan yang signifikan. Kajian ini diharap dapat meningkatkan keberkesanan pemantauan gajah Asia di habitat semula jadi, merancang strategi pemuliharaan yang lebih berkesan, serta mengurangkan konflik antara manusia dan gajah. Selain itu, kajian ini juga berpotensi menyumbang kepada pembangunan teknologi pemantauan hidupan liar melalui penggunaan dron bagi tujuan penyelidikan dan pemuliharaan spesies terancam.

Kata kunci: Konflik manusia-gajah; habitat semulajadi; teknologi pemantauan hidupan liar; pemuliharaan

Abstract: The Asian elephant (*Elephas maximus*) is the largest terrestrial mammal and is classified as an endangered species on the IUCN Red List. Elephants are often associated with human–elephant conflict; however, studies on elephant behaviour in natural habitats or conflict areas remain limited compared to those conducted in captivity, which frequently report stereotypic behaviours. The main objective of this study was to assess behavioural patterns of elephants in their natural habitat. Observations were carried out in the districts of Kluang and Kota Tinggi, Johor, southern Peninsular Malaysia, using drones flown at suitable and predetermined altitudes. The recorded footage was analysed using Fiji software to identify individuals and behavioural patterns. A total of 11 behavioural categories were recorded through focal sampling, and no stereotypic behaviours were observed among wild elephants. The most dominant behaviours were ear flapping and feeding. Although differences in behavioural frequency percentages were observed between study sites, statistical analysis indicated no significant differences. This study is expected to enhance the effectiveness of monitoring Asian elephants in their natural habitats, assist in designing more effective conservation strategies, and help mitigate human–elephant conflicts. In addition, this study has the potential to contribute to the development of wildlife monitoring technology through the use of drones for research and the conservation of endangered species.

Keywords: Human-elephant conflict; natural habitat; wildlife monitoring technology; conservation

1. Pendahuluan

Gajah Asia (*Elephas maximus*) boleh ditemui di beberapa negara di Asia Selatan dan Asia Tenggara, termasuk India, Sri Lanka, Thailand, Myanmar, Laos, Kemboja, Vietnam, Indonesia dan Malaysia (Mahmood et al. 2021). Di Semenanjung Malaysia, populasi gajah liar tertumpu di kawasan hutan simpan, taman negara, dan koridor ekologi yang masih terpelihara, terutamanya di negeri Pahang, Terengganu, Kelantan, Perak, Johor dan Kedah (PERHILITAN 2023). Kawasan seperti Taman Negara, Hutan Simpan Royal Belum dan Rangkaian Ekologi Central Forest Spine (CFS) berfungsi sebagai habitat utama spesies ini kerana nilai ekosistemnya yang tinggi (Jamaluddin et al. 2024).

Di Johor, populasi gajah liar masih wujud di kawasan hutan sekitar Kluang dan Kota Tinggi, dengan laluan pergerakan yang meliputi hutan, ladang pertanian dan kawasan penempatan manusia (komunikasi peribadi 2024). Peningkatan konflik manusia–gajah di negeri ini berpunca bukan sahaja daripada pembangunan pesat, tetapi juga akibat pergerakan gajah keluar mencari sumber makanan apabila bekalan di dalam hutan berkurangan. Keadaan ini mendorong gajah mencero bohi kawasan ladang dan penempatan manusia, menjadikan Johor antara negeri utama yang berdepan konflik manusia–gajah di Malaysia.

Menurut Saaban et al. (2011), populasi gajah liar di Semenanjung Malaysia dianggarkan berjumlah antara 1223-1677 ekor, yang tertumpu di beberapa kawasan hutan utama yang dikenali sebagai *Managed Elephant Ranges* (MER) di negeri-negeri seperti Perak, Pahang, Kelantan, Terengganu, Kedah dan Johor. Walaupun jumlah ini menunjukkan populasi masih wujud, taburannya semakin terfragmentasi akibat pembangunan pesat dan kehilangan habitat. Kajian lapangan terhadap gajah liar di habitat semula jadi turut berdepan pelbagai cabaran, termasuk kekangan logistik, risiko keselamatan dan kesukaran dalam menentukan jumlah sebenar individu populasi dengan tepat.

Sehingga kini, kebanyakan penyelidikan mengenai tingkah laku gajah Asia tertumpu pada populasi dalam kurungan (zoo dan pusat pemuliharaan), manakala kajian lapangan terhadap gajah liar di Malaysia masih terhad, khususnya yang membandingkan kelaziman tingkah laku stereotaip dan tingkah laku normal. Dalam persekitaran kurungan, tingkah laku stereotaip seperti menggeleng atau mengangguk kepala serta menggoyang badan dan/atau belalai kerap dilaporkan (Greco et al. 2017). Namun, pengesanan tingkah laku sebegini dalam kalangan gajah liar di habitat semula jadi masih belum dilaporkan. Oleh itu, kajian ini adalah usaha pertama di Malaysia yang dijalankan bagi mengenal pasti corak tingkah laku gajah Asia liar di habitat semula jadi, berbanding dalam persekitaran kurungan. Hasil dapatan diharap dapat membantu mengurangkan konflik manusia–gajah, memperkukuh strategi pemuliharaan, serta memastikan kelangsungan populasi gajah di negara ini.

2. Bahan dan Kaedah

2.1 Lokasi kajian

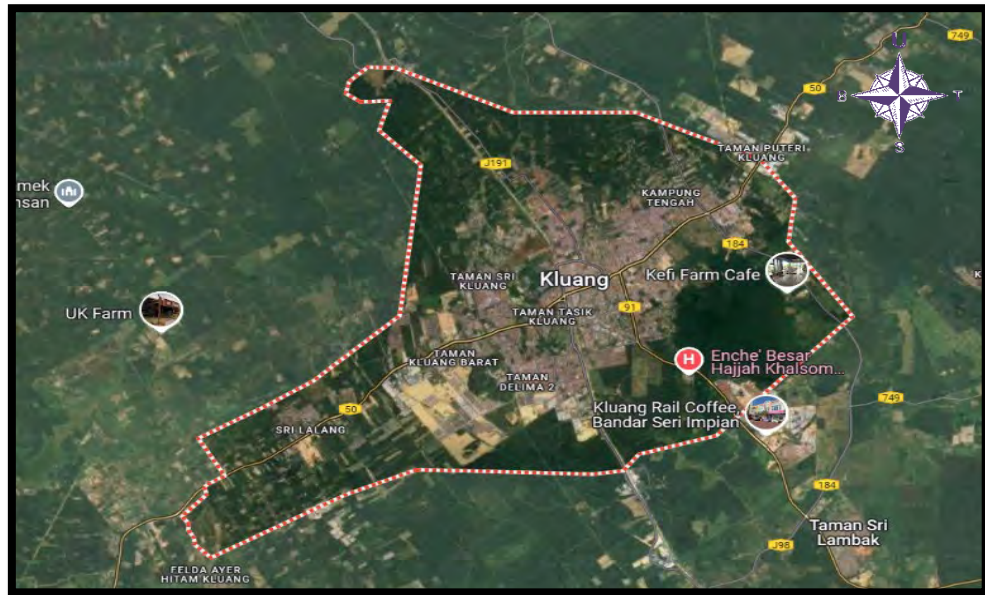
Kajian ini dijalankan di daerah Kluang dan Kota Tinggi, Johor, yang terletak di selatan Semenanjung Malaysia. Kawasan kajian meliputi pelbagai jenis habitat termasuk hutan, ladang pertanian, serta kawasan penempatan manusia (Rajah 1 dan 2).

2.2 Kaedah Kajian

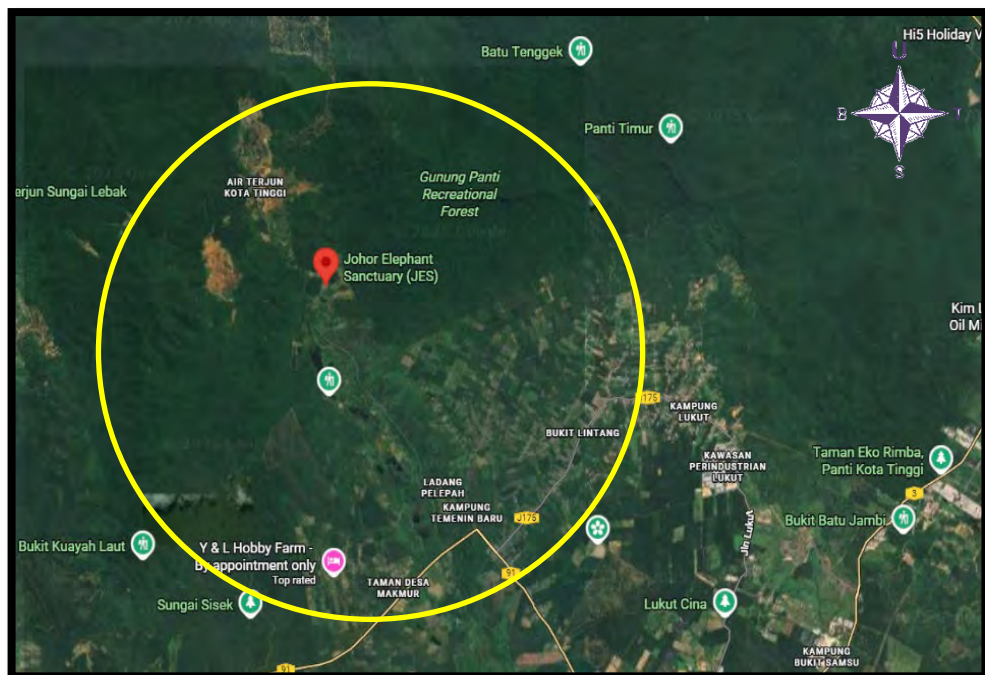
Kajian pemerhatian ini menggunakan dua pendekatan utama, iaitu pemerhatian *ad libitum* dan pensampelan fokal bagi memantau tingkah laku gajah liar di habitat semula jadi. Pemerhatian *ad libitum* dijalankan sebagai langkah awal untuk mendapatkan gambaran umum serta mengenal pasti jenis-jenis tingkah laku yang ditunjukkan oleh gajah. Kaedah ini membantu dalam pemilihan jenis pensampelan yang sesuai dan penyediaan senarai tingkah laku bagi pembangunan etogram (Brereton, Tuke & Fernandez, 2022). Melalui pemerhatian ini, setiap parameter tingkah laku dapat dikenal pasti dan didokumenkan dengan lebih sistematik.

Satu set etogram yang dibangunkan berdasarkan hasil pemerhatian *ad libitum* digunakan sebagai panduan untuk mengenal pasti dan mengklasifikasikan setiap kategori tingkah laku yang diperhatikan semasa pensampelan fokal dijalankan (Jadual 1). Seterusnya, pensampelan fokal digunakan untuk merekodkan tingkah laku individu atau kumpulan gajah yang dikenal pasti melalui rakaman video di

lapangan. Jumlah tempoh pemerhatian keseluruhan ialah 4.5 jam, yang dijalankan menggunakan kaedah pensampelan fokal. Tempoh setiap rakaman video adalah di antara 2 hingga 3 minit, manakala tempoh pemerhatian bagi satu individu gajah ditetapkan selama 2 minit dengan tiga replikasi video bagi setiap lokasi. Data tingkah laku direkodkan pada sela masa 5 saat bagi setiap individu secara berterusan.



Rajah 1. Peta menunjukkan kawasan seluruh kawasan Kluang, Johor.



Rajah 2. Peta menunjukkan kawasan di Kota Tinggi-Panti, Johor.

Jadual 1. Etogram tingkah laku gajah. Diubahsuai daripada Rees (2009) dan Ahamed-Riyas (2015).

Tingkah laku	Kod Singkatan	Keterangan
Interaksi	IB	Ibu melindungi anak, tempatkan anak di tengah kawanan
Berdiri rapat	DR	Mendekatkan atau merapatkan badan pada objek atau individu
Berdiri statik	DS	Berdiri secara statik tanpa berbuat apa-apa
Berjalan	BL	Bergerak ke lokasi lain
Menghayun	HE	Menghayun ekor ke kiri dan ke kanan
Memerhati	MH	Berdiri dan memerhati ke arah entiti lain
Mengibas	MT	Pergerakan telinga ke depan dan ke belakang
Makan	MK	Mengunyah rumput, daun atau buah, membawa rumput dari satu lokasi ke lokasi yang lain
Meneroka	MO	Menyiasat objek di persekitarannya menggunakan belalai
Baring	BR	Baring atau berehat dalam jangka masa lama
Bermain	BM	Tingkah laku tanpa tujuan yang jelas sama ada dengan gajah lain, objek mahupun secara sendiri

2.3 Analisis data

Corak tingkah laku gajah dianalisis berdasarkan kekerapan pemerhatian bagi setiap kategori tingkah laku yang dicerap sepanjang tempoh kajian. Graf yang memaparkan jenis tingkah laku berbanding kekerapan dibina menggunakan perisian *Microsoft Excel* bagi menggambarkan taburan dan dominasi tingkah laku yang diperhatikan.

Ujian statistik PERMANOVA (*Permutational Multivariate Analysis of Variance*) digunakan untuk menilai sama ada terdapat perbezaan yang signifikan antara tingkah laku yang diperhatikan di lokasi kajian yang berbeza. Analisis ini dijalankan menggunakan perisian PAST (*Paleontological Statistics Software Package*) yang membolehkan penilaian perbezaan antara kumpulan dilakukan dengan lebih tepat dan menyeluruh berdasarkan jarak *Bray-Curtis* sebagai ukuran keperluan perbandingan.

3. Hasil dan Perbincangan

Pemerhatian keseluruhan telah merekodkan 11 jenis tingkah laku yang ditunjukkan oleh gajah liar. Jadual 2 merumuskan tempoh serta struktur pemerhatian yang dijalankan, manakala Jadual 3 memperincikan kekerapan dan peratusan setiap kategori tingkah laku gajah liar yang direkodkan di Kluang dan Kota Tinggi.

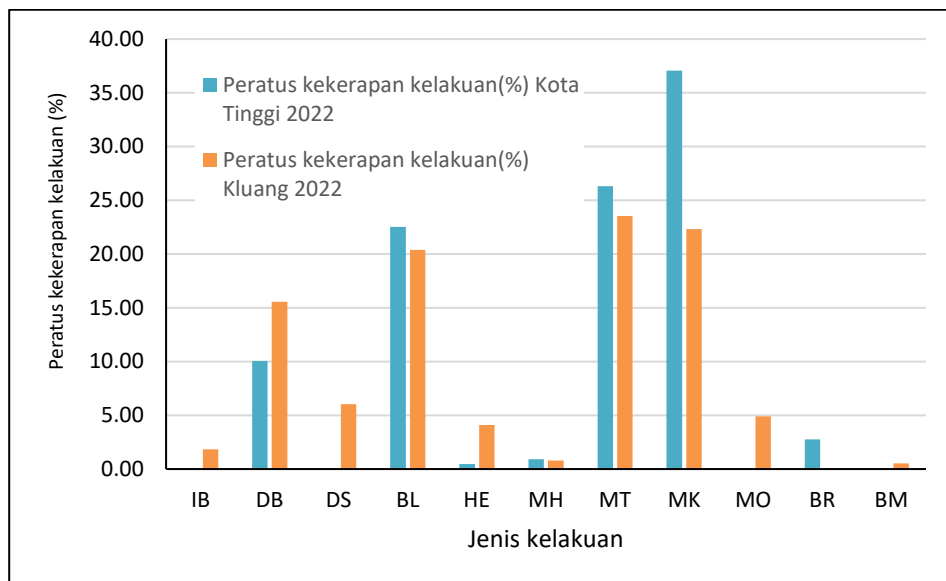
Hasil analisis PERMANOVA mendapati tiada perbezaan yang signifikan antara corak tingkah laku gajah liar di Kluang dan Kota Tinggi ($F = 0.5768$; $p > 0.05$). Keputusan ini berkemungkinan dipengaruhi oleh persamaan ciri habitat di kedua-dua kawasan, yang sebahagian besarnya didominasi oleh ladang pertanian dan kawasan bervegetasi sekunder. Rajah 3 menunjukkan bilangan, kekerapan, dan peratusan bagi setiap kategori tingkah laku yang diperhatikan di kedua-dua kawasan kajian, iaitu Kluang dan Kota Tinggi.

Jadual 2. Tempoh pemerhatian tingkah laku gajah.

Lokasi	Replikasi	Bil. Subjek (ekor)	Tempoh masa (min)	Jumlah Tempoh Masa (min)	Jumlah keseluruhan (min)
Kluang	Video 1	40	2	80	272
	Video2	46		92	
Kota Tinggi	Video 1	32		64	
	Video 2	11		22	
	Video 3	7		14	

Jadual 3. Kekerapan dan peratusan tingkah laku gajah liar di Kluang dan Kota Tinggi.

Jenis Tingkah laku	Kluang		Kota Tinggi	
	Kekerapan	Peratusan	Kekerapan	Peratusan
Interaksi keibubapaan	21	1.84%	0	0.00%
Berdiri rapat	178	15.57%	44	10.07%
Berdiri statik	69	6.04%	0	0.00%
Berjalan	233	20.38%	98	22.43%
Menghayun ekor	47	4.11%	2	0.46%
Memerhati	9	0.79%	4	0.92%
Mengibas telinga	269	23.53%	115	26.32%
Makan	255	22.31%	162	37.07%
Meneroka	56	4.90%	0	0.00%
Baring	0	0.00%	12	2.75%
Bermain	6	0.52%	0	0.00%
Jumlah	1143	100%	437	100%

**Rajah 3. Graf perbandingan peratusan kekerapan tingkah laku gajah di Kluang dan Kota Tinggi.**

Walaupun tiada perbezaan yang signifikan secara statistik, corak tingkah laku gajah Asia liar di Kluang dan Kota Tinggi tetap menunjukkan variasi tertentu yang mencerminkan pengaruh habitat dan faktor persekitaran masing-masing. Tingkah laku asas seperti makan, berjalan dan mengibas telinga diperhatikan di kedua-dua lokasi, namun kekerapan relatifnya berbeza. Sebagai contoh, aktiviti makan adalah tingkah laku paling dominan, namun peratusannya lebih tinggi di Kota Tinggi (37.1%) berbanding di Kluang (22.3%). Perbezaan ini mencerminkan variasi strategi pemakanan yang mungkin dipengaruhi oleh faktor setempat seperti taburan sumber makanan dan tekanan antropogenik (Fernando et al. 2008; Goswami et al. 2014). Di Kota Tinggi, tekanan antropogenik adalah pembangunan ladang dan fragmentasi habitat. Dalam persekitaran yang lebih terganggu, gajah mungkin meningkatkan kekerapan makan sebagai strategi adaptif terhadap ketidakpastian sumber makanan dan perubahan habitat (Srinivasaiah et al. 2012).

Tingkah laku mengibas telinga, berjalan dan makan adalah antara tingkah laku utama lain yang diperhatikan di kedua-dua lokasi. Tingkah laku mengibas telinga direkodkan lebih tinggi di Kota Tinggi (26.3%) berbanding Kluang (23.5%). Perbezaan ini mungkin dipengaruhi oleh suhu persekitaran dan pendedahan cahaya matahari yang lebih tinggi di kawasan terbuka, mendorong gajah mengibas telinga lebih kerap bagi menyejukkan badan (Rees, 2002). Begitu juga tingkah laku berjalan yang lebih tinggi di Kota Tinggi (22.5%) berbanding Kluang (20.4%), mungkin menunjukkan pergerakan yang lebih aktif untuk mencari sumber makanan yang lebih tersebar, seperti mana yang diperolehi oleh kajian Fernando et al. (2008) dan Loarie et al. (2009).

Beberapa tingkah laku lain menunjukkan perbezaan berdasarkan kestabilan habitat. Tingkah laku berdiri statik hanya direkodkan di Kluang (6.0%), manakala tingkah laku baring hanya direkodkan di Kota Tinggi (2.8%), mencerminkan tahap ketenangan dan keselamatan yang berbeza di antara habitat (Gravett et al. 2017). Tingkah laku meneroka dan menghayun ekor juga lebih banyak direkodkan di Kluang (4.9% dan 4.1%) berbanding di Kota Tinggi (0% dan 0.5%), mencadangkan bahawa habitat yang lebih stabil dan kurang terganggu menggalakkan aktiviti eksploratif dan kognitif (McComb et al., 2006; Plotnik et al., 2011). Tingkah laku sosial seperti interaksi keibubapaan (1.8%) dan bermain (0.5%) juga hanya direkodkan di Kluang, berkemungkinan disebabkan oleh kehadiran anak gajah dalam kumpulan tersebut (Lee 1987; Vidya & Sukumar 2005; Webber & Lee 2020).

Secara keseluruhannya, hasil ini menunjukkan bahawa gajah di kawasan terganggu seperti Kota Tinggi menyesuaikan corak tingkah laku mereka terhadap tekanan habitat dan kekangan sumber, manakala populasi di Kluang mempamerkan tingkah laku sosial dan eksploratif yang lebih pelbagai hasil daripada habitat yang lebih stabil. Pengetahuan tentang perbezaan tingkah laku ini amat penting bagi pengurusan konflik manusia–gajah dan strategi pemuliharaan jangka panjang, khususnya dalam mengenal pasti keperluan ruang, sumber makanan, serta tahap gangguan yang boleh diterima oleh populasi liar. Pemantauan berasaskan tingkah laku juga boleh dijadikan petunjuk awal kesejahteraan populasi dan membantu merancang tindakan mitigasi yang lebih tepat, termasuk pengurusan habitat, penyediaan koridor ekologi, dan penggunaan teknologi dron untuk pemantauan tanpa gangguan.

4. Kesimpulan

Kajian ini mendapati bahawa tingkah laku gajah liar di Kluang dan Kota Tinggi menunjukkan lebih banyak persamaan daripada perbezaan, dengan kedua-dua populasi memperlihatkan corak aktiviti harian yang hampir sama seperti makan, berjalan, dan mengibas telinga. Walaupun terdapat sedikit variasi disebabkan faktor habitat dan tahap gangguan persekitaran, kedua-dua kumpulan gajah mengekalkan rutin tingkah laku yang serupa. Kajian ini turut menonjolkan potensi penggunaan dron sebagai kaedah pemerhatian yang selamat dan tidak mengganggu dalam menilai tingkah laku kehidupan liar. Secara keseluruhannya, hasil kajian ini memberikan asas awal untuk memahami corak tingkah laku gajah liar di Malaysia dan menyumbang kepada perancangan strategi pemantauan serta pengurusan konflik manusia–gajah yang lebih berkesan.

Penghargaan

Setinggi-tinggi penghargaan ditujukan kepada Jabatan PERHILITAN Semenanjung Malaysia atas dana penyelidikan ST-2024-011. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Jabatan PERHILITAN Negeri Johor atas bantuan, kerjasama, dan sokongan semasa pelaksanaan kerja lapangan.

Rujukan

- Ahamed Riyas, A. M. 2015. Activity time budget of the Asian Elephant (*Elephas maximus* Linn.) in the Wild. Department of Zoology, Eastern University Sri Lanka. *Trends in Biosciences* 8(12): 3024–3028.
- Brereton J.E., Tuke J. & Fernandez E.J. 2022. A simulated comparison of behavioural observation sampling methods. *Scientific Reports* 12: 3096-3105.
- Fernando, P., Wikramanayake, E., Janaka, H. K., Jayasinghe, L. K. A., Gunawardena, M., Kotagama, S. W., Weerakoon, D., & Pastorini, J. 2008. Ranging behavior of the Asian elephant in Sri Lanka. *Mammalian Biology* 73(1), 2–13.
- Goswami, V. R., Vasudev, D., & Oli, M. K. 2014. The importance of conflict-induced mortality for conservation planning in areas of human–elephant co-occurrence. *Biological Conservation* 170, 168–175.
- Gravett, N., Bhagwandin, A., Sutcliffe, R., Landen, K., Chase, M. J., Lyamin, O. I. & Manger, P. R. 2017. Inactivity/sleep in two wild free-roaming African elephant matriarchs – Does large body size make elephants the shortest mammalian sleepers? *PLOS ONE* 12(3), e0171903.
- Greco, B.J., Meehan, C.L., Heinsius, J.L. & Mench, J.A. 2017. Why pace? The influence of social, housing, management, life history and demographic characteristics on locomotor stereotypy in zoo elephants. *Applied Animal Behavior Sciences* 194: 104-111.
- Jamaluddin, M. I. M., Abidin, K. Z., Nor, S. M., Shukor, A., Zainuddin, A. I., Illias, R. & Mansor, M. S. 2024. Asian elephants involved in conflicts exhibit similar habitat use but travel farther than non-conflict individuals. *Global Ecology and Conservation* e03228.
- Lee, P. C. 1987. Allomothering among African elephants. *Animal Behaviour*, 35(1), 278–291.
- Loarie, S. R., van Aarde, R. J. & Pimm, S. L. 2009. Fences and artificial water affect African savannah elephant movement patterns. *Biological Conservation* 142(12), 3086–3098.
- Mahmood, T., Vu, T. T., Campos-Arceiz, A., Akrim, F., Andleeb, S., Farooq, M., ... & Mahmood, S. 2021. Historical and current distribution ranges and loss of mega-herbivores and carnivores of Asia. *PeerJ* 9: e10738.
- McComb, K., Moss, C., Durant, S. M., Baker, L. & Sayialel, S. 2001. Matriarchs as repositories of social knowledge in African elephants. *Science* 292(5516), 491–494.
- PERHILITAN. 2023. National Elephant Conservation Action Plan (2023-2030) (NECAP 2.0). Kuala Lumpur, Malaysia.
- Plotnik, J. M., Brubaker, D. L., Dale, R., Tiller, L. N., Mumby, H. S. & Clayton, N. S. 2019. Elephants have a nose for quantity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116(25), 12566–12571.
- Rees, P.A. 2002. Asian Elephants (*Elephas maximus*) dust bathe in response to an increase in environmental temperature. *Journal of Thermal Biology* 27(5): 353 358.
- Saaban, S., Othman, N. B., Yasak, M. N. B., Burhanuddin, M. N., Zafir, A., & Campos-Arceiz, A. 2011. Current status of Asian elephants in Peninsular Malaysia. *Gajah* 35(1): 67-75.
- Srinivasaiah, N. M., Anand, V. D., Vaidyanathan, S., Sinha, A. 2012. Correction: Usual Populations, Unusual Individuals: Insights into the Behavior and Management of Asian Elephants in Fragmented Landscapes. *PLOS ONE* 7(10)
- Vidya, T. N. C. & Sukumar, R. 2005. Social organization of the Asian elephant (*Elephas maximus*) in southern India inferred from microsatellite DNA. *Journal of Ethology* 23(2), 205–210.
- Webber, C. E., & Lee, P. C. 2020. Play in elephants: wellbeing, welfare or distraction? *Animals* 10(2), 305.

Ekologi dan kelakuan sosial *Presbytis siamensis siamensis* di kampus induk Universiti Kebangsaan Malaysia

Siti Nur Aliah Mohd-Isa¹, Abd Rahman Mohd-Ridwan^{1,2} & Badrul Munir Md-Zain^{1*}

¹Jabatan Sains Biologi dan Bioteknologi, Faculti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor, Malaysia

²Pusat Pengajian Pra-Universiti, Universiti Malaysia Sarawak, 94300, Kota Samarahan, Sarawak, Malaysia

* E-mel pengarang koresponden: abgbadd1966@yahoo.com

Abstrak: *Presbytis siamensis* adalah spesies Lotong Cenekah yang taburannya terdapat di Thailand, Sumatera, Riau, Batam dan Semenanjung Malaysia. Primat ini tidak mendapat perhatian sepenuhnya dalam kajian saintifik berbanding lotong lain, terutamanya subspesies *P. s. siamensis*. Oleh itu, kajian ekologi dan kelakuan adalah sangat penting bagi memahami aspek biologi spesies ini dengan lebih mendalam. Kajian ini dilakukan untuk melihat rekod kehadiran *P. s. siamensis* dan aspek kelakuan sosial *P. s. siamensis* di kampus induk Universiti Kebangsaan Malaysia melalui pencerapan organisasi sosial. Kajian aspek ekologi kelakuan ini melibatkan pemerhatian imbasan di Kolej Dato' Onn dari Jun 2019 hingga Mac 2020. Hasil kajian mendapati terdapat tujuh hingga sembilan (7–9) ekor Lotong Kakoh yang terdapat di Kolej Dato' Onn. Aktiviti sosial Lotong Kakoh yang paling dominan adalah kelakuan berdandan. Kajian ini berjaya memperihalkan aspek ekologi dan kelakuan Lotong Kakoh melalui data tinjauan awal. Maklumat ini sangat penting dan diperlukan dalam perancangan pemuliharaan lotong di Malaysia.

Kata kunci: lotong, primat, ekologi, kelakuan, pemuliharaan

Abstract: *Presbytis siamensis* is a species of the White-thighed Surili whose distribution is found in Thailand, Sumatra, Riau, Batam, and Peninsular Malaysia. This primate has not received full attention in scientific studies compared to other langur, particularly the subspecies *P. s. siamensis*. Taxonomic reviews have found that several species within this group have been elevated to species level. To avoid confusion in the use of the name Lotong Cenekah, the local name Lotong Kakoh has been used to represent *P. s. siamensis* found in Peninsular Malaysia. This study was conducted to examine records of the presence of *P. s. siamensis* and aspects of the social behaviour of *P. s. siamensis* at the main campus of the National University of Malaysia through observations of social organisation. The study of the behavioural ecology aspects involved scan observations at Dato' Onn College. The results of the study found that there were seven to nine (7–9) White-thighed Surili at Dato' Onn College. The most dominant social activity of the White-thighed Surili is grooming behaviour. This study successfully described the biological aspects of the White-thighed Surili through preliminary ecological and behavioural data. This information is very important and needed in the planning of White-thighed Surili conservation in Malaysia.

Keywords: langur, primate, ecology, behavior, conservation

1. Pengenalan

Presbytis siamensis dahulunya dikelaskan di bawah subspesies *P. melalophos* (Brandon-Jones 2004). Primat ini dikelaskan kepada genus *Presbytis*, subfamili Colobinae dan famili Cercopithecidae. Semakan taksonomi mendapati terdapat perbezaan dalam ahli kumpulan *melalophos* menyebabkan beberapa subspesies telah dinaikkan ke taraf spesies. Ini termasuklah *Presbytis melalophos siamensis* menjadi *Presbytis siamensis*. Dalam kumpulan ini, lotong yang bertaburan di Semenanjung Malaysia ialah *Presbytis siamensis siamensis* yang diberi nama Lotong kakoh berdasarkan panggilan penduduk setempat untuk membezakannya dari Lotong cenekah. Di Semenanjung Malaysia, lotong ini boleh ditemui dari Kelantan, Terengganu, Pahang, Perak, Selangor sehingga ke Gunung Ledang, Johor (Md-Zain et al. 2022; Md-Zain et al. 2024).

Warna bulu Lotong kakoh kebiasaannya adalah kelabu pucat, manakala warna bulu pada bahagian bawah badannya pula lebih kelihatan pucat atau putih (Francis 2016). Tidak banyak diketahui tentang aspek ekologi dan kelakuan lotong ini kerana kebanyakan kajian lebih tertumpu pada aspek kajian ekologi kelakuan kera (Hambali et al. 2012) atau lotong lain (Ruslin et al. 2019). Kajian yang menyeluruh pernah dijalankan di hutan primer Kuala Krau sekitar tahun 1980an. Selepas itu tiada kajian ekologi yang dilapurkan untuk memetakan kehadiran lotong di Semenanjung Malaysia (Md-Zain et al. 2021).

Presbytis siamensis telah dikelaskan sebagai spesies hampir terancam oleh Kesatuan Antarabangsa bagi Pemuliharaan Alam (*International Union of Conservation in Nature*, IUCN) yang telah mengklasifikasikan status. Walaupun lotong ini boleh ditemui di kebanyakan tempat di Semenanjung Malaysia, namun masih banyak maklumat biologi yang tidak diketahui. Oleh itu, kehadiran lotong ini di kampus induk Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) perlu direkod secara saintifik (Rajah 1). Pemerhatian awal mendapati terdapat dua kumpulan yang berlegar di sekitar Bangunan Biologi dan Fakulti Undang-Undang (Mohd-Ridwan 2021). Pemerhatian juga mendapati terdapat kumpulan ketiga yang berada di sekitar Kolej Dato' Onn. Oleh itu, kajian ini dijalankan dengan objektif utama untuk menentukan aspek ekologi kelakuan Lotong kakoh yang terdapat di Kolej Dato' Onn, Universiti Kebangsaan Malaysia.



Rajah 1. Lotong kakoh di kampus induk Universiti Kebangsaan Malaysia (© Md-Zain & Ridwan Rahman).

2. Bahan dan Kaedah

2.1 Kawasan kajian

Kajian ini telah dijalankan di Kolej Dato' Onn, UKM (Rajah 2). Kolej ini terletak bersebelahan dengan hutan yang terfragmentasi. Lotong ini selalunya bergerak ke arah Kolej Ibu Zain dan berada di atas pokok-pokok di tepi jalan raya kampus dan hutan berhampiran dengan kawasan kajian.



Rajah 2. Peta kawasan kajian Kolej Dato' Onn (Sumber: Google Map, 2 Dis 2025).

2.2 Pemerhatian di lapangan dan analisa data

Pemerhatian imbasan telah dilakukan bermula pada jam 0700 hingga 0900 dan 1700 hingga 1900 pada setiap hari bermula pada bulan Jun 2019 hingga Mac 2020. Pemerhatian di lapangan melibatkan hari terpilih selama 42 hari. Cerapan berhubung dengan subjek kajian hanya dapat dilakukan selama 31 jam 6 minit sahaja berdasarkan keberadaan kehadiran lotong di kawasan kajian. Pemerhatian imbasan telah dilakukan sewaktu berada di lapangan bagi mengetahui aspek ekologi dan kelakuan lotong. Borang cerapan telah digunakan untuk mencatat kategori kelakuan. Bagi setiap tempoh masa sepuluh minit, sebarang kelakuan telah dicatat diikuti dengan tempoh rehat selama 5 minit. Pemerhatian dilakukan sehingga subjek kajian tidak dapat dikesan atau mula beredar dari kawasan kajian. Kaedah pemerhatian telah dimulakan dengan cara meninjau kawasan sekitar Kolej Dato' Onn. Kumpulan lotong dikesan berdasarkan pergerakan di atas pokok dan bunyi vokal. Sebaik sahaja lotong dikesan, pengiraan jumlah individu dilakukan. Terdapat beberapa kategori kelakuan sosial (Jadual 1) yang telah dicerap sepanjang pemerhatian dilakukan termasuk berdandan, bermain, agonistik, seksual dan vokal yang telah diadaptasi dari kajian terdahulu (Ruslin 2018; Brent dan Veira 2002). Adalah menarik untuk mengetahui bagaimana lotong ini memperuntukkan masa dalam aktiviti sosial kerana secara umumnya, Lotong kakoh ini hidup dalam organisasi sosial secara berkumpulan. Perbezaan peruntukan frekuensi data kelakuan sosial dalam ahli kumpulan Lotong kakoh telah dianalisis melalui ujian khi kuasa dua (X^2). Ujian ini adalah ujian statistik tidak berparameter yang digunakan apabila taburan data adalah tidak normal.

Jadual 1. Deskripsi kelakuan sosial Lotong kakoh berdasarkan Brent dan Veira (2002).

Kelakuan Sosial	Deskripsi
Berdandan	Dilakukan secara bersama-sama atau bersendirian (mendekati dan kekal dalam jarak lengan individu lain tidak kurang 5 saat, merangkumi perbuatan subjek menggaru, menguis atau menjilat bulu tangan, kaki, ekor dan muka.
Bermain	Terdapat pergelutan, kejar mengejar atau berpeluk serta bergayut untuk menunjukkan aktiviti bermain. Lazimnya ditunjukkan oleh juvenil.
Vokal	Suara dihasilkan bertujuan untuk memanggil, memberi amaran atau berkomunikasi dalam kumpulan.
Agonistik	Melibatkan kelakuan agresif antara individu.
Seksual	Berkopulasi dan melakukan pemeriksaan visual atau olfaktori kemaluan.

3. Hasil dan Perbincangan

Pada Jun hingga September 2019, sembilan individu Lotong kakoh telah dijumpai, manakala pada bulan November 2019 hingga Mac 2020, bilangan lotong yang tertinggal hanya tujuh individu (Jadual 2). Pemerhatian mendapati tujuh hingga sembilan individu, iaitu empat dewasa (dua jantan dan dua betina), dua sub-dewasa dan seekor bayi serta lima dewasa (seekor jantan dan empat ekor betina), seekor sub-dewasa dan tiga ekor bayi. Pemerhatian mendapati terdapat juga kumpulan primat lain yang terdiri daripada Lotong celak dan kera bersimpatrik dalam kawasan kajian. Hasil kajian ini menyokong kajian terdahulu yang menunjukkan primat bersimpatrik bagi perkongsian sumber makanan dan ruang (Md-Zain et al. 2021; Mohd-Daut & Md-Zain 2021).

Jadual 2. Hasil pencerapan individu dari setiap spesies yang berbeza.

Famili/Spesies	Nama Tempatan	Jumlah
Cercopithecidae		
<i>Presbytis siamensis siamensis</i>	Lotong kakoh	7–9
<i>Trachypithecus obscurus</i>	Lotong celak	12
<i>Macaca fascicularis</i>	Kera	36
Jumlah		55–57

Bagi kategori kelakuan sosial, kelakuan Lotong kakoh yang telah dicerap melibatkan kelakuan berdandan, bermain, vokal, agonistik, dan seksual. Hasil frekuensi dan peratusan frekuensi bagi setiap kelakuan sosial Lotong kakoh dalam pemerhatian kajian ini dapat dilihat pada Jadual 3. Frekuensi yang tertinggi adalah kelakuan berdandan iaitu 74.0% (162 kali). Aktiviti bermain hanya dapat dicerap sebanyak 21.5% (47 kali). Bagi kelakuan bervokal, mencatatkan jumlah sebanyak 10 kali (4.6%). Kelakuan bergaduh dan interaksi seksual tidak dipamerkan langsung semasa kajian sedang dijalankan. Analisis statistik khi kuasa dua mendapati kelakuan sosial Lotong kakoh adalah signifikan ($X^2 = 345.29$, $df=2$, $P<0.05$). Aktiviti sosial sangat penting terutamanya kelakuan berdandan dan bermain yang sering dicerap dalam kumpulan Cercopithecidae (Ruslin 2018, Taufet-Rosdi & Md-Zain 2023). Kelakuan sosial ini penting dalam mengukuhkan ikatan primat yang hidup secara berkumpulan (Md-Zain et al. 2021, Zamri & Md-Zain 2022).

Jadual 3. Jadual frekuensi dan peratus dengan nilai khi kuasa dua bagi kelakuan sosial Lotong kakoh.

Kategori Sosial	Jumlah Cerapan	(O-E) ² /E	Peratus (%)
Berdandan	162	318.98	73.97
Bermain	47	0.23	21.46
Vokal	10	26.08	4.57
Agonistik	0	Tidak relevan	
Seksual	0	Tidak relevan	
Jumlah	219	X ² = 345.29	100

Terdapat beberapa spesies pokok yang menjadi pilihan diet Lotong kakoh di kawasan kajian. Sewaktu aktiviti pemerhatian dijalankan, majoriti individu Lotong kakoh cenderung makan pucuk atau daun *Macaranga conifera* (mahang) dan *Sapium baccatum* (ludai) (Jadual 4). Selain daun, tunas bunga juga dipilih sebagai diet harian. Bagi kategori buah, Lotong kakoh hanya memakan buah hanya apabila tiba musim buah. Spesies *Ficus variegata* (ara) daripada famili Moraceae dan *Mangifera indica* (mangga) daripada famili Anacardiaceae, *Nephelium lappaceum* (rambutan) daripada famili Sapindaceae adalah buah yang sering dimakan oleh Lotong kakoh. Biji petai *Parkia speciosa* juga menjadi diet harian lotong ini apabila tiba musim petai. Lotong hanya memakan biji petai dengan mengopek buah petai menggunakan gigi. Hasil pemerhatian terus ekologi pemakanan juga disokong oleh dapatan data metabarkod diet Lotong kakoh yang juga melibatkan sampel dari kumpulan yang sama (Mohd-Ridwan 2021). Adalah tidak memeranjatkan kerana lotong selalunya akan memilih buah dan daun dalam pengambilan diet (Tingga et al. 2024).

Jadual 4. Jadual frekuensi kelakuan makan Lotong kakoh dan peratus dengan nilai khi kuasa dua.

Kategori Makan	Frekuensi	(O-E) ² /E	Peratus (%)
Buah	58 (226.67)	125.51	8.53
Biji	6	2.65	0.88
Daun	616	153.58	90.59
Jumlah	680	X ² = 281.74	100

4. Kesimpulan

Sebanyak tujuh hingga sembilan individu Lotong kakoh telah dicerap di Kolej Dato' Onn sepanjang tempoh kajian tinjauan awal dijalankan. Berdandan adalah kelakuan yang paling dominan berbanding kelakuan sosial lain. Lotong kakoh juga didapati mengemari pucuk daun dan buah mahang dan ludai. Lotong kakoh di kawasan kajian masih belum dapat berhabitiasi sepenuhnya dengan kehadiran manusia menyebabkan ianya sukar dicerap dari jarak dekat. Walaupun hasil kajian ini masih lagi di peringkat awal, ianya dapat meningkatkan pengetahuan aspek ekologi kelakuan Lotong kakoh yang masih kurang difahami di Semenanjung Malaysia.

Penghargaan

Terima kasih kepada Universiti Kebangsaan Malaysia dan Jabatan Perlindungan Hidupan Liar dan Taman Negara (PERHILITAN). Kajian ini telah dijalankan dengan permit kajian JPHL & TN (IP): 100-34/1.24 JLD 8 dan dibiayai oleh geran GUP 2019-037 dan ST-2021-017.

Rujukan

- Brandon-Jones, D., Eudey, A. A., Geissmann, T., Groves, C. P., et al. 2004. Asian primate classification. *Int. J. Primatol.* 25: 97–164.
- Brent, L. & Veira, Y. 2002. Social behavior of captive Indochinese and Insular long- tailed macaques (*Macaca fascicularis*) following transfer to a new facility. *International Journal Primatol* 23: 147–159.
- Francis, C. M. 2016. Mammals of South-east Asia. London: Bloomsbury.
- Hambali K., Ismail, A., Zulkifli, S., Md-Zain, B. M. & Amir, A. 2012. Human-macaque conflict and pest behaviour of long-tailed macaques (*Macaca fascicularis*) in Kuala Selangor Nature Park. *Tropical Natural History* 12(2): 189–205.
- Md-Zain, B. M., Mohd-Ridwan, A. R., Muhd-Sahimi, H. N., Abdul-Latiff, M. A. B. & Chan, E. 2021. Mixed-species association among Malaysian primates during the covid-19 outbreak in Genting Highlands, Peninsular Malaysia. *Journal of Sustainability Science and Management* 16 (1): 1–10.
- Mohd-Daut, N. & Md-Zain, B. M. 2021. Notes on diet and anthropogenic food consumption of habituated Silvered langurs (*Trachypithecus cristatus*) at Bukit Melawati, Kuala Selangor, Selangor, Malaysia. *Malayan Nature J.* 73: 1–5.
- Mohd-Ridwan, A. R. 2021. Genetik pemuliharaan lutong di Semenanjung Malaysia berdasarkan analisis filogeni dan metabarkod DNA. Tesis PhD. Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Ruslin, F. 2018. Adaptive behaviour of two sympatric cercopithecidae (*Macaca fascicularis* and *Trachypithecus obscurus*) in forest fragments within Universiti Kebangsaan Malaysia Bangi Campus. Tesis PhD. Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Ruslin, F., Matsuda, I. & Md-Zain, B. M. 2019. The feeding ecology and dietary overlap in two sympatric primate species, the long-tailed macaque (*Macaca fascicularis*) and dusky langur (*Trachypithecus obscurus obscurus*), in Malaysia. *Primates* 60(1): 41–50.
- Taufet-Rosdi, N. E. A. & Md-Zain, B. M. 2023. Human-long-tailed macaque interactions and ecotourism potential in the Gunung Keriang Recreational Park, Kedah, Peninsular Malaysia. *Journal of Animal & Plant Sciences* 33(4): 1021–1032.
- Tingga, R. C. T., Liam, J., Deli, B., Anuar, M. L, Ampeng, A. & Md-Zain, B. M. 2024. First DNA metabarcoding diet assessment on the critically endangered Tricolour Langur, *Presbytis chrysomelas cruciger*. *Biodiversity Data Journal* 12:e124990
- Zamri, M. & Md-Zain, B.M. 2022. Long-tailed macaques of the Batu Caves, Peninsular Malaysia: Population estimate, nuisance behaviors, and human perception. *Journal of Animal and Plant Sciences* 32(4): 1150–1158.

Spesies Serangga yang Berasosiasi dengan Pokok Belimbing (*Averrhoa carambola* L.) di Ladang Konvensional Mardi, Selangor

Nur Ain Sakinah Ahmad Khairi¹, Aisyah Munira Jasni¹, Safwatul Athirah Muhamad Azmi¹, Suhana Yusof² & Salmah Yaakop^{1*}

¹Pusat Sistematis Serangga, Jabatan Sains Biologi dan Bioteknologi, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor, Malaysia

²Pusat Penyelidikan Hortikultur, Institut Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian Malaysia (MARDI), Ibu Pejabat MARDI, Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor, Malaysia

* E-mel pengarang koresponden: salmah78@ukm.edu.my

Abstrak: Kajian ini dijalankan bagi mengenalpasti spesies serangga yang berasosiasi dengan spesies pokok dan bahagian-bahagian pokok tertentu. Kajian ini dijalankan di plot penyelidikan MARDI, Selangor secara pensampelan aktif menggunakan jaring sauk dan pensampelan pasif menggunakan pelekat lekit kuning sebanyak enam kali replikasi pensampelan selama tiga bulan. Sejumlah 2075 individu serangga terdiri daripada enam order dan merangkumi 16 famili telah diperolehi. Enam order yang berjaya direkodkan terdiri daripada Diptera, Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera, Hymenoptera dan Blattodea. Order yang mencatatkan peratus tertinggi adalah Diptera (79.2%) diikuti dengan Coleoptera (14.1%) dan Hymenoptera (2.9%) dengan bilangan sebanyak 1643 individu, 293 individu dan 61 individu, masing-masing. Melalui kajian ini adalah dijangkakan untuk memberi maklumat baru mengenai spesies yang berasosiasi pada bahagian tertentu pokok dan kepentingan tanaman belimbing ini terhadap ekonomi negara. Dalam pada itu, kajian ini juga diharapkan dapat membantu pihak MARDI akan strategi Pengurusan Perosak Bersepadu (PBB) sebagai usaha yang lebih efisien untuk menghasilkan pengeluaran produk yang berkualiti.

Kata kunci: Kekayaan; kelimpahan; serangga; belimbing; konvensional

Abstract: This study was conducted to identify insect species associated with tree species and specific parts of the tree. The study was carried out at the MARDI research plot in Selangor through active sampling using sweep nets and passive sampling using yellow sticky traps, with six sampling replications over the three months. A total of 2075 individual insects from six orders and comprising 16 families were collected. The six recorded orders were Diptera, Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera, Hymenoptera, and Blattodea. The order with the highest percentage was Diptera (79.2%), followed by Coleoptera (14.1%) and Hymenoptera (2.9%), with 1,643 individuals, 293 individuals, and 61 individuals, respectively. Through this study, it is expected that new information will be provided on species associated with specific parts of the tree and the importance of starfruit cultivation to the national economy. Furthermore, this study is also expected to assist MARDI in developing strategies for Integrated Pest Management (IPM) as a more efficient effort to produce high-quality products.

Keywords: Richness; abundant; insects; starfruit; conventional

1. Pengenalan

Averrhoa carambola (L.) atau lebih dikenali sebagai belimbing merupakan buah-buahan tempatan dan juga digunakan dalam ilmu perubatan (Muthu et al. 2016). Pokok belimbing ini boleh hidup dipelbagai jenis tanah dan memerlukan keamatan cahaya matahari yang berterusan bagi membantu proses pertumbuhan dan perkembangan yang baik dan cepat. Malaysia adalah pengeluar dan pengeksport buah belimbing yang utama dan terbesar di dunia, di mana ia banyak dieksport ke negara Eropah seperti Belanda, Perancis, Switzerland dan Kanada (Ibrahim 2019). Selain itu, purata eksport tahunan sebanyak RM24 juta telah direkodkan di negara Asia seperti Singapura dan Hong Kong. Pihak Institut Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian Malaysia (MARDI) juga memperkenalkan klon baharu belimbing hibrid pertama yang dinamakan sebagai Bintang Mas yang dikenalpasti mempunyai kualiti yang terbaik.

Tanaman *A. carambola* ini mudah terdedah kepada pelbagai jenis serangga perosak seperti kumbang daun (Mani et al. 2022), lalat buah (Yusof et al. 2024) dan trip (Munir-Zaki et al. 2025). Usaha pengurusan tanaman belimbing dilakukan bagi meningkatkan proses pengeluarannya seperti membungkus buah, memasang jaring kalis serangga, menggunakan racun perosak dan sebagainya. Struktur jaring kalis serangga adalah alat bagi mencegah serangga perosak dan ia juga mempunyai ruang pengudaraan pada lubang-lubang kecil. Pihak MARDI juga telah menjalankan suatu kajian bagi meningkatkan hasil dan kualiti belimbing besi, klon B10 yang ditanam di bawah struktur jaring kalis serangga. Melalui kaedah ini, kehadiran lebah adalah sangat penting bagi pembentukan buah yang baik serta kemenjadian buah yang berkualiti adalah lebih tinggi (Wan Nur Asiah et al. 2021).

Sebagaimana kajian oleh Nur (2017), perosak yang terdapat pada tanaman belimbing di Jawa Barat adalah dijumpai sebanyak 12 spesies. Terdapat beberapa spesies serangga perosak dikenal pasti menginfestasi pokok belimbing seperti lalat buah, *Bactrocera carambolae* yang menyerang pucuk pokok belimbing dan membantutkan perkembangan pokok. Melalui Yuliadhi et al. (2022) pula, lalat buah adalah perosak yang paling berbahaya kerana merosakkan komoditi buah-buahan di Indonesia, khususnya pada musim hujan. Lalat buah betina yang bertelur pada buah akan memberi kesan isi buah yang rosak. Apabila lalat buah betina tersebut bertelur di dalam buah belimbing dan berkembang menjadi larva, maka ia akan memakan isi buah dan mendatangkan kemudaratan pada buah tersebut. Bintik hitam adalah antara tanda yang akan wujud sehingga menyebabkan buah belimbing gugur dari pokok. Serangga parasitoid yang kelihatan di batang pokok juga pernah direkodkan iaitu spesies penyengat, *Aganaspis daci* yang memparasit lalat buah (Bernardo et al. 2023). Parasitoid yang berinteraksi dengan lalat buah adalah berbentuk simbiosis parasitisme di mana ia menggunakan lalat buah sebagai perumah bagi meneruskan perkembangan hidup.

Oleh itu, data awalan ini membantu menyumbang kepada langkah-langkah yang proaktif bagi mengenal pasti kawalan serangga perosak mengikut Pengurusan Perosak Bersepadu (PBB) dapat dilakukan dengan berkesan dan spesies serangga yang menyumbang kepada peningkatan hasil buah juga dapat diketahui. Kajian ini mensasarkan untuk mengenal pasti spesies serangga yang berasosiasi pada tanaman belimbing *A. carambola* di ladang konvensional MARDI, Selangor.

2. Bahan dan Kaedah

2.1 Lokasi Kajian

Kajian ini telah dijalankan di Ladang Konvensional Belimbing, Institusi Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian Malaysia (MARDI), Selangor dengan berkoordinat 2°58'59.0"N 101°42'02.4"E. Lokasi kajian ini kaya dan memiliki pelbagai jenis vegetatif yang menarik yang di kelilingi oleh pertanian yang subur. Ladang ini mempunyai keluasan sebanyak tujuh hektar yang mempunyai sebanyak 20 jenis tanaman termasuk sayur-sayuran dan buah-buahan seperti betik, anggur, nanas, mangga, nangka, belimbing, cili, jagung, terung, sawi dan lain-lain lagi.

2.2 Pensampelan Serangga

Pensampelan spesies serangga telah dilakukan selama tiga bulan iaitu dari bulan Januari sehingga Mac 2024 dengan sebanyak dua kali pensampelan dilakukan pada setiap bulan. Pensampelan

merangkumi tanaman terpilih iaitu pokok belimbing pada peringkat matang. Sampel serangga yang telah diperoleh dimasukkan ke dalam botol pengumpul berisi alkohol 70%. Sampel yang diperoleh telah dibawa ke Makmal Entomologi Universiti Kebangsaan Malaysia, Dewan Anwar Mahmud, Fakulti Sains dan Teknologi, UKM bagi menjalani proses pengecaman.

2.3 Pensampelan Aktif

Teknik pensampelan aktif dilakukan menggunakan jaring sauk bagi mengukur kekayaan spesies di setiap bahagian pokok dan sebanyak enam replikasi telah dilaksanakan selama tiga bulan di ladang belimbing. Pensampelan dilakukan selama dua jam iaitu sekitar 10 pagi sehingga 12 tengahari di mana ketika serangga sedang aktif. Jaring sauk dihayunkan pada pokok belimbing dengan kepantasan sederhana selama 30 saat dengan sela masa selama 15 saat. Pada masa yang sama, pemerhatian secara terperinci telah dilakukan di setiap bahagian pokok seperti batang, daun, bunga, dan buah bagi melihat kehadiran spesies serangga pada bahagian yang tertentu. Pensampelan ini telah dilakukan pada keadaan cuaca yang baik dan keamatan cahaya yang tinggi kerana ia adalah di mana serangga-serangga tersebut bergiat aktif.

2.4 Pensampelan Pasif

Perangkap lekit kuning telah digunakan sebagai teknik pensampelan pasif bagi mengukur kelimpahan spesies. Setiap satu perangkap lekit kuning telah diletakkan pada enam batang pokok belimbing yang dipilih secara rawak dan dibiarkan selama seminggu sebelum dikutip pada minggu seterusnya. Pensampelan ini dijalankan sebanyak dua kali sebulan yang diletakkan pada pokok secara rawak.

2.5 Pengecaman Spesies

Proses pengecaman spesimen serangga yang telah dikumpulkan hasil daripada pensampelan aktif menjalani proses pengawetan secara kering terlebih dahulu supaya keadaan fizikalnya tidak diserang kulat di Makmal Entomologi, Dewan Anwar Mahmud, UKM. Kedua-dua hasil dari pensampelan aktif dan pasif menjalani proses pengecaman secara morfologi berdasarkan rujukan kekunci spesies bagi mengenal pasti sehingga peringkat famili. Selain itu, beberapa kekunci lain turut digunakan seperti buku Borror dan Delong (2005) dan koleksi serangga di Pusat Sistemik Serangga UKM. Proses pengecaman juga turut dilakukan menggunakan mikroskop stereo Stemi-D4 (Germany, Zeiss) dan mikroskop Dino-Lite bagi membantu dalam melihat ciri-ciri morfologi dengan lebih jelas dan terperinci. Setiap spesimen serangga yang dikenal pasti menggunakan mikroskop akan diambil gambar bagi tujuan simpanan rekod.

3. Hasil dan Perbincangan

3.1 Komposisi dan Kekayaan Spesies

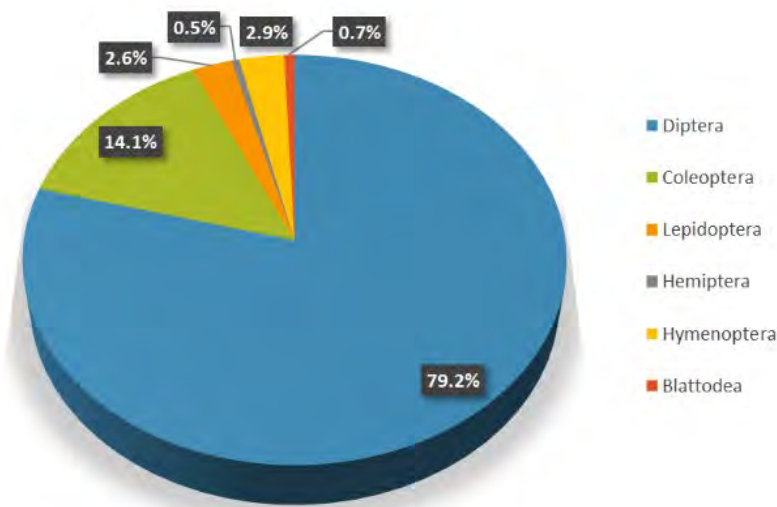
Secara keseluruhannya, pengecaman spesies serangga berjaya dikenal pasti berdasarkan morfologi dan sebanyak 2075 individu direkodkan. Enam order yang berjaya dikenalpasti dan direkodkan adalah Diptera, Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera, Hymenoptera dan Blattodea. Berdasarkan Rajah 1, kumpulan order yang paling banyak berjaya direkodkan adalah Diptera sebanyak 79.2% dan diikuti dengan Coleoptera 14.1%. Selain itu, Lepidoptera sebanyak 2.6%, Hymenoptera 2.9%, Blattodea 0.7% dan Hemiptera 0.5%.

Kumpulan famili yang berjaya direkodkan terdiri daripada famili Tephritidae (1046 individu), Sarcophagidae (61 individu), Neriidae (474 individu), Limoniidae (10 individu), Dolichophodidae (45 individu), Calliphoridae (7 individu), Coccinellidae (214 individu), Chrysomelidae (76 individu), Curculionidae (3 individu), Lymnatiidae (8 individu), Erebididae (46 individu), Pentatomidae (10 individu), Braconidae (12 individu), Apidae (5 individu), Formicidae (44 individu) dan Ectobiidae (14 individu) (Jadual 1). Hasil pemerhatian secara aktif, terdapat empat order dan enam spesies berjaya direkodkan yang diperhatikan pada bahagian-bahagian tertentu pokok yang diringkaskan dalam Rajah 1.

Jadual 1. Kelimpahan spesies serangga yang dikumpulkan selama tiga bulan pensampelan.

Bil	Order	Famili	Spesies	Bulan / Bilangan Individu			Jumlah Bilangan 3 bulan
				Bulan 1	Bulan 2	Bulan 3	
1	Diptera	Tephritidae	<i>Bactrocera carambolae</i>	344	121	165	630
2	Diptera	Tephritidae	<i>Bactrocera carambolae</i> (larva)	15	0	0	15
3	Diptera	Tephritidae	<i>Bactrocera dorsalis</i>	148	128	125	401
4	Diptera	Sarcophagidae	<i>Sarcophaga haemorrhoidalis</i>	16	15	30	61
5	Diptera	Neriidae	<i>Telostylinus</i> sp.	182	278	14	474
6	Diptera	Limoniidae	Limoniidae sp.	4	2	4	10
7	Diptera	Dolichophodidae	<i>Chrysoma globiferum</i>	0	31	14	45
8	Diptera	Calliphoridae	<i>Chrysomya megacephala</i>	5	0	2	7
9	Coleoptera	Coccinellidae	<i>Cryptogonus orbiculus</i>	118	68	19	205
10	Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Aucalophora</i> sp.	22	0	0	22
11	Coleoptera	Curculionidae	Curculionidae sp	1	0	2	3
12	Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Monolepta</i> sp.	43	5	1	49
13	Coleoptera	Chrysomelidae	Chrysomelidae sp.	4	0	0	4
14	Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Aucalophora</i> sp.	1	0	0	1
15	Coleoptera	Coccinellidae	Coccinellidae sp.	1	0	0	1
16	Coleoptera	Coccinellidae	<i>Epilachna</i> sp.	1	0	0	1
17	Coleoptera	Coccinellidae	<i>Oenopia</i> sp.	0	1	0	1
18	Coleoptera	Coccinellidae	<i>Coelophora</i> sp.	6	0	0	6
19	Lepidoptera	Lymantriidae	<i>Euproctis flexuosa</i>	8	0	0	8
20	Lepidoptera	Erebidae	<i>Amata huebneri</i>	0	0	46	46
21	Hemiptera	Pentatomidae	<i>Halyomorpha halys</i>	10	0	0	10
22	Hymenoptera	Braconidae	<i>Fopius arisanus</i>	2	10	0	12

23	Hymenoptera	Apidae	<i>Heterotrigona itama</i>	4	1	0	5
24	Hymenoptera	Formicidae	<i>Camponotus</i> sp.	11	11	22	44
26	Blattodea	Ectobiidae	<i>Blatella</i> sp.	0	5	9	14
Jumlah Bilangan Individu				946	676	453	2075



Rajah 1. Peratusan mengikut peringkat order hasil pensampelan selama tiga bulan.

Komposisi pelbagai order serangga yang direkodkan di ladang belimbing yang tertinggi adalah Diptera dengan 79.2% diikuti dengan kedua tertinggi adalah Coleoptera 14.1% dan Hymenoptera sebanyak 2.9%. Genus yang berjaya direkodkan paling tertinggi adalah *Bactrocera*, manakala *Bactrocera carambolae* ialah serangga perosak utama dan *Bactrocera dorsalis* adalah spesies invasif yang merosakkan tanaman buah belimbing (Shariff et al. 2015). Kajian oleh Muhlisson, Triwidodo & Pudjianto (2016), juga mendapati larva *B. carambolae* banyak ditemui pada buah yang terinfestasi dan menyebabkan ia busuk. Beliau juga mendapati serangan larva lalat buah pada buah belimbing adalah tinggi di Desa Gogodeso, Indonesia. Lalat buah bersifat fitofagus memainkan peranan yang penting sebagai serangga perosak utama dan memberi kesan yang negatif terhadap pertanian (Yusof et al. 2024). Telur yang menetas menjadi larva akan merosakkan buah belimbing dengan cara menggali isi dalaman buah dan memakan isi buah yang segar dan matang. Impak daripada aktiviti yang dilakukan oleh lalat buah, ia akan menjadikan buah belimbing berair dan membusuk. Tambahan pula, buah yang busuk akan menyebabkan warna dan kualiti buah berubah dan menjadi tempat pembiakan bakteria sehingga menyebabkan buah belimbing gugur.

Seterusnya, serangga perosak Chrysomelidae yang dikenali sebagai kumbang daun juga terdapat di bahagian daun pokok belimbing. Spesies ini ialah *Monolepta* sp. dan *Aucalophora* sp. yang merosakkan bahagian tumbuhan seperti struktur daun, batang dan tumbuh-tumbuhan sesuai dengan peranannya sebagai pemakan daun (Mani et al. 2022). Kehadiran spesies ini menyebabkan produktiviti tanaman belimbing berkurang. Namun, kehadiran serangga perosak ini hanya membuat pucuk dan bunga muda sebagai diet makanan mereka. Hasil kajian juga mendapati spesies Coccinelidae sp. dan juga *Coleophora* sp. juga hadir dan bertindak sebagai pemangsa dan berkemungkinan merujuk kepada *Coleophora inequalis* yang mempunyai variasi morfologi yang tinggi (Musa et al. 2024a, b). Sebagai tambahan, *Cryptogonus orbiculus* juga didapati tinggi di ladang dan jelas menunjukkan pemangsaan nya ke atas serangga kecil seperti afid dan telur serangga sisik (Thangjam et al. 2020).

Bagi serangga parasitoid, *Fopius arisanus* merupakan pemangsa bagi lalat buah iaitu parasitoidnya yang menginfestasi tanaman belimbing yang tinggi dalam kajian ini. Semasa kajian dijalankan, *F. arisanus* terlihat pada buah belimbing di mana mereka memparasit lalat buah dengan cara menggunakan ovipositornya untuk menembus dan meletakkan telurnya pada larva lalat buah yang berada di dalam buah (Mohammed et al. 2017). Kajian Yuliadhi (2022) juga merekodkan bahawa *F. arisanus* mempunyai peratus parasitoid yang paling tinggi di empat daerah bandar Denpasar, Indonesia. Ini menunjukkan bahawa kajian lepas dan hasil dapatan serta peranannya pada tanaman belimbing ini selari. Selain penggunaan pestisid yang minimum pada tanaman belimbing ini untuk mengurangkan populasi serangga perosak, spesies parasitoid ini juga sangat efektif untuk mengurangkan populasi lalat buah kerana tahap parasitismenya yang tinggi.

Melalui penelitian semasa kajian dilaksanakan, kehadiran lebah kelulut sebagai pendebunga belimbing iaitu spesies *Heterotrigona itama* disahkan. Spesies *H. itama* adalah sangat penting bagi

tumbuhan berbuah seperti pokok belimbing dan populasi lebah kelulut adalah pendebunga utama di ladang belimbing (Fahimee et al. 2021). Menurut Asma et al. (2019), salah satu cara yang berkesan untuk meningkatkan kadar pendebungaan dan meningkatkan kualiti buah adalah dengan mempunyai pendebunga seperti lebah kelulut di ladang belimbing. Perkara ini boleh mengesahkan bahawa populasi lebah kelulut di ladang tersebut adalah tinggi. *Heterotrigona itama* bukan sahaja berinteraksi dengan bunga belimbing tetapi pada tanaman lain yang berdekatan seperti tanaman jambu dan sekitar kawasan tanaman belimbing di mana membantu dalam pendebungaan secara silang.

4. Kesimpulan

Secara keseluruhannya, 2075 individu serangga daripada enam jenis order dan 16 famili yang berjaya direkodkan Namun, kebanyakan sampel hanya berjaya dicamkan hingga ke peringkat famili dan genus sahaja. Oleh itu, kaedah pengelasan secara molekul diperlukan agar hasil yang diperolehi lebih jitu. Pengesahan spesies yang tepat amat diperlukan bagi menyokong pengurusan perosak secara semulajadi dan lestari. Selain itu, kajian terperinci amat diperlukan khususnya kajian taksonomi kerana masih banyak spesies yang masih belum dipastikan statusnya bagi memahami keberadaanya di ladang nangka organik ini.

Rujukan

- Asma, S. S., Adam, N. A., Najwa, M. Y. S., Asilah, N., Syukri, T. S., & Asiah, W. N. 2019. Foraging Behavior of Stingless Bee (*Geniotrigona thoracica* and *Heterotrigona itama*) on Star Fruit Trees (*Averrhoa carambola* L.). *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science*. 383(1): 012011.
- Bernardo, U., Pica, F., Carbone, C., Nugnes, F., & Viggiani, G. 2023. First record and characterization of *Aganaspis daci* (Weld, 1951) (Hymenoptera, Figitidae, Eucilinae), a parasitoid of fruit flies, from Italy. *Journal of Hymenoptera Research*. 96: 863–877.
- Borror, D. J. & De Long, D. M. 2005. *An Introduction to the study of insects*. Library of Congress Cataloging in Publication Data. 4th Edition.
- Ibrahim, A. 2019. MARDI perkenal belimbing hibrid Bintang Mas. Berita Harian. <https://www.bharian.com.my/berita/nasional/2019/04/549903/mardi-perkenal-belimbing-hibrid-bintang-mas>. [20 November 2023].
- Fahimee, J., Badrulisham, A.S., Zulidzham, M.S., Reward N.F., Muzammil, N., Jajuli, R., Md-Zain, B.M. & Yaakop, S. 2021. Metabarcoding in Diet Assessment of *Heterotrigona itama* Based on trnL Marker toward Domestication Program. *Insects*. 12: 205.
- Muhlison, W., Triwidodo, H., & Pudjianto. 2017. Hama Tanaman Belimbing Di Wilayah Kabupaten Blitar Jawa Timur. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 16(2): 175-183.
- Mani, M. 2022. Pests and Their Management in Minor Fruits. In: Mani, M. (eds) Trends in Horticultural Entomology. Springer, Singapore.
- Munir-Zaki, A.M., Low, V.L. & Azidah, A.A. 2025. First report of thrips (Thysanoptera) species breeding on starfruit (*Averrhoa carambola* L.) and potential implications to cryptic flower loss. *Arthropod-Plant Interactions* 19: 40.
- Musa, N.N., Hatta, S.K.M., Yaakop, S. 2024a. Diversity and assemblage patterns of ladybirds (Coccinellidae) in different crop management practices in Peninsular Malaysia. *Arthropod Plant Interaction* 18: 723–740.
- Musa, N.N., M. Halim and S. Yaakop. 2024b. First insight on tritrophic interaction involving *Plukenetia volubilis* L., insects, and microbe as an early and crucial data for developing a pest management strategy. *Pakistan Journal of Agricultural Science*. 61:13-25.
- Mohammed, M.A., Aman Zuki, A., Yusof, S., Md. Zain, B.M. & Yaakop, S. 2017. Prevalence and evolutionary history of endosymbiont Wolbachia (Rickettsiales: Anaplasmataceae) in parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) associated with *Bactrocera* fruit flies (Diptera: Tephritidae) Infesting carambola, *Entomological Science*. 1-14.
- National Institute of Food and Agriculture. 2011. Crop Profile for Carambola in Florida. U.S. Department of Agriculture. Management of the Southern IPM Center, under Agreement No. 2011-51120-31171.

- Nur, E. F. 2017. *Keanekaragaman Hama Pada Tanaman Belimbing. Inventarisasi Hama Pada Tanaman Belimbing (Averrhoa carambola L.)*. Di PT Mekar Unggul Sari Cileungsi Jawa Barat.
- Shariff, S., Ibrahim, N., Md-Zain, B. M., Idris, A. B., Suhana, Y., Roff, M. N., & Yaakop, S. 2014. Multiplex PCR in determination of Opiinae parasitoids of fruit flies, *Bactrocera* sp., infesting star fruit and guava. *Journal of Insect Science*. 17(7): 1-14.
- Thangjam, R., Kadam, V. Ningthouhjam, K., Borah, R.K., Saikia, D.K., 2020. Diversity and Abundance of Predatory Coccinellid Beetle (Coleoptera: Coccinellidae) of King Chillo (*Capsicum chinense* Jacq.) in Assam, India. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 8(5): 178-183.
- Wan Nur Asiah, W.M.A., Syari, J., Nur Azura, A., Mohamad Shukri, T.S., Samsudin, S. A., & Puan, C.L. 2021. foraging activities of stingless bees, *Geniotrigona thoracica* and *Heterotrigona itama* (Apidae: Meliponini) in relation to wet and dry seasons in Selangor, Malaysia *Serangga*. 26(4): 152-160.
- Yuliadhi, K.A., Susila, I. W., Supartha, I. W., Sultan, A. Yudha, K. W. I., Utama, I. W. E. K., Wiradana, P. A. 2022. Interaction of parasitoids associated with fruit flies attacking star fruit (*Averrhoa carambolae*) in Denpasar City, Bali Province, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 980(1), 012051.
- Suhana, Y., Othman, N.W., Mohamad Dzomir, A.Z., Mohammed, M.A., Aman-Zuki, A. & Yaakop, S. 2024. New Insight into Nucleotide Changes on Irradiated *Bactrocera dorsalis* (Hendel), A Pest of Horticultural Importance. *Tropical Life Sciences Research*. 35(2): 289–307.

Perincian Akustik Larva dan Serangga Kumbang Tanduk *Oryctes rhinoceros*

Aida Nabilah Muhammad Hishamudin & Johari Jalinas*

Makmal Entomologi Gunaan, Pusat Sistemtatik Serangga, Jabatan Sains Biologi dan Bioteknologi, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor, Malaysia

* E-mel pengarang koresponden: johari_j@ukm.edu.my

Abstrak: Kumbang tanduk, *Oryctes rhinoceros*, merupakan serangga perosak utama pokok kelapa (*Cocos nucifera*) yang boleh menyebabkan kerugian ekonomi besar. Serangan berlaku pada pucuk muda dan hanya dapat dikesan apabila infestasi telah parah. Kajian ini menggunakan kaedah pengesanan akustik untuk mengenal pasti kehadiran awal *O. rhinoceros* dan mengurangkan risiko kerosakan tanaman. Sampel larva dan dewasa dikumpul dari Pendang, Kedah, dan rakaman bunyi dilakukan dalam bilik tertutup menggunakan perisian Raven Pro 1.6. Objektif kajian adalah mengenal pasti serta membandingkan ciri-ciri temporal dan spektral bunyi yang dihasilkan semasa pergerakan. Parameter temporal termasuk purata tempoh impuls, bilangan impuls, dan kadar aktiviti impuls. Hasil menunjukkan dewasa menghasilkan impuls lebih panjang (0.0098 ± 0.0027 ms) berbanding larva (0.0076 ± 0.0024 ms) dengan perbezaan signifikan ($P < 0.05$). Purata bilangan impuls dan kadar aktiviti impuls dewasa juga lebih tinggi, namun tiada perbezaan signifikan ($P > 0.05$). Analisis spektral menunjukkan dewasa menghasilkan frekuensi dominan dan julat frekuensi lebih tinggi, tetapi juga tanpa perbezaan signifikan. Kajian ini membuktikan kaedah akustik berkesan untuk pengesanan awal *O. rhinoceros*, membolehkan langkah kawalan diambil sebelum kerosakan menjadi kritikal.

Kata kunci: analisis isyarat, ciri temporal dan spektral, *Oryctes rhinoceros*, pengesanan akustik, perosak kelapa

Abstract: The rhinoceros beetle, *Oryctes rhinoceros*, is a major pest of coconut trees (*Cocos nucifera*) that can cause significant economic losses. Attacks occur on young shoots and can only be detected once the infestation has become severe. This study employed acoustic detection methods to identify the early presence of *O. rhinoceros* and reduce the risk of crop damage. Larval and adult samples were collected from Pendang, Kedah, and sound recordings were conducted in a closed room using Raven Pro 1.6 software. The objective of the study was to identify and compare the temporal and spectral characteristics of sounds produced during movement. Temporal parameters included average impulse duration, number of impulses, and impulse activity rate. Results showed that adults produced longer impulses (0.0098 ± 0.0027 ms) compared to larvae (0.0076 ± 0.0024 ms), with a significant difference ($P < 0.05$). The average number of impulses and impulse activity rate of adults were also higher, though not significantly different ($P > 0.05$). Spectral analysis indicated that adults generated higher dominant frequencies and frequency ranges, but these differences were not significant. This study demonstrates that acoustic methods are effective for early detection of *O. rhinoceros*, enabling control measures to be implemented before damage becomes critical.

Keywords: signal analysis, temporal and spectral feature, *Oryctes rhinoceros*, acoustic detection, coconut pest

1. Introduction

Kumbang tanduk atau nama saintifiknya, *Oryctes rhinoceros*, merupakan sejenis serangga perosak utama bagi pokok kelapa. Kumbang tanduk tergolong dalam order Coleoptera dan famili Scarabidae, subfamili Dynastinae. Ianya juga turut dikenali sebagai kumbang badak dan juga kumbang tanduk kelapa berikutan aktiviti kebiasaannya yang menyerang dan membiak pada pokok kelapa, *Cocos nucifera* (Zaki 2008). Kumbang tanduk, *O. rhinoceros* boleh dijumpai di kawasan- kawasan tropika di seluruh dunia terutamanya di Asia; Malaysia, Myanmar, Filipina, Thailand dan India, selain boleh dijumpai di Afrika, Guam dan Hawaii (Hara 2014).

Oryctes rhinoceros merupakan serangga perosak yang paling merosakkan pokok kelapa dan kelapa sawit, dan ia turut menyerang pokok kurma (*Phoenix dactylifera*), sago (*Cycas revoluta*), sirih (*Piper betle*), pokok rafia (*Raphia*) serta pisang (*Musa*), epal gula (*Annona*), pandan (*Pandanus*) dan beberapa tumbuhan hiasan (Shelomi et al. 2019). *Oryctes rhinoceros* merupakan spesies tempatan dan biasanya ditemui di kawasan tropikal dan subtropika asia tenggara seperti Malaysia. Namun, disebabkan sifat *Oryctes rhinoceros* yang invasif, tersenarai di dalam pangkalan data Spesies Invasif Global (Shelomi et al. 2019; Reil et al. 2016). Serangan *O. rhinoceros* ke atas pokok kelapa dan kelapa sawit boleh menyebabkan pertumbuhan pokok terbantut, kematian pokok dan menyediakan medium untuk serangan serangga perosak yang lain seperti serangga kumbang merah palma, *Rhynchophorus ferrugineus*

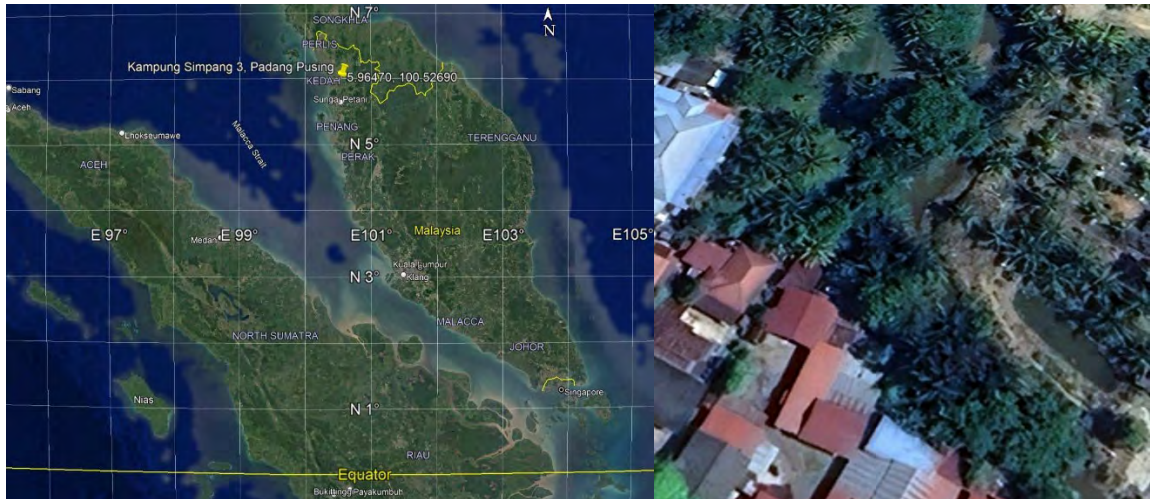
Dalam kajian lepas, para pengkaji cuba berbagai-bagai cara untuk mengawal kesan infestasi *O. rhinoceros*. Penanaman semula pokok tanpa pembakaran adalah salah satu usaha yang dilakukan sebagai kawalan *O. rhinoceros* dan jangkitan *Ganoderma boninense* (Zaki 2008). Namun begitu, kajian selanjutnya yang dilakukan di kawasan penanaman semula pokok sawit tanpa pembakaran menunjukkan peningkatan serangan *O. rhinoceros* (Abidin et al. 2014). Selain itu, kaedah Program Pengurusan Perosak Bersepadu (IPM) juga dijalankan di mana kesemua kaedah pengawalan yang sesuai akan dikumpulkan diteliti bagi serangan serangga perosak dapat dikawal dengan menggunakan kaedah pengawalan biologi, kimia dan fizikal (Zaki 2008). Antara contoh pengawalan kimia adalah menggunakan perangkap feromon (etil 4-metiloktanoat, etil dehidrokrisantemumet). Kawalan biologi adalah di mana musuh semulajadi *O. rhinoceros* seperti pemangsa (*Scolia patricialis*, *Scolia procer*, *Catascopus fascialis*), parasit, virus (*Oryctes rhinoceros* nudivirus (OrNV), *Baculovirus*), bakteria dan juga fungi (*Metarhizium anisopliae*) (Bakeri et al. 2023, Moslim et al. 2011; Manjeri 2014; John & Kenneth 2020) telah digunakan untuk mengawal serangan *O. rhinoceros* daripada menjadi lebih teruk.

Pengesanan awal kehadiran serangga perosak seperti kumbang adalah penting. Beberapa kajian pengesanan larva kumbang telah dijalankan seperti spesies-spesies larva kumbang merah palma (Jalinas et al. 2019). Secara teorinya, setiap aktiviti fizikal *O. rhinoceros* seperti makan dan bergerak akan menghasilkan vibrasi atau getaran (isyarat akustik) sama seperti larva kumbang merah palma (Khudri et al 2021). Justeru, kajian ini dilakukan dengan merekodkan perincian akustik bunyi larva kumbang tanduk. Maklumat yang diperolehi dari kajian ini dapat digunakan sebagai kaedah pengesanan tempat pembiakan kumbang tanduk. Di samping itu, kajian ini dapat membantu pengesanan serangga perosak sasaran dengan lebih tepat kerana pokok kelapa mempunyai banyak serangga perosak (Jabatan Pertanian Malaysia 2007) seperti kumbang pemakan daun, *Brontispa longissima* dan kumbang merah palma, *Rhynchophorus ferrugineus* dan (Selvaraj & Jalinas 2024; Zakaria et al. 2024). Dengan ini, aktiviti yang dilakukan oleh kumbang tanduk boleh direkodkan berdasarkan frekuensi bunyi yang dihasilkan. Pemusnahan tempat pembiakan *O. rhinoceros* dalam usaha untuk mengawal populasi dan infestasi *O. rhinoceros* ke atas pokok kelapa juga boleh dijalankan. Oleh itu, kajian pengesanan *O. rhinoceros* secara akustik amat penting untuk dijalankan kerana berpotensi untuk mengesan kehadiran *O. rhinoceros* sebelum kerosakan yang lebih teruk terjadi ke atas pokok kelapa, *C. nucifera*. Hasil daripada kajian dijangka dapat memberikan maklumat tentang ciri-ciri serangan *O. rhinoceros* berdasarkan frekuensi akustik dan mengenalpasti perbezaan temporal dan spektral kumbang tanduk larva dan dewasa dan diharapkan dapat memberi inovatif kepada pengusaha tanaman

2. Kaedah Kajian

2.1 Lokasi Kajian

Kajian dilakukan di Kampung Simpang 3, Padang Pusing, Pendang, Kedah, Malaysia (Rajah 1) dan di sebuah bilik tertutup.



Rajah 1. Lokasi pensampelan serangga *O. rhinoceros* di tapak projek tanaman MATAG, di Kampung Simpang 3, Padang Pusing, Pendang, Kedah, Malaysia.

2.2 Kaedah Metodologi

2.2.1 Pensampelan Serangga

Pensampelan larva dan serangga dewasa *Oryctes rhinoceros* dijalankan di tapak projek Tanaman Kelapa MATAG, di Kampung Simpang 3, Padang Pusing, Pendang, Kedah, Malaysia (5.96470° U, 100.52690° T). Sampel *O. rhinoceros* larva peringkat kedua dan dewasa dikutip di tempat perangkap organik pengawalan kumbang tanduk . Sampel serangga dimasukkan ke dalam bekas yang mempunyai lubang udara untuk memastikan kumbang dewasa dan larva kekal hidup untuk aktiviti perakaman bunyi (Rajah 2 dan 3).



Rajah 2. Sampel larva peringkat ke-2 *Oryctes rhinoceros* yang diperolehi semasa pensampelan.



Rajah 3. Sampel *Oryctes rhinoceros* jantan (kanan) dan *Oryctes rhinoceros* betina (kiri) dewasa yang diperolehi semasa aktiviti pensampelan.

2.2.2 Perakaman Bunyi

Rakaman akustik kumbang dewasa dan larva direkodkan selama 60 hingga 180 saat di sebuah bilik tertutup, menggunakan modul sensor-preamplifier (model SP-1 L, Acoustic Emission Consulting, Inc., Sacramento, California, USA) yang disambungkan dengan pelek magnet kepada skru pandu gelombang isyarat. Isyarat tersebut dihantar daripada sensor module melalui amplifiler (AED-2010, Acoustic Emission Consulting, Inc., Sacramento, California, USA) ke perakam audio digital (model DR-05, Tascam, Montebello, California, USA) pada kadar digitasi 44.1 kHz (Mankin & Moore 2010). Semasa pengumpulan data, isyarat dipantau menggunakan fon kepala stereo bagi mengelakkan bacaan yang salah atau tempoh gangguan bunyi latar yang kuat. Langkah berjaga-jaga diambil untuk meminimumkan sentuhan wayar dan sensor dengan permukaan lain. Osilogram dan spectrogram daripada rakaman tersebut disaring menggunakan Raven Pro Software (Charif et al. 2010) bagi mengenal pasti selang masa yang bebas daripada bunyi gangguan dan mengandungi isyarat kumbang dewasa dan larva.

2.3 Analisis Ciri-Ciri Temporal dan Spektral

Osilogram dan spectrogram daripada rakaman tersebut disaring menggunakan perisian Raven Pro 1.6 (The Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York, United States of America) bagi mengenal pasti selang masa yang bebas daripada bunyi gangguan dan mengandungi isyarat kumbang dewasa dan larva. Isyarat aktiviti kumbang dan larva boleh dibezakan dengan mengenalpasti amplitud yang melebihi ambang bunyi latar belakang. Bunyi latar belakang boleh dilihat terutamanya antara 0 dan 1.5 kHz (Mankin and Moore 2010). Manakalafrekuensi larva kumbang dapat direkodkan serendah 1.9kHz dan boleh mencapai 12.5 kHz (Jalinas et al. 2015).

2.3.1 Pemboleh ubah yang diperhatikan

Osilogram dan spektogram akan diekstrak selama 10 saat. 10 saat terbaik yg mempunyai gangguan latar belakang paling sedikit berbanding pilihan 10 saat yang lain telah dipilih untuk dianalisa. Bagi analisis temporal, beberapa parameter akustik telah diperhatikan dan direkodkan sebanyak 10 kali. Parameter yang digunakan adalah purata tempoh impuls individu, unit masa dalam milisaat (ms), purata bilangan impuls dan purata kadar aktiviti impuls (impuls/s).

Parameter yang diperhatikan untuk analisis spektral adalah julat frekuensi (kHz) dan frekuensi dominan (kHz). Frekuensi dominan boleh dikenalpasti daripada puncak amplitud yang tertinggi dalam profil spektral yang dihasilkan oleh kumbang tanduk dalam satu impuls.

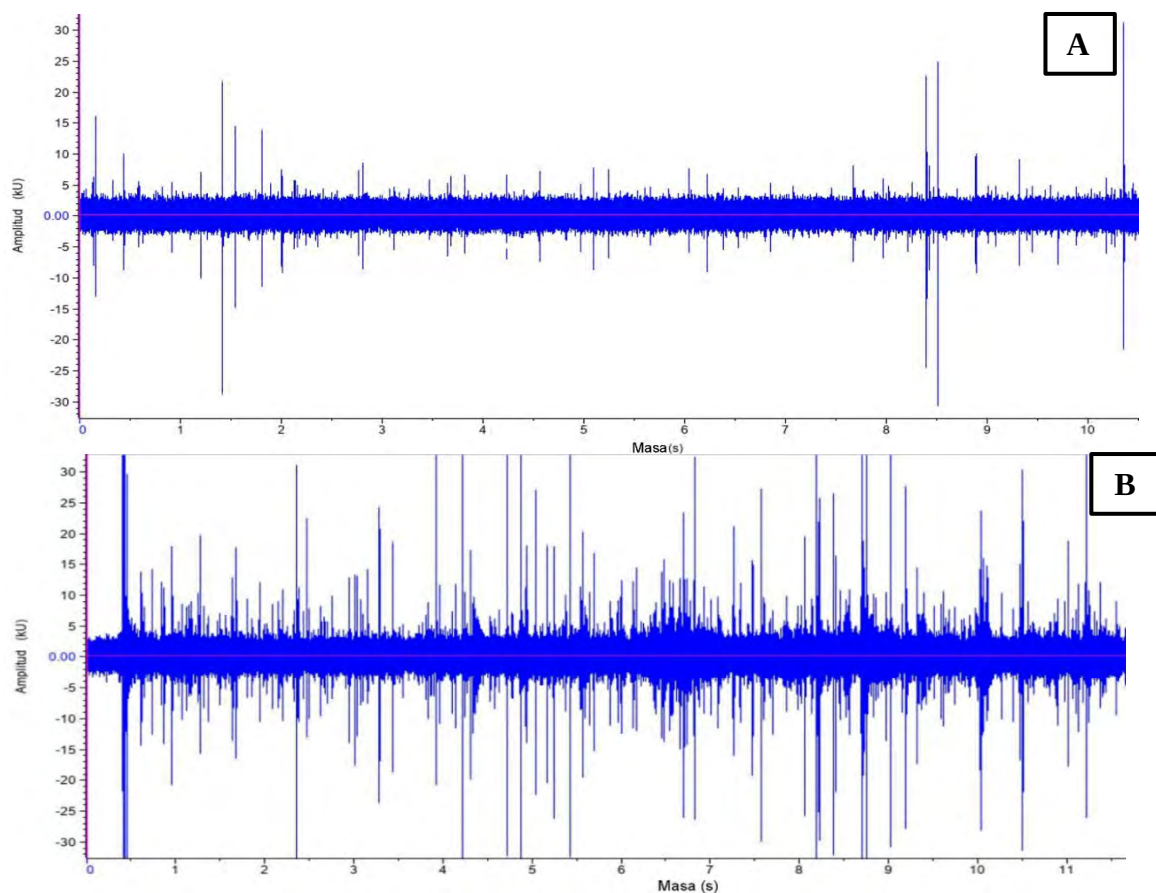
2.3.1 Analisis Data dan Statistik

Ujian-T Dua Sampel Tidak Bersandar digunakan untuk mencari perbezaan min di antara parameter signal akustik iaitu i) purata tempoh impuls individu(ms), ii) purata bilangan impuls dan iii) purata kadar aktiviti impuls (impuls/s) yang dihasilkan oleh *O. rhinoceros* dewasa dan larva.

3. Hasil dan Perbincangan

3.1 Pengenalpastian Akustik Aktiviti Pergerakan yang Dihasilkan Oleh *Oryctes rhinoceros*

Oryctes rhinoceros dewasa, larva dan pupanya boleh menghasilkan bunyi yang boleh didengari, dan boleh dibezakan dengan bunyi serangga yang lain (Mini & Prabhu 1990; Mankin & Moore 2010). Kajian lepas oleh Mankin et al. (2008a, 2008b) mencadangkan bahawa isyarat bunyi *O. rhinoceros* boleh dikesan dan dibezakan daripada bunyi bukan target di kawasan kajian berdasarkan ciri spektral dan temporal yang diperolehi daripada bunyi yang dihasilkannya (Mankin & Moore 2010; Jalinan et al. 2015) dan menjadi indikator kehadiran serangga perosak pada tanaman. Rakaman akustik bagi larva dan dewasa kumbang tanduk telah berjaya diperolehi menggunakan peranti akustik AED 2010. Isyarat akustik tersebut berpunca daripada pergerakan dan aktiviti pemakanan *O. rhinoceros*. Isyarat akustik ini boleh dianalisis dan dipaparkan dalam bentuk osilogram menggunakan perisian Raven Pro 1.6.



Rajah 4. Osilogram Perbandingan impuls akustik yang dihasilkan oleh *Oryctes rhinoceros*: A, Larva, B, Dewasa.

Pergerakan serangga dewasa dan larva *O. rhinoceros* menghasilkan kumpulan impuls yang berjalur lebar dan ringkas yang dipisahkan dengan selang waktu <25 ms, di mana impuls tersebut boleh dikenalpasti dengan menggunakan perisian khusus (Jalinan et al. 2015; Mankin et al. 2008a; Mankin & Moore 2010). Sepanjang proses perakam bunyi akustik, setiap aktiviti yang dilakukan oleh *O. rhinoceros* menghasilkan bunyi serta letusan impuls yang dapat diperhatikan pada osilogram. Impuls yang dihasilkan boleh didengar kerana ia mempunyai tempoh masa yang pendek dan

mempunyai frekuensi yang tinggi. Bunyi yang mempunyai lebih daripada 6 impuls dan kurang daripada 200 impuls dianggap sebagai indikator kehadiran serangga dalam kawasan pengesanan bunyi akustik dijalankan (Jalinas et al. 2015; Mankin et al. 2008a, 2009). Ciri-ciri ini mampu membezakan antara bunyi yang dihasilkan oleh *O. rhinoceros* (dewasa dan larva) dengan bunyi latar belakang seperti kajian yang dilakukan oleh Mankin dan Moore (2010). *O. rhinoceros* dewasa dan larva menghasilkan amplitud bunyi dan bilangan impuls yang berbeza pada osilogram. Berdasarkan pemerhatian, amplitud bunyi dan bilangan impuls yang dihasilkan oleh *O. rhinoceros* dewasa adalah lebih tinggi berbanding larva kumbang tanduk (Rajah 4.)

3.2 Purata Tempoh Impuls, Bilangan Impuls dan Kadar Aktiviti Impuls

Purata tempoh impuls individu bagi kumbang tanduk dewasa direkodkan sebanyak 0.0098 ± 0.0027 ms, manakala bagi larva ialah 0.0076 ± 0.0024 ms (Jadual 1). Perbezaan nilai min menunjukkan bahawa *O. rhinoceros* dewasa menghasilkan impuls dengan tempoh masa yang lebih panjang berbanding *O. rhinoceros* larva, menunjukkan perbezaan yang signifikan ($P < 0.05$). Berdasarkan Mankin & Moore (2010), isyarat yang dihasilkan oleh larva *O. rhinoceros* mempunyai amplitud yang lebih rendah berbanding dewasa, namun tiada perbezaan yang ketara di antara tempoh impuls yang dihasilkan oleh dua peringkat umur *O. rhinoceros* tersebut. Hasil kajian ini bercanggah dengan dapatan Mankin & Moore (2010) kerana hasil kajian ini jelas menunjukkan bahawa tempoh impuls yang dihasilkan oleh larva dan dewasa *O. rhinoceros* menunjukkan perbezaan yang amat ketara antara satu sama lain.

Bagi purata bilangan impuls dan purata kadar aktiviti impuls (impuls/s), hasil kajian menunjukkan tiada perbezaan yang signifikan di antara kedua-dua parameter bagi kumbang tanduk dewasa dan larva kumbang tanduk ($P > 0.05$). Purata kadar aktiviti impuls adalah purata bilangan impuls dibahagi dengan masa (impuls/s). Purata bilangan impuls bagi dewasa *O. rhinoceros* adalah 47.17 ± 10.53 manakala bagi larva *O. rhinoceros* adalah 30.67 ± 12.56 . Purata kadar aktiviti impuls bagi dewasa *O. rhinoceros* adalah 4.72 ± 1.05 impuls/s manakala bagi larva *O. rhinoceros* adalah 3.07 ± 1.26 impuls/s. Kedua-dua parameter ini bergantung kepada kekerapan aktiviti pergerakan yang dilakukan oleh *O. rhinoceros*. Semakin kerap aktiviti pergerakan dilakukan, maka kumbang semakin aktif. Daripada purata bilangan impuls dan purata kadar aktiviti impuls (impuls/s), dapat dilihat bahawa dewasa *O. rhinoceros* adalah lebih aktif berbanding larva *O. rhinoceros*.

Secara keseluruhannya, hasil kajian bagi ketiga-tiga parameter analisis temporal (purata tempoh impuls (ms), purata bilangan impuls dan purata kadar aktiviti impuls (impuls/s)) menunjukkan bahawa dewasa *O. rhinoceros* adalah lebih aktif dan tempoh aktiviti pergerakan dan pemakanan dewasa *O. rhinoceros* adalah lebih lama berbanding larva *O. rhinoceros*. Namun, nilai P bagi purata bilangan impuls dan purata kadar aktiviti (impuls/s) menyimpulkan bahawa umur *O. rhinoceros* (larva atau dewasa) tidak mempengaruhi bilangan impuls dan kadar aktiviti impuls yang dihasilkan.

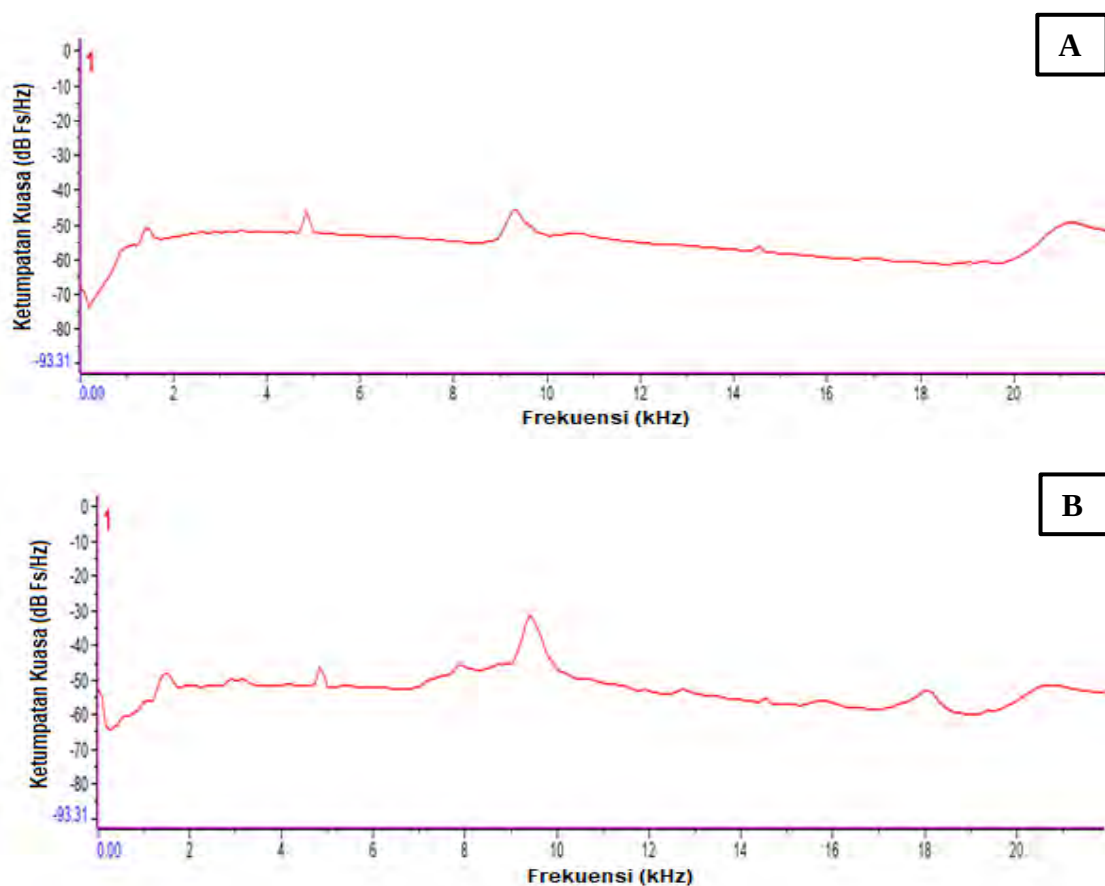
Jadual 1. Purata Tempoh Impuls, Bilangan Impuls dan Kadar Aktiviti Impuls.

Sampel	Purata Tempoh Impuls (ms)	Purata Bilangan Impuls	Purata Kadar Aktiviti Impuls (impuls/s)
<i>Oryctes rhinoceros</i> Larva	0.0076 ± 0.0024	30.67 ± 12.56	3.07 ± 1.26
<i>Oryctes rhinoceros</i> Dewasa	0.0098 ± 0.0027	47.17 ± 10.53	4.72 ± 1.05

Hasil analisis statistik dengan Ujian T Dua Sampel Tidak Bersandar menunjukkan bahawa terdapat perbezaan yang signifikan di antara purata tempoh impuls individu bagi *O. rhinoceros* dewasa dan purata tempoh impuls individu bagi *O. rhinoceros* larva ($P < 0.05$). Sebaliknya, perbezaan purata bilangan impuls yang dihasilkan oleh *O. rhinoceros* larva dan dewasa adalah tidak signifikan, dengan nilai $P > 0.05$. Begitu juga dengan purata kadar aktiviti di antara *O. rhinoceros* larva dan dewasa, tiada perbezaan signifikan dapat dikesan dengan nilai $P > 0.05$.

3.3 Analisis Ciri Spektral

Bagi analisis ciri spektral, terdapat tiga puncak amplitud bagi larva *O. rhinoceros*. Frekuensi dominan bagi *O. rhinoceros* larva terletak di antara julat frekuensi bermula 1 kHz hingga 10 kHz dengan julat. Bagi *O. rhinoceros* dewasa, terdapat empat puncak amplitud dengan frekuensi dominan terletak di antara julat 1 kHz – 18 kHz (Rajah 5 dan Jadual 2). Ujian T Dua Sampel Tidak Bersandar menunjukkan nilai 0.3096 dan menunjukkan bahawa tiada perbezaan yang signifikan di antara frekuensi dominan yang diperolehi daripada impulse yang dihasilkan oleh larva *O. rhinoceros* dan dewasa *O. rhinoceros* ($P > 0.05$). Dapatan ini adalah selari dengan hasil kajian Mankin & Moore (2010) di mana kumbang dewasa dan larva mempunyai ciri spektral yang sama dan mempunyai perbezaan yang amat sedikit. Walaupun perbezaan adalah tidak signifikan, namun dapat diperhatikan bahawa dewasa *O. rhinoceros* mempunyai frekuensi dominan yang lebih tinggi berbanding larva *O. rhinoceros*, dan ini membuktikan hasil kajian adalah selari dengan penemuan Mankin et al. (2009) dan Mankin & Moore (2010) iaitu amplitud bunyi yang dihasilkan oleh dewasa *O. rhinoceros* adalah lebih tinggi berbanding larva *O. rhinoceros*.



Rajah 5. Profil spektral bagi *Oryctes rhinoceros* larva (A) dan *Oryctes rhinoceros* dewasa (B).

Jadual 2. Frekuensi dominan bagi profil spektral larva dan dewasa *Oryctes rhinoceros*.

Sampel	Frekuensi dominan, kHz
<i>Oryctes rhinoceros</i> Larva	1.43
	4.83
	9.31
<i>Oryctes rhinoceros</i> Dewasa	1.50
	4.83
	9.43
	18.01

4. Kesimpulan

Kajian ini mendapati bahawa *O. rhinoceros* dewasa menghasilkan purata tempoh impuls yang lebih tinggi berbanding larva *O. rhinoceros*. Walaupun purata bilangan impuls dan purata kadar aktiviti *O. rhinoceros* dewasa didapati lebih tinggi berbanding *O. rhinoceros* larva, perbezaan tersebut adalah tidak signifikan secara statistik. Analisis ciri spektral juga menunjukkan perbezaan yang tidak signifikan di antara purata frekuensi dominan dewasa *O. rhinoceros* dan larva *O. rhinoceros*. Ini bermakna, bilangan impuls, kadar aktiviti dan frekuensi dominan yang diperolehi daripada impuls yang dihasilkan tidak dipengaruhi oleh umur *O. rhinoceros*. Kajian ini menunjukkan keberkesanan penggunaan kaedah pengesanan akustik dalam mengesan kehadiran tempat pembiakan kumbang tanduk yang aktif. Dengan maklumat, pengurusan kumbang tanduk di lapangan dapat dilaksanakan dengan lebih efektif.

Rujukan

- Abidin, C.M.R.Z., Ahmad, A.H., Salim, H. & Hamid N.H. 2014. Population dynamics of *Oryctes rhinoceros* in decomposing oil palm trunks in areas practising zero burning and partial burning. *Journal of Oil Palm Research* 26(2): 140-145
- Bakeri, S. A., Moslim, R., Ghani, I. A., Masri, M. M. M., & Jalinas, J. 2023. Population dynamics of adult *Oryctes rhinoceros* and its developmental stages with *Oryctes* Nudivirus infection in a zero burning replanting area. *International Journal of Tropical Insect Science*. 43: 591–600.
- Charif R.A, Waack, A.M. & Strickman. L.M. 2010. Raven Pro 1.4 user's manual. Cornell Laboratory of Ornithology. Ithaca. New York. USA.
- Hara AH. 2014. Coconut rhinoceros beetle, *Oryctes rhinoceros*: a major threat to Hawaii's coconut and palm trees. University of Hawaii at Manoa; Crop Production Services Seminar & Tradeshow.
- Jabatan Pertanian Malaysia. 2007. Pakej Teknologi Kelapa. hlm. 1-51.
- Jalinas, J., Güerri-Agulló, B., Dosunmu, O. G., Haseeb, M., Lopez-Llorca, L. V., & Mankin, R. W. 2019. Acoustic signal applications in detection and management of *Rhynchophorus* spp. in fruit-crops and ornamental palms. *Florida Entomologist* 102(3): 475-479.
- Jalinas, J., Güerri-Agulló, B., Mankin, R. W., Lopez-Follana, R., & Lopez-Llorca, L. V. 2015. Acoustic assessment of *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Clavicipitaceae) effects on *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Dryophthoridae) larval activity and mortality. *Journal of Economic Entomology* 108(2): 444-453.
- John, D. V., & Kenneth, A. 2020. A Report on The Coconut Rhinoceros Beetle and Its Menacing Life. *Uttar Pradesh Journal of Zoology* 41(17): 13-21.
- Khudri, N. A. F. R. S., Mohd Masri, M. M., Maidin, M. S. T., Kamarudin, N., Hussain, M. H., Abd Ghani, I., & Jalinas, J. 2021. Preliminary evaluation of acoustic sensors for early detection of

- red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* incidence on oil palm and coconut in Malaysia. International Journal of Tropical Insect Science 41(4):3287-3292
- Manjeri, G., Muhamad, R., & Tan, S. G. 2014. *Oryctes rhinoceros* beetles, an oil palm pest in Malaysia. Annual Research & Review in Biology 4(22): 3429-3439.
- Mankin, R. W., & Moore, A. 2010. Acoustic detection of *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae) and *Nasutitermes luzonicus* (Isoptera: Termitidae) in palm trees in urban Guam. Journal of Economic Entomology 103(4): 1135-1143.
- Mankin, R. W., Mizrach, A., Hetzroni, A., Levsky, S., Nakache, Y., & Soroker, V. 2008a. Temporal and spectral features of sounds of wood-boring beetle larvae: identifiable patterns of activity enable improved discrimination from background noise. Florida Entomologist 91(2): 241-248.
- Mankin, R. W., Smith, M. T., Tropp, J. M., Atkinson, E. B., & Jong, D. Y. 2008b. Detection of *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae) larvae in different host trees and tissues by automated analyses of sound impulse frequency and temporal patterns. Journal of Economic Entomology 101(3): 838-849.
- Md-Zain, B. M., Abdul-Latiff, M. A. B, Mohd-Ridwan, A. R. & Najmuddin, M. F. 2022. Primat Semenanjung Malaysia. Jabatan Perhilitan Semenanjung Malaysia, Kuala Lumpur.
- Md-Zain, B. M., Mohd-Ridwan, A. R., Tingga, R. C. T. & Gani, M. 2024. Pictorial Guide of Primates of Malaysia: Conservation Perspectives. Faculty of Science and Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Mini, A., & Prabhu, V. K. K. 1990. Stridulation in the coconut rhinoceros beetle *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae). Proceedings of the Indian Academy of Science (Animal Sciences) 99(6): 447-455.
- Moslim, R., Norman, K., & Wahid, M. B. 2011. Trap for the auto dissemination of *Metarhizium anisopliae* in the management of rhinoceros beetle, *Oryctes rhinoceros*. Journal of Oil Palm Research 23(1): 1011-1017.
- Reil, J. B., San Jose, M., & Rubinoff, D. 2016. Low variation in nuclear and mitochondrial DNA inhibits resolution of invasion pathways across the Pacific for the coconut Rhinoceros beetle (Scarabaeidae: *Oryctes rhinoceros*). Proceedings of the Hawaiian Entomological Society 48:57-69.
- Selvaraj, G., & Jalinas, J. 2024. Acoustic Characteristics of Coconut Leaf Beetle, *Brontispa longissima* (Coleoptera: Chrysomelidae). Jurnal Proteksi Tanaman (Journal of Plant Protection), 8(2), 99–108. <https://doi.org/10.25077/jpt.8.2.99-108.2024>
- Shelomi, M., Lin, S. S., & Liu, L. Y. 2019. Transcriptome and microbiome of coconut rhinoceros beetle (*Oryctes rhinoceros*) larvae. BMC genomics 20(1): 1-13.
- Zakaria A, Rafie, M.B.S.A., Hussain, M.H., Jalinas, J., and Ghani, I.A. 2024. Effectiveness of several insecticides on red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* on coconut palm. Serangga, 29(2):189-199.
- Zaki, W. 2008. Life stages, source of infestation and control of rhinoceros beetle *Oryctes rhinoceros* (L.) (Coleoptera: Scarabaeidae) in a newly replanted oil palm plantation. Sarjana Muda. Universiti Sains Malaysia.

Kepelbagaian dan Komposisi Komuniti Serangga dalam Ekosistem Tanaman Lemon di Kompleks Rumah Tumbuhan UKM

Nor Aishah Hasnoladie¹ & Izfa Riza Hazmi^{1,2*}

¹*Jabatan Sains Biologi dan Bioteknologi, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia,
43600 Bangi, Selangor, Malaysia*

²*Pusat Sistemik Serangga, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi,
Selangor, Malaysia*

** E-mel penulis koresponden: izfahazmi@ukm.edu.my*

Abstrak: Kajian ini dijalankan bagi menilai kepelbagaian dan komposisi komuniti serangga pada tanaman lemon di Kompleks Rumah Tumbuhan, Universiti Kebangsaan Malaysia. Sebanyak 2,845 individu serangga telah direkodkan, merangkumi lapan order dan 49 famili, dengan Hymenoptera (56%) merupakan kumpulan paling dominan diikuti oleh Diptera (24%) dan Hemiptera (9%). Nilai indeks kepelbagaian Shannon-Wiener ($H' = 3.262$), kesamarataan ($E' = 0.2417$) dan kekayaan Margalef ($R' = 13.45$) menunjukkan bahawa komuniti serangga di kawasan ini mempunyai kepelbagaian yang tinggi dan seimbang. Analisis dendrogram pula mengelompokkan famili serangga kepada empat kumpulan utama berdasarkan fungsi ekologi, iaitu pemangsa, fitofagus, pengurai, parasitoid dan pendebunga. Secara keseluruhannya, kajian ini membuktikan bahawa kawasan tanaman lemon di UKM mempunyai komuniti serangga yang pelbagai dan stabil, mencerminkan keseimbangan ekologi yang baik. Keterbatasan kajian ini ialah tempoh pensampelan yang singkat, tumpuan pada satu plot, dan analisis sehingga peringkat famili sahaja. Kajian akan datang disyorkan untuk melibatkan pensampelan jangka panjang, beberapa plot dengan habitat berbeza, serta analisis hingga peringkat spesies bagi mendapatkan gambaran komuniti serangga yang lebih menyeluruh.

Kata kunci: Kepelbagaian, dendrogram, tanaman lemon, UKM, komuniti serangga

Abstract: This study was conducted to assess the diversity and composition of the insect community associated with lemon plants at the Greenhouse Complex, Universiti Kebangsaan Malaysia. A total of 2,845 insect individuals were recorded, representing eight orders and 49 families, with Hymenoptera (56%) being the most dominant group, followed by Diptera (24%) and Hemiptera (9%). The Shannon-Wiener diversity index ($H' = 3.262$), evenness index ($E' = 0.2417$), and Margalef richness index ($R' = 13.45$) revealed that the insect community in this area is highly diverse and relatively balanced. Cluster (dendrogram) analysis grouped the insect families into four main ecological functional groups, namely predators, phytophagous species, decomposers, parasitoids, and pollinators. Overall, this study demonstrates that the lemon plantation area in UKM supports a diverse and stable insect community, reflecting a well-balanced ecological system. The limitations of this study include the short sampling period, focus on a single plot, and analysis restricted to the family level. Future studies are recommended to conduct long-term sampling across multiple plots with varying habitats and to extend analyses to the species level to obtain a more comprehensive understanding of the insect community structure and function.

Keywords: Diversity, dendrogram, lemon plant, UKM, insect community

1. Pengenalan

Tumbuhan dan serangga memainkan peranan yang sangat penting dalam keseimbangan ekosistem melalui pelbagai bentuk interaksi biotik yang melibatkan hubungan mutualistik dan antagonistik. Serangga berfungsi sebagai agen pendebunga utama kepada pelbagai spesies tumbuhan berbunga, manakala tumbuhan pula bertindak sebagai sumber makanan bagi serangga fitofagus yang memakan bahagian tumbuhan seperti daun, bunga dan buah (Cranston & Gullan, 2009). Interaksi ini penting kerana sekitar 35% daripada pengeluaran tanaman dunia bergantung kepada aktiviti pendebungaan oleh serangga, khususnya oleh lebah madu dan lebah tidak bersengat (Klein et al., 2007; Potts et al., 2016). Walaupun lebah dikenal pasti sebagai kumpulan pendebunga utama, kajian turut menunjukkan bahawa lalat (Diptera), rama-rama dan kupu-kupu (Lepidoptera) serta kumbang (Coleoptera) juga memainkan peranan penting dalam proses pendebungaan, sekaligus menyumbang kepada kestabilan ekosistem pertanian (Caruso et al., 2018).

Evolusi bersama (koevolusi) antara tumbuhan dan serangga telah membentuk pelbagai ciri morfologi serta fisiologi khusus pada bunga yang berfungsi menarik serangga tertentu bagi memaksimumkan kejayaan pendebungaan (Kremen et al., 2007; Ollerton, 2017). Pokok ara (*Ficus* spp.) dan tebuian ara (Agaonidae) menunjukkan mutualisme yang sangat terkhusus dan menjadi contoh jelas koevolusi tumbuhan–serangga. Setiap spesies *Ficus* biasanya di debungkan oleh spesies tebuian tertentu, mewujudkan pergantungan penuh antara kedua-duanya. Tebuian ara mempunyai adaptasi seperti ovipositor khas untuk memasuki syconium, manakala *Ficus* menghasilkan infloresen tertutup yang hanya boleh diakses oleh tebuannya. Hubungan khusus ini terbentuk melalui koevolusi jangka panjang, menghasilkan pengkhususan yang tinggi antara kedua-duanya (Weiblen, 2002; Cruaud et al., 2012).

Tanaman lemon (*Citrus limon*) daripada famili Rutaceae merupakan salah satu tanaman bernilai tinggi yang semakin mendapat perhatian di Malaysia kerana potensinya dalam bidang kulinari, perubatan dan industri pemprosesan makanan. Di Malaysia, penanaman lemon dianggarkan meliputi keluasan sekitar 200–240 hektar dan memerlukan keadaan cahaya matahari yang mencukupi serta suhu sederhana sejuk untuk pertumbuhan optimum (Noorazura, 2019). Namun begitu, faktor biotik seperti kehadiran serangga memainkan peranan penting dalam mempengaruhi kesuburan, pengeluaran bunga dan hasil tanaman lemon.

Kajian antarabangsa menunjukkan bahawa kepelbagaian komuniti serangga dalam kebun sitrus sangat dipengaruhi oleh sistem tanaman dan amalan pengurusan (Ali-Arous, 2024), malah teknik moden seperti metabarkod DNA telah digunakan untuk menilai kepelbagaian serangga dalam kebun sitrus di China (Liu et al., 2023). Walau bagaimanapun, di Malaysia, maklumat saintifik mengenai komposisi dan kepelbagaian serangga yang berasosiasi dengan tanaman lemon masih belum didokumentasikan. Kekurangan data asas ini menimbulkan jurang pengetahuan dalam memahami hubungan ekologi antara serangga dan tanaman *Citrus limon* di persekitaran tropika. Oleh itu, kajian ini dijalankan untuk mengenal pasti kepelbagaian dan komposisi spesies serangga yang terdapat pada tanaman lemon di Kompleks Rumah Tumbuhan, Universiti Kebangsaan Malaysia, serta menyediakan inventori awal bagi menyokong pengurusan agroekosistem dan pemuliharaan biodiversiti serangga tempatan.

2. Bahan dan Kaedah

2.1 Kawasan Kajian

Kajian ini dijalankan di plot ladang Teres P (2°55'15.0"U; 101°47'08.9"T), Kompleks Rumah Tumbuhan, Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), seluas kira-kira 1.56 km² dan menempatkan 45 pokok lemon (*Citrus limon* L.). Kawasan ini terletak berhampiran kawasan hutan dan habitat berair seperti kolam.

2.2 Kaedah Pensampelan

Pensampelan dijalankan pada bulan Julai dan Ogos 2020 melalui empat sesi pensampelan di kawasan tanaman lemon menggunakan pendekatan pensampelan aktif dan dua jenis perangkap pasif, iaitu Perangkap Pemintasan Terbang (FIT) dan Perangkap Dulang Kuning. Pensampelan aktif menggunakan jaring sauk dilaksanakan pada dua waktu puncak aktiviti serangga, iaitu pada sebelah

pagi (9.00–12.00) dan sebelah petang (14.00–16.00), bagi memastikan liputan optimum terhadap variasi tingkah laku dan aktiviti diurnal serangga yang berinteraksi dengan tanaman lemon. FIT, yang dibina daripada botol 1.5 L telus cahaya dan diisi dengan larutan air sabun, digantung pada ketinggian 1–2 m dari paras tanah bagi memintas serangga terbang yang bergerak secara mendatar, khususnya spesies kecil dan kriptik yang sukar diperoleh melalui kaedah aktif. Penggunaan FIT turut mengurangkan bias pemerhati kerana ia berfungsi secara pasif dan berterusan tanpa pengendalian langsung oleh penyelidik. Perangkap Dulang Kuning pula diisi dengan air sabun dan ditempatkan secara rawak di bawah atau berhampiran pokok lemon untuk menarik serangga yang memberi respons terhadap rangsangan visual warna terang, termasuk pendebunga, serangga herbivor dan beberapa kumpulan perosak. Kaedah ini lebih berkesan untuk menangkap serangga yang bergerak di aras bawah kanopi atau berhampiran permukaan tanah. Sebanyak 15 unit FIT dan 15 unit dulang kuning dipasang bagi setiap sesi pensampelan, dengan tempoh pendedahan selama 72 jam dan kutipan spesimen dilakukan setiap 24 jam. Gabungan pensampelan aktif serta kedua-dua teknik perangkap pasif ini menyediakan liputan yang komprehensif merentas pelbagai *guild* serangga, sekali gus menghasilkan gambaran yang lebih holistik dan robust terhadap kelimpahan serta kepelbagaian komuniti serangga di kawasan tanaman lemon sepanjang tempoh kajian.

2.3 Kerja-kerja Makmal

Sampel serangga yang diperoleh daripada semua kaedah pensampelan dibawa ke makmal untuk proses pengasingan, pengecaman dan perlabelan. Dalam proses pengasingan, bendasing dibuang dan spesimen diasingkan mengikut order menggunakan dulang putih sebelum disimpan dalam botol sampel kecil. Pengecaman dilakukan hingga ke peringkat morfospesies atau spesies menggunakan mikroskop stereo dengan merujuk kepada kekunci pengenalan famili dan koleksi rujukan di Pusat Sistematik Serangga (CIS), UKM. Rujukan utama ialah kekunci spesies *Borror and DeLong's* (Triplehorn & Johnson, 2005). Selepas pengecaman, spesimen disimpan dalam botol kecil mengikut kumpulan morfospesies dan dilabel dengan maklumat tarikh, lokasi, dan jenis perangkap bagi tujuan dokumentasi dan rujukan lanjut.

2.4 Analisis Data

Analisis data dijalankan bagi menilai tahap kepelbagaian, kesamarataan dan kekayaan spesies serangga yang diperoleh daripada semua kaedah pensampelan. Nilai indeks kepelbagaian (H'), kesamarataan (E') dan kekayaan (R') dianalisis menggunakan perisian PAST 4.03 bagi menentukan struktur komuniti serangga di kawasan kajian. Selain itu, analisis pengelompokan dua hala turut dijalankan menggunakan perisian PCORD 6 bagi mengenal pasti corak hubungan dan pertindihan antara famili serangga yang direkodkan.

3. Hasil dan Perbincangan

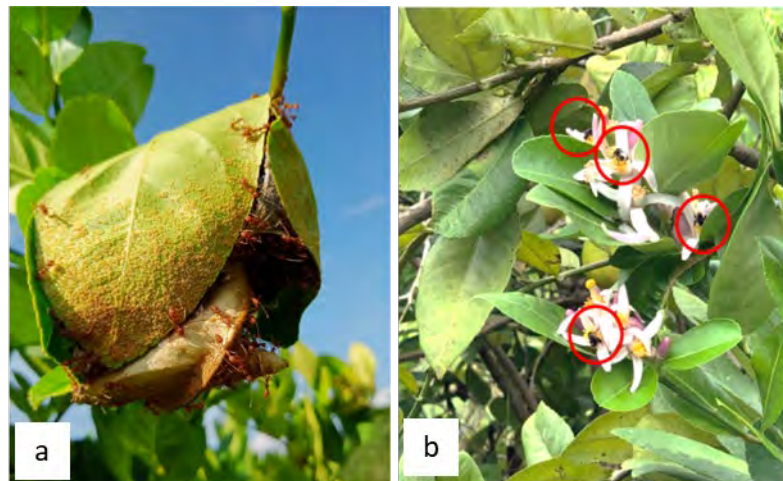
3.1 Komposisi Serangga di Tanaman Lemon

Kajian ini merekodkan lapan order serangga daripada tanaman lemon di Kompleks Rumah Tumbuhan UKM, dengan Hymenoptera paling dominan (56%), diikuti oleh Diptera (24%) dan Hemiptera (9%) (Jadual 1). Tahap kepelbagaian yang diperoleh adalah lebih tinggi berbanding kajian Mehmood (2015) di Pakistan, yang hanya mencatatkan tiga order, tetapi lebih rendah berbanding kajian Aidoo et al. (2016) di Ghana, yang merekodkan 13 order, 107 famili dan 387 spesies daripada 20,285 individu. Perbezaan ini kemungkinan besar disebabkan oleh variasi habitat, struktur persekitaran dan faktor iklim, selain perbezaan kaedah pensampelan. Persekitaran di UKM yang lebih heterogen dan penggunaan gabungan perangkap aktif serta pasif membolehkan liputan *guild* serangga yang lebih pelbagai, sementara kajian Aidoo et al. (2016) dijalankan dalam habitat tropika yang lebih kompleks dengan kepelbagaian biologi yang lebih tinggi dan dipengaruhi oleh zon agroekologi yang berbeza. Hasil ini menekankan kepentingan faktor persekitaran dan metodologi pengumpulan data dalam menentukan kelimpahan serta kepelbagaian serangga dalam agroekosistem sitrus.

Jadual 1. Data Serangga pada Peringkat Famili di Teres Tanaman Lemon, UKM.

Order	Famili	Bilangan Individu
Coleoptera	Coccinellidae	45
	Chrysomelidae	38
	Curculionidae	22
	Scarabaeidae	19
	Tenebrionidae	11
Diptera	Syrphidae	120
	Muscidae	80
	Calliphoridae	48
	Drosophilidae	25
	Tabanidae	14
Hemiptera	Aphididae	65
	Cicadellidae	52
	Pentatomidae	28
	Reduviidae	21
	Lygaeidae	17
Hymenoptera	Formicidae	320
	Apidae	260
	Braconidae	90
	Ichneumonidae	65
	Chalcididae	45
Lepidoptera	Nymphalidae	35
	Pieridae	28
	Noctuidae	22
	Geometridae	17
Neuroptera	Chrysopidae	18
Orthoptera	Acrididae	25
	Gryllidae	14
	Tettigoniidae	12
Odonata	Libellulidae	20
	Coenagrionidae	16
Mantodea	Mantidae	10
Blattodea	Blattidae	9

Order Hymenoptera mencatatkan bilangan tertinggi dengan 1,596 individu, melibatkan sembilan famili, dengan Formicidae sebagai famili paling dominan (1,304 individu). Subfamili Formicinae, khususnya spesies *Oecophylla smaragdina* (kerengga) (Rajah 1a), menunjukkan kehadiran tinggi dan memainkan peranan penting sebagai agen kawalan biologi terhadap serangga perosak seperti *koya*. Selain itu, famili Apidae (60 individu) turut dikenal pasti dengan dua spesies utama, iaitu *Trigona apicalis* (kelulut) (Rajah 1b) dan *Xylocopa astuans* (lebah kayu), yang berperanan sebagai pendebunga tanaman lemon. Lebah kelulut merupakan jenis lebah tidak bersengat dan dianggarkan lebih kurang 500 spesies telah diperihalkan di seluruh dunia. Menurut Jaapar et al. (2020) dan Ghazi et al. (2018), lebah kelulut memainkan peranan sebagai pendebunga tumbuhan dan telah digunakan sebagai pendebunga domestik dalam sektor agrikultur tempatan. Lebah kelulut mendatangi bunga tumbuhan untuk mendapatkan sumber makanan iaitu debunga dan nektar (Wilson & Caril 2015). Berdasarkan Rajah 1b, lebah kelulut telah didapati mendatangi bunga yang sedang berkembang pada tanaman lemon untuk mendapatkan debunga dan nektar. Ini secara tidak langsung memainkan peranan sebagai pendebunga bagi tumbuhan lemon ini.



Rajah 1. (a) Sarang kerangga (*Oecophylla smaragdina*) pada daun lemon, (b) Kelulut (dalam bulatan merah) pada bunga lemon yang berinteraksi sebagai pendebungaan.

Order Diptera merupakan kumpulan kedua tertinggi (683 individu) dengan Dolichopodidae sebagai famili dominan (368 individu). Menurut Pollet et al. (2004), famili Dolichopodidae adalah salah satu famili yang terbesar dalam order Diptera dengan lebih kurang 600 spesies telah diperihalkan. Spesies lalat Dolichopodidae biasanya bersaiz kecil. Dolichopodidae dewasa biasaya hidup pada kawasan yang berumput dan pokok renek. Ia boleh dijumpai dengan banyak di taman. Lalat dewasa dari Dolichopodidae ini bersifat pemangsa dengan memakan serangga yang lebih kecil seperti afid. Justeru, kehadiran lalat Dolichopodidae ini pada tumbuhan sitrus serta peranannya dalam interaksi dalam komuniti ialah sebagai pemangsa kepada afid (Cicero et al. 2017). Bagi Hemiptera (252 individu), lima famili dikenal pasti dengan Cicadellidae (199 individu) paling dominan. Satu spesies yang berjaya dikenal pasti iaitu *Bothrogonia addita* dari subfamili Cicadellinae (Rajah 2). *Bothrogonia addita* mempunyai taburan yang sangat meluas di benua Asia Tenggara. Lelompat daun ini merupakan penghisap cairan dari tumbuhan. Kehadiran spesies ini pada tanaman lemon di Kompleks Rumah Tumbuhan UKM adalah bagi tujuan memakan cairan yang terdapat pada batang dan bunga di tanaman lemon.



Rajah 2. *Bothrogonia addita*

Order Coleoptera dan Orthoptera masing-masing mencatatkan 123 individu. Dalam Coleoptera, Chrysomelidae merupakan famili tertinggi. Menurut Mohamedsaid (2004), kumbang Chrysomelidae adalah antara kumpulan kumbang yang paling banyak dan utama di Malaysia. Kehadirannya yang tinggi pada tanaman lemon di KRT adalah seperti dijangka. Kumbang Chrysomelidae merupakan kumbang jenis pemakan daun. Kumbang ini terutamanya adalah jenis polifagus, iaitu makan pelbagai jenis daun dan tumbuhan. Selain itu, satu lagi spesies yang berjaya dikenal pasti dalam order Coleoptera ialah *Epilachna indica* dari famili Coccinellidae (Rajah 3a). Bagi famili Scarabaeidae, antara spesies yang telah dikenal pasti ialah *Onthophagus* sp. dengan lima individu direkodkan (Rajah 3b). Spesies ini lebih dikenali sebagai kumbang najis yang merupakan kumpulan kumbang detritivor iaitu pengurai terutamanya dalam penguraian najis-najis haiwan (Arellano et al. 2015; Kazuhira et al. 1991; Nur Hasyimah et al. 2019). Berdasarkan pemerhatian di kawasan kajian, memang terdapat banyak najis lembu di sekitar tanaman lemon di KRT kerana

aktiviti pemeliharaan lembu di sekitar kawasan tersebut. Justeru, kehadiran *Onthophagus* sp. bukanlah utamanya tertarik kepada tanaman lemon, namun lebih kepada kehadiran sumber makanannya iaitu najis lembu yang terdapat di sekitar tanaman lemon.



Rajah 3. (a) *Epilachna indica* (b) *Onthophagus* sp.

Bagi Orthoptera, famili Tettigoniidae menunjukkan dominasi dan berpotensi bertindak sebagai perosak daun lemon. Order Lepidoptera merekodkan 34 individu daripada tiga famili, iaitu Nymphalidae, Erebididae, dan Pyralidae, yang memainkan peranan sebagai pemakan daun atau pemangsa kecil pada peringkat larva. Blattodea pula mencatatkan 32 individu dengan Blaberidae sebagai famili utama, berperanan sebagai detritivor yang membantu proses penguraian bahan organik. Akhir sekali, Odonata merupakan order paling rendah dengan hanya dua individu daripada famili Libellulidae, spesies *Orthetrum sabina*, yang berperanan sebagai pemangsa serangga kecil dan berkemungkinan hadir akibat kedekatan kawasan kajian dengan habitat akuatik.

Secara keseluruhannya, hasil kajian ini menunjukkan bahawa tanaman lemon di Kompleks Rumah Tumbuhan UKM menyokong komuniti serangga yang pelbagai dengan dominasi kumpulan pemangsa dan pendebunga, sekali gus menunjukkan kepentingan ekologi kawasan ini dalam mengekalkan keseimbangan ekosistem agro-biodiversiti.

3.2 Indeks Kepelbagaian dan Kekayaan

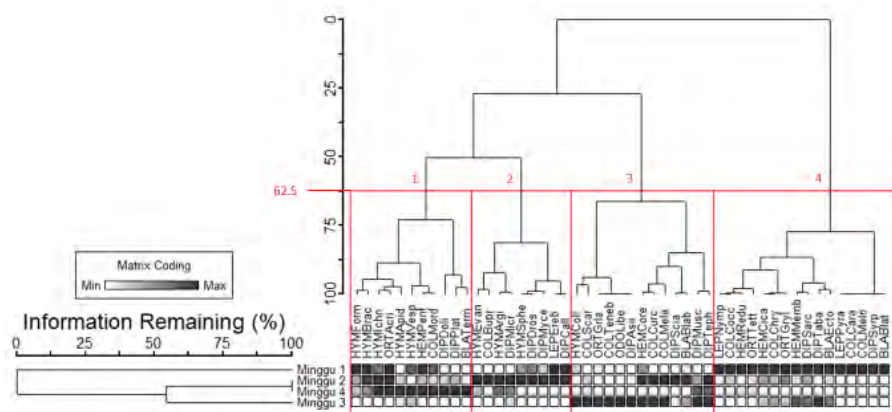
Analisis indeks kepelbagaian menggunakan perisian PAST 4.03 menunjukkan bahawa nilai indeks Shannon-Wiener (H'), indeks kesamarataan (E') dan indeks kekayaan Margalef (R') masing-masing ialah $H' = 3.262$, $E' = 0.2417$ dan $R' = 13.45$. Dalam konteks analisis ini, H' menggambarkan tahap kepelbagaian pada peringkat famili, manakala E' mencerminkan tahap kesamarataan taburan individu antara famili yang direkodkan. Nilai R' pula mewakili kekayaan famili, iaitu bilangan famili relatif terhadap jumlah individu yang dikumpulkan. Secara umum, julat nilai H' antara 1.5 hingga 3.5 lazimnya menunjukkan tahap kepelbagaian komuniti yang stabil (Ifo 2016), dan dapatan kajian ini yang berada dalam julat tersebut menunjukkan bahawa komuniti serangga di kawasan tanaman lemon mempunyai kepelbagaian famili yang baik serta struktur komuniti yang heterogen.

Perbandingan dengan kajian Aidoo et al. (2016) yang dijalankan di ladang citrus dalam zon hutan hujan separa luruh menunjukkan bahawa nilai indeks kepelbagaian ($H' = 0.6086$), indeks kesamarataan ($E' = 0.1671$) dan indeks kekayaan ($R' = 1.184$) adalah jauh lebih rendah berbanding nilai yang diperolehi dalam kajian ini. Perbezaan tersebut menunjukkan bahawa kawasan tanaman lemon di Kompleks Rumah Tumbuhan, UKM mempunyai kepelbagaian dan kekayaan famili serangga yang lebih tinggi. Faktor persekitaran setempat, khususnya kedudukannya yang berhampiran dengan kawasan hutan serta kewujudan vegetasi yang lebih pelbagai di persekitaran plot kajian, berkemungkinan menyediakan mikrohabitat dan sumber yang lebih sesuai bagi menyokong komuniti serangga yang lebih heterogen. Secara keseluruhannya, ciri habitat yang lebih kompleks dan kurang terurus berbanding ladang citrus konvensional mungkin menyumbang kepada nilai indeks kepelbagaian yang lebih tinggi dalam kajian ini.

3.3 Dendogram Pertindihan Famili

Analisis pengelompokan dua hala telah dijalankan menggunakan perisian PC-ORD bagi menilai hubungan dan pertindihan antara famili serangga yang direkodkan sepanjang tempoh pensampelan. Dendogram yang dihasilkan (Rajah 4) menunjukkan corak pengelompokan famili serangga

berdasarkan kekerapan kehadiran merentasi empat minggu pensampelan. Pemotongan dendrogram pada tahap 62.5% menghasilkan empat kelompok utama (Kelompok 1–4) yang mewakili kumpulan famili dengan ciri ekologi dan fungsi berbeza.



Rajah 4. Dendrogram pertindihan famili.

Kelompok 1 mengandungi 11 famili daripada enam order, termasuk Hymenoptera, Hemiptera, Orthoptera, Coleoptera, Diptera dan Blattodea. Majoriti famili dalam kelompok ini merupakan kumpulan pemangsa, antaranya Formicidae, Ichneumonidae, Vespidae, Pentatomidae, Mordellidae dan Dolichopodidae. Kelompok 2 terdiri daripada sembilan famili, antaranya Evaniidae, Argidae, Sphecidae, Buprestidae, Drosophilidae dan Erebiidae. Sebahagian besar famili dalam kelompok ini merupakan serangga pemakan kulat (mikofagus) seperti Drosophilidae, Erebiidae dan Mycetophilidae. Famili Argidae dan Micropezidae dikenal pasti sebagai fitofagus, manakala Evaniidae dan Sphecidae ialah parasitoid. Buprestidae bertindak sebagai penebuk kayu, dan Calliphoridae berfungsi sebagai pendebunga. Kelompok 3 merangkumi 12 famili, dengan lima daripadanya (seperti Scarabaeidae, Tenebrionidae, Melandryidae, Sciaridae dan Blaberidae) berperanan sebagai pengurai dan pemakan bahan reput. Famili Colletidae, Coreidae, Curculionoidea dan Gryllacrididae pula ialah fitofagus yang memakan bahagian tumbuhan seperti nektar dan debunga; Colletidae turut berfungsi sebagai pendebunga, manakala Coreidae dikenali sebagai perosak tumbuhan. Famili lain termasuk Muscidae (pemangsa dan hematofagus), Tephritidae (pemakan buah dan parasitoid), serta Libellulidae yang merupakan pemangsa nokturnal. Kelompok 4 mengandungi jumlah famili tertinggi iaitu 16 famili. Enam daripadanya merupakan fitofagus (Nymphalidae, Pyralidae, Chrysomelidae, Cicadellidae, Membracidae dan Tettigoniidae), tiga merupakan pemangsa (Reduviidae, Carabidae, Ichneumonidae), dan tiga lagi ialah pengurai (Ectobiidae, Sarcophagidae, Gryllidae). Coccinellidae ialah pemangsa, Meloidae bersifat parasit pada peringkat larva, manakala Syrphidae dan Blattidae merupakan omnivor. Beberapa famili seperti Blattidae dan Gryllidae turut dikenal pasti sebagai serangga perosak.

Secara keseluruhannya, analisis dendrogram menunjukkan bahawa famili serangga di kawasan tanaman lemon di Kompleks Rumah Tumbuhan, UKM dapat dibahagikan kepada beberapa kelompok berdasarkan peranan ekologi dan fungsi trofik masing-masing. Kepelbagaian ini mencerminkan keseimbangan ekosistem yang menyokong pelbagai interaksi antara spesies, termasuk pemangsa, perosak, pengurai dan pendebunga.

4. Kesimpulan

Secara keseluruhannya, kajian ini membuktikan bahawa kawasan tanaman lemon di Kompleks Rumah Tumbuhan, Universiti Kebangsaan Malaysia menyokong komuniti serangga yang pelbagai, stabil dan berfungsi secara ekologi. Sebanyak 2,845 individu serangga daripada lapan order dan 49 famili telah direkodkan, dengan Hymenoptera merupakan kumpulan yang paling dominan. Nilai indeks kepelbagaian Shannon-Wiener ($H' = 3.262$) mencerminkan tahap kepelbagaian spesies yang seimbang dan sihat dalam ekosistem tersebut. Hasil analisis dendrogram turut mengenal pasti empat kelompok utama famili serangga yang berbeza dari segi peranan trofik dan fungsi ekologi, merangkumi kumpulan pemangsa, fitofagus, pengurai, parasitoid dan pendebunga. Corak pengelompokan ini menunjukkan wujudnya interaksi ekologi yang kompleks dan saling bergantung

dalam komunitas serangga di kawasan tanaman lemon, yang sekali gus menandakan keseimbangan fungsi ekosistem agrobiologi setempat. Dari sudut hala tuju penyelidikan, dapatan ini memberikan asas penting untuk memahami struktur dan fungsi komunitas serangga dalam sistem tanaman buah-buahan tropika. Kajian lanjutan disarankan untuk meneliti perubahan komposisi dan kelimpahan serangga mengikut musim, serta mengkaji hubungan antara faktor mikroiklim dengan aktiviti dan kehadiran serangga. Selain itu, penyelidikan masa hadapan boleh memfokuskan kepada peranan kumpulan fungsian utama seperti pendebunga dan pemangsa semula jadi terhadap keseimbangan ekosistem dan hasil tanaman. Pendekatan berasaskan analisis molekul, metagenomik, serta pemantauan jangka panjang juga digalakkan bagi memperkukuh pemahaman tentang dinamika komunitas serangga dalam menghadapi perubahan iklim dan gangguan habitat.

Rujukan

- Aidoo, O.F., Kyerematen, R., Akotsen-M, C. & Afren-N, K. 2016. Abundance and Diversity of Insects Associated with Citrus Orchards in Two Different Agroecological Zones of Ghana. *American Journal of Experimental Agriculture* 13(2): 1-18.
- Ali-Arous, S., Labdaoui, M., Benelhadj-Djelloul, M., & Djelouah, K. 2024. *Influence of Different Citrus Cropping Systems on Insect Diversity in the Northern West of Algeria*. *Arab Journal of Plant Protection*, 42(4): 406-418.
- Arellano, L., Castillo-Guevara, C., Huerta, C., Germán-García, A. & Lara, C. 2015. Effect of Using Different Types of Animal Dung For Feeding and Nesting By The Dung Beetle *Onthophagus lecontei* (Coleoptera: Scarabaeinae). *Canadian Journal of Zoology* 93(5): 337–343.
- Caruso, C.M., Eisen, K., Martin, R.A. & Sletvold, N. 2018. A Meta-Analysis of The Agents of Selection on Floral Traits. *Evolution* 73(1).
- Cicero, J.M., Adair, M.M., Adair, R.C., Hunter, W.B., Avery, P.B. & Mizell, R.F. 2017. Predatory Behavior of Long-Legged Flies (Diptera: Dolichopodidae) and Their Potential Negative Effects on the Parasitoid Biological Control Agent of the Asian Citrus Psyllid (Hemiptera: Liviidae). *Florida Entomologist* 100(2): 485-487.
- Cranston, P.S. & Gullan, P.J. 2009. *Phylogeny of Insects*. In *Encyclopedia of Insects*. Academic Press: 780-793.
- Cruaud, A., Rønsted, N., Chantarasuwan, B., et al. 2012. An extreme case of plant–insect codiversification: Figs and fig-pollinating wasps. *Systematic Biology*, 61(6): 1029–1047.
- Ghazi, R., Zulqurnain, N.S. & Azmi, W.A. 2018. *Melittopalynological Studies of Stingless Bees from the East Coast of Peninsular Malaysia*. In: Vit P., Pedro S., Roubik D. (eds) *Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology*. Springer, Cham.
- Ifo, S.A., Moutsambote, J., Koubouana, F., Yoka, J., Ndzai, S.F., Bouetou-Kadilamio, L.N.O., Mampouya, H., Jourdain, C., Bocko, Y., Mantota, A.B., Mbemba, M., Mouanga-Sokath, D., Odende, R., Mondzali, L.R., Wenina, Y.E.M., Ouissika, B.C. & Joel, L.J. 2016. Tree Species Diversity, Richness, and Similarity in Intact and Degraded Forest in the Tropical Rainforest of the Congo Basin: Case of the Forest of Likouala in the Republic of Congo. *International Journal of Forestry Research*: 1-12.
- Jaapar, M.F., Halim, M., Mispan, M.R., Jajuli, R., Saranum, MM., Zainuddin, M.Y., Ghazi, R. & Ghani, I.A. 2016. The Diversity and Abundance of Stingless Bee (Hymenoptera: Meliponini) In Peninsular Malaysia. *Advances in Environmental Biology* 10(9).
- Kazuhira, Y., Hdeaki, K., Takuro, K. & Toshiharu, A. 1991. Nitrogen Mineralization and Microbial Populations in Cow Dung, Dung Balls and Underlying Soil Affected by Paracoprid Dung Beetles. *Soil Biology and Biochemistry* 23(7): 649-653.
- Klein, A.M., Vaissiere, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., & Tscharntke, T. 2007. Importance of Pollinators in Changing Landscapes For World Crops. *Proceedings of The Royal Society B: Biological Sciences* 274(1608): 303-313.
- Kremen, C., Williams, N.M., Aizen, M.A., Gemmill-Herren, B., LeBuhn, G., Minckley, R., Packer, L., Potts, S.G., Roulson, T., Steffan-Dewenter, I., Vazquez, D.P., Winfree, R., Adams, L., Crone, E.E., Greenleaf, S.S., Keitt, T.H., Klein, A., Regetz, J. & Ricketts, T.H. 2007. Pollination and Other Ecosystem Services Produced by Mobile Organisms: A Conceptual Framework for the Effects of Land-Use Change. *Ecology Letters* 10(4): 299–314.
- Liu, C., Ashfaq, M., Yin, Y., Zhu, Y., Wang, Z., Cheng, H., & Hebert, P. 2023. *Using DNA metabarcoding to assess insect diversity in citrus orchards*. *PeerJ*, 11: e15338.
- Mehmood, K., Hussain, S., Mustafa, N., Bodlah, I., & Ahmad, M. 2015. Insect pollinators visiting citrus (*Citrus limon*) and avocado (*Persea americana*) fruit trees. *Asian J Agri Biol* 3(1): 23-27.
- Mohamedsaid, M.S. 2004. *Catalogue Of The Malaysia Chrysomelidae (Insecta: Coleoptera)*. Bulgaria: Pensoft Publishers.
- Noorazura, A.R. 2019. Jurutera rancang tanam 10 000 pokok lemon. *Berita Harian Online*, 19 April. <https://www.bharian.com.my/berita/wilayah/2019/04/554770/jurutera-rancang-tanam-10000-pokok->

lemon.

- Nur Hasyimah, R., Nor Atikah, A.R., Abdullah Muhaimin, M.D. & Wan Nur Madihah, W.A.H. 2019. A Preliminary Study on the Diversity and Abundance of Onthophagus Species (Coleoptera: Scarabaeidae) in an Oil Palm Plantation, Peninsular Malaysia in Relation to Carbon Dioxide and Soil Organic Matter. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science* 42(1): 405-419.
- Ollerton, J. 2017. Pollinator diversity: distribution, ecological function, and conservation. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48: 353-376.
- Pollet, M.A.A., Brooks, S.E., Cumming, J.M. 2004. Catalog of the Dolichopodidae (Diptera) of America North of Mexico. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 283: 1–114.
- Potts, S. G., Imperatriz-Fonseca, V., Ngo, H. T., Aizen, M. A., Biesmeijer, J. C., Breeze, T. D., Dicks, L. V., Garibaldi, L. A., Hill, R., Settele, J. & Vanbergen, A. J. 2016. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, 540 (7632): 220-229.
- Weiblen, G. D. 2002. How to be a fig wasp. *Annual Review of Entomology*, 47: 299–330.
- Wilson, J.S. & Carril, O.M. 2015. *The Bees in Your Backyard: A Guide to North America's Bees*. New Jersey: Princeton University Press.

Fern Flora of Sekayu Forest Eco-Park, Terengganu, Malaysia

**Nur Akma Hidayatie¹, Nur Aliah^{1*}, Nur Amirah Dayana¹, Haja Maideen¹, Nik
Norhazrina¹ & Nurul Nadhirah²**

¹*Department of Biological Sciences and Biotechnology, Faculty of Science and Technology, Universiti
Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor, Malaysia*

²*Glama Lemi Biotechnology Research Centre, University of Malaya, 71650 Kuala Klewang, Negeri
Sembilan, Malaysia*

** E-mail of corresponding author: aliahkhaduwi@ukm.edu.my*

Abstract: The fern flora of Terengganu remains understudied compared to the more thoroughly explored central regions of Peninsular Malaysia. Sekayu Forest Eco-Park, situated in Kuala Berang, Terengganu, is one such underexplored lowland dipterocarp forest increasingly facing anthropogenic pressures that may threaten its biodiversity. This study aims to document the ferns taxa present in the area and assess species similarity with selected forest sites in Terengganu. Field sampling was conducted along designated trails, followed by specimen curation, taxonomic identification, and data analysis using the Jaccard Similarity Index. A total of 71 fern taxa, representing 35 genera and 21 families, were recorded, comprising six lycophyte taxa and 65 monilophyte taxa. The findings update the checklist of ferns flora in Terengganu and provide an important baseline for future ecological studies and conservation initiatives in the East Coast region of Peninsular Malaysia.

Keywords: Diversity, ferns, Lycophyta, Malaysia, Monilophyta

Abstrak: Flora paku pakis di negeri Terengganu masih kurang dikaji berbanding kawasan tengah Semenanjung Malaysia yang lebih diterokai secara meluas. Taman Eko-Rimba Sekayu di Kuala Berang, Terengganu, merupakan salah satu kawasan hutan dipterokarpa tanah rendah yang belum didokumentasikan sepenuhnya dan kini semakin terdedah kepada tekanan antropogenik yang boleh menjejaskan biodiversitinya. Kajian ini dijalankan bagi merekodkan takson paku pakis yang terdapat di kawasan tersebut serta menilai tahap kesamaan spesies dengan beberapa kawasan hutan terpilih di Terengganu. Pensampelan lapangan telah dilakukan di sepanjang denai yang ditetapkan, diikuti dengan kerja pengkurasian spesimen, pengecaman taksonomi dan analisis data menggunakan Indeks Kesamaan Jaccard. Sebanyak 71 takson paku pakis berjaya direkodkan, mewakili 35 genus dan 21 famili, termasuk enam takson Lycophyta dan 65 takson Monilophyta. Hasil kajian ini mengemas kini senarai semak flora paku pakis di Terengganu serta menyediakan asas penting bagi penyelidikan ekologi dan usaha pemuliharaan biodiversiti di Pantai Timur Semenanjung Malaysia.

Kata kunci: Kepelbagaian, paku pakis, Lycophyta, Malaysia, Monilophyta

1. Introduction

Ferns, with an estimated 12,000 species worldwide (Parris & Latiff 1997; Aliah et al. 2024), are among the oldest and most species-rich groups of vascular plants (Qian et al. 2022). They comprise two major evolutionary lineages: monilophytes and lycophytes. Although the term “pteridophytes” is paraphyletic, it is still widely used to collectively refer to these groups for convenience. Ferns are broadly distributed across the globe, and their diversity is more strongly correlated with climate than most other vascular plant groups (Qian 2009).

Malaysia, as one of the countries located in the equatorial climate zone, provides hot and humid conditions throughout the year that are highly favorable for ferns growth. The country harbors an impressive diversity of ferns, with about 1,165 species recorded to date, including 750 in Sabah and 615 in Sarawak (Parris & Latiff 1997). Despite a long history dating back to the colonial period (Saw & Chung 2015), floristic studies on ferns in Malaysia are still inadequate. For instance, Selangor and several other central states on the west coast of Peninsular Malaysia have received more systematic attention. Several studies on fern floristics have been conducted in Terengganu, although comprehensive documentation remains limited. Holttum’s (1968) work provides an early taxonomic foundation for Malaysian ferns, but specific studies on the ferns flora of Terengganu began much later, including Tam’s survey at Rimba Bandar Bukit Bauk in 1999 (Jaman et al. 2008) and subsequent research at Gunung Mandi Angin in 2006. Further studies were later undertaken at Rimba Bandar Bukit Bauk in 2008, Gunung Gagau in 2011 (Jaman et al. 2011) and Gunung Tebu in 2014 (Maideen et al. 2014). Despite these efforts, large areas of Terengganu remain underexplored and lack systematic ferns diversity assessments.

Sekayu Forest Eco-Park in Kuala Berang, Terengganu, lies within the Hulu Terengganu Forest Reserve and represents a biologically rich lowland dipterocarp forest characterized by waterfalls, and diverse vegetation, including the well-known Sekayu Waterfall. The park is a popular site for recreation and ecotourism (Badli-Sham et al. 2023), yet it is increasingly exposed to anthropogenic pressures such as recreation and ecotourism that may threaten its biodiversity (Keck et al. 2025; Mat Yunoh et al. 2025). Despite the long history of fern studies in Malaysia, the fern flora of Sekayu Forest has never been comprehensively documented. Therefore, this study was undertaken to record the diversity of ferns species in Sekayu Forest Eco-Park, providing a valuable reference for future research, documentation, and biodiversity conservation.

2. Materials and Methods

2.1 Study area

Sekayu Eco-Forest Park (4.96251° N, 102.95053° E) is located in Hulu Terengganu district, Terengganu, Peninsular Malaysia (Figure 1). The park lies within the Hulu Terengganu Tambahan Forest Reserve, approximately 16 km from Kuala Berang town and 56 km from Kuala Terengganu city. Covering a landscape dominated by lowland dipterocarp forest, the area is characterized by hilly terrain interspersed with tributaries and a river system, creating diverse microhabitats suitable for ferns colonization.

The park is best known for Sekayu Waterfall, a multi-tiered cascade with distinctive geomorphological features and high aesthetic value. The waterfall and its surrounding forest have been gazetted as the Ulu Sekayu Waterfall Geosite under the Kenyir Geopark development program, highlighting its ecological and geological significance (Abdul Syakur et al. 2023). Besides that, Sekayu Eco-Forest Park is managed as a recreational and ecotourism destination by the Terengganu State Forestry Department and receives daily visitors, supported by basic facilities and infrastructure.

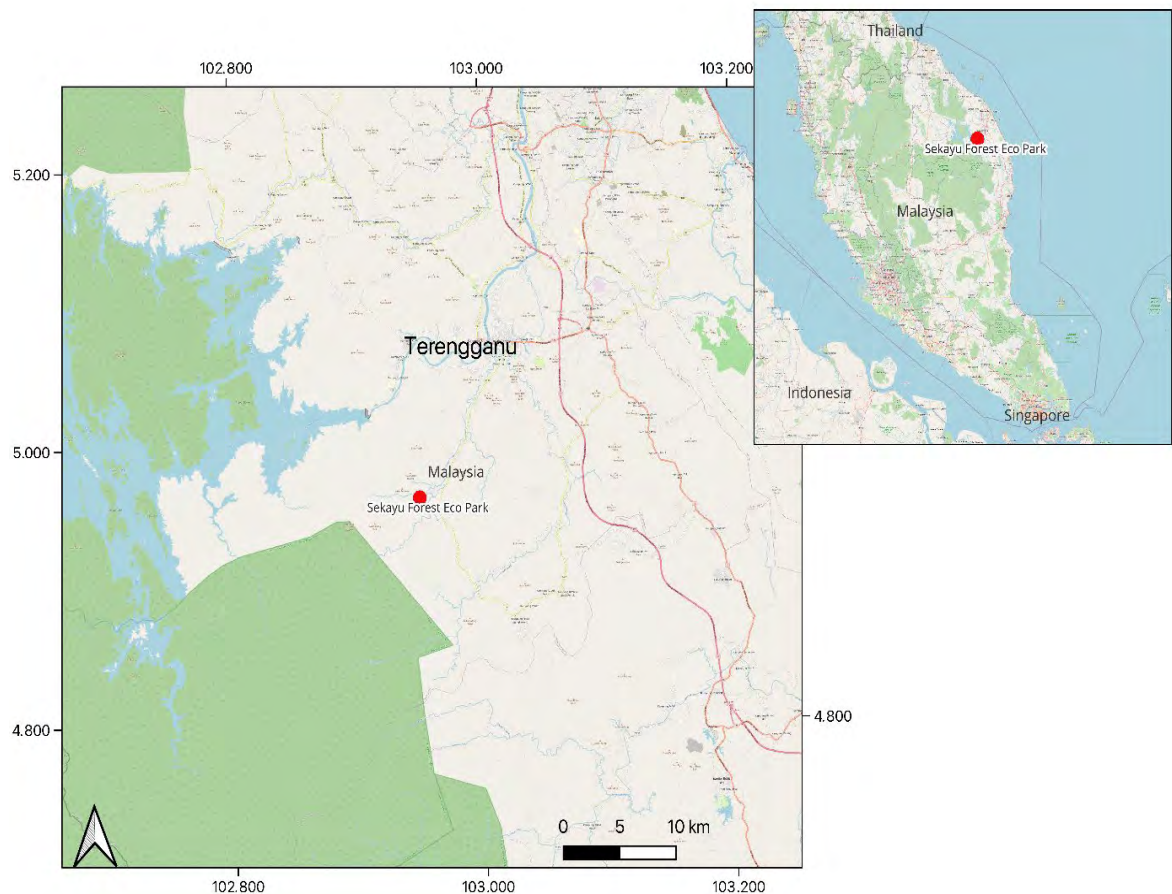


Figure 1. The location of study site: Sekayu Eco-Forest Park, Hulu Terengganu, Terengganu, Peninsular Malaysia.

2.2 *Methods*

2.2.1 *Specimen sampling, curation and identification*

All specimens were collected over five days during a scientific expedition in Sekayu Forest Eco-Park, Terengganu, from 7th October 2024 to 11th October 2024. Fern specimens were collected along designated trails within the study area. Sampling techniques and curation procedures followed Aliah et al. (2024). Specimens were collected opportunistically along the study trail using basic equipment such as secateurs, a machete, sample bags, labels, and rope. Each collected specimen was assigned a unique serial number starting with the code 'NAH-01,' referring to the collector, Nur Akma Hidayatie.

2.2.2 *Curation*

The curation process involved two main steps which are pressing and drying following Queensland Herbarium (2016). Collected specimens are first cleaned of soil residue and dirt to ensure their cleanliness before undergoing the next process. Next, the cleaned specimens were placed between sheets of newspaper and preserved using 70% ethanol to prevent wilting and for disinfection. This step is important for producing high-quality and long-lasting herbarium specimens. The specimens are then taken to the curation room of the Universiti Kebangsaan Malaysia Herbarium (UKMB) for pressing and drying. During pressing, each specimen is placed between layers of cardboard and wooden boards, then placed in a special oven at a temperature of 50°C to 60°C for two weeks. The main purpose of this drying process is to remove all moisture as it prevents fungal growth and protects the specimens during long-term storage. All these specimens were deposited at the Herbarium of Universiti Kebangsaan Malaysia (UKMB).

2.2.3 Identification

Identification of the collected specimens was carried out to species level. The main morphological features used to identify ferns species include the position and arrangement of the sori, the type of rhizome, and the characteristics of the scales on the rhizome and stipe. Specimens were identified using the taxonomic keys of Holttum (1968) and by referring to experts.

2.2.4 Data Analysis

Overall data for ferns species from Sekayu Forest Eco-Park were analyzed using the Jaccard Similarity Index to assess floristic similarity between the study site and selected forest sites. The analysis was carried out with the MultiVariate Statistical Package (MVSP). The Jaccard index ranges from 0 to 1, where a value of 0 indicates no shared species between sites, and values approaching 1 represent high similarity in species composition (Jongman et al. 1995).

3. Results and Discussion

A total of 71 fern taxa were recorded from Sekayu Forest Eco-Park, Kuala Berang, Terengganu, representing 35 genera across 21 families (Table 1). The survey also documented the presence of *Taenitis dimorpha*, an endemic species restricted to Peninsular Malaysia (Parris & Latiff 1997; Maideen et al. 2023). In tropical forests, terrestrial and epiphytic ferns are typically the dominant life forms (Akomolafe et al. 2022). In Sekayu, most recorded species were terrestrial, occurring either in shaded areas or on exposed forest floors. Several climbing ferns were also recorded, including *Lygodium digitatum*, *Lygodium flexuosum*, and *Stenochlaena palustris*. The hilly terrain of Sekayu Eco-Forest Park, together with the presence of rivers and waterfalls, strongly influences ferns diversity, as fern abundance is largely dependent on moisture availability for reproduction (Dixit 2000).

The Polypodiaceae family is the largest family recorded in Sekayu Eco-Forest Park with ten species representing 14.08% of all ferns taxa recorded in the study area. This is followed by Thelypteridaceae with seven species, representing 9.86%. Next are the Aspleniaceae and Cyatheaceae families, each with six species recorded. The smallest families are Davalliaceae, Dryopteridaceae, Gleicheniaceae, Marattiaceae, Nephrolepidaceae, and Sinopteridaceae, each represented by only one species. A significant finding of this study is the presence of *Taenitis dimorpha* (Figure 2), a ferns species endemic to Peninsular Malaysia as noted by Maideen et al. (2023, 2025). The tropical rainforest climate and high moisture levels associated with the waterfall create a suitable environment for *Taenitis dimorpha*.



Figure 2. Sori position of *Taenitis dimorpha*.

Based on the analysis conducted, only one species, *Asplenium nidus*, was found in all four compared areas. Meanwhile, the percentage of ferns species similarity between the study area and Gunung Mandi Angin was the highest (16.3%) compared to the other sites for example, the occurrence of *Angiopteris evecta*, *Lygodium flexuosum* and *Adiantum latifolium*. Geologically, both areas are generally dominated by granite formations and sandstone outcrops. Both sites feature pteridophyte flora characteristic of lowland dipterocarp forests and alluvial soils (Jaman et al. 2006).

Table 1. Summary of ferns species recorded from Sekayu Forest Eco-Park, Kuala Berang, Terengganu. (Arrangement follows Lycophyta first, followed by Monilophyta).

DIVISION/ FAMILIES	GENUS	SPECIES
LYCOPHYTA		
Lycopodiaceae	<i>Huperzia</i>	<i>Huperzia phlegmaria</i>
	<i>Lycopodium</i>	<i>Lycopodium clavatum</i>
Selaginellaceae	<i>Selaginella</i>	<i>Selaginella roxburghii</i>
		<i>Selaginella padangensis</i>
		<i>Selaginella plana</i>
		<i>Selaginella mayeri</i>
		<i>Selaginella stipulata</i>
MONILOPHYTA		
Adiantaceae	<i>Antrophyum</i>	<i>Antrophyum callifolium</i>
	<i>Haplopteris</i>	<i>Haplopteris elongata</i>
		<i>Haplopteris ensiformis</i>
		<i>Haplopteris angustifolia</i>
Aspleniaceae	<i>Asplenium</i>	<i>Asplenium batuense</i>
		<i>Asplenium glaucophyllum</i>
		<i>Asplenium nidus</i> var. <i>cordifolium</i>
		<i>Asplenium nidus</i> var. <i>musifolia</i>
		<i>Asplenium longissimum</i>
		<i>Asplenium scortechinii</i>
Blechnaceae	<i>Blechnum</i>	<i>Blechnum finlaysonianum</i>
	<i>Stenochlaena</i>	<i>Stenochlaena palustris</i>
Cyatheaceae	<i>Cyathea</i>	<i>Cyathea alternans</i>
		<i>Cyathea contaminans</i>
		<i>Cyathea gigantea</i>
		<i>Cyathea glabra</i>
		<i>Cyathea latebrosa</i>
		<i>Cyathea tripinnata</i>
Davalliaceae	<i>Davallia</i>	<i>Davallia denticulata</i>
Dryopteridaceae	<i>Dryopteris</i>	<i>Dryopteris sparsa</i>
Gleicheniaceae	<i>Dicranopteris</i>	<i>Dicranopteris linearis</i>
Hymenophyllaceae	<i>Hymenophyllum</i>	<i>Hymenophyllum blandum</i>
		<i>Hymenophyllum penangianum</i>
		<i>Hymenophyllum polyanthos</i>
	<i>Crepidomanes</i>	<i>Crepidomanes humile</i>
	<i>Trichomanes</i>	<i>Trichomanes sublimatum</i>
Lindsaeaceae	<i>Lindsaea</i>	<i>Lindsaea ensifolia</i>
		<i>Lindsaea malayensis</i>
		<i>Lindsaea scandens</i>
Loxogrammaceae	<i>Loxogramme</i>	<i>Loxogramme avenia</i>
		<i>Loxogramme subescutata</i>

Lygodiaceae	<i>Lygodium</i>	<i>Lygodium flexuosum</i> <i>Lygodium digitatum</i>
Marattiaceae	<i>Angiopteris</i>	<i>Angiopteris evecta</i>
Nephrolepidaceae	<i>Nephrolepis</i>	<i>Nephrolepis biserrata</i>
Polypodiaceae	<i>Drynaria</i>	<i>Drynaria sparsisora</i>
	<i>Goniophlebium</i>	<i>Goniophlebium percussum</i>
	<i>Lepisorus</i>	<i>Lepisorus longifolius</i>
	<i>Microsorium</i>	<i>Microsorium hancockii</i> <i>Microsorium membranaceum</i> <i>Microsorium pteropus</i>
	<i>Pyrrosia</i>	<i>Pyrrosia nummularifolia</i> <i>Pyrrosia piloselloides</i> <i>Pyrrosia angustata</i>
Pteridaceae	<i>Selliguea</i>	<i>Selliguea triloba</i>
	<i>Pteris</i>	<i>Pteris vittata</i>
	<i>Taenitis</i>	<i>Taenitis blechnoides</i> <i>Taenitis dimorpha</i>
Sinopteridaceae	<i>Syngamma</i>	<i>Syngamma quinata</i>
Tectariaceae	<i>Pityrogramma</i>	<i>Pityrogramma calomelanos</i>
	<i>Tectaria</i>	<i>Tectaria amplifolia</i> <i>Tectaria singaporiana</i> <i>Tectaria vasta</i>
	<i>Pleocnemia</i>	<i>Pleocnemia irregularis</i>
Thelypteridaceae	<i>Pronephrium</i>	<i>Pronephrium euryphyllum</i> <i>Pronephrium lineatum</i> <i>Pronephrium asperum</i>
	<i>Thelypteris</i>	<i>Thelypteris brunnea</i> <i>Thelypteris immersa</i> <i>Thelypteris oppositipinna</i> <i>Thelypteris motleyana</i>
Woodsiaceae	<i>Diplazium</i>	<i>Diplazium bantamense</i> <i>Diplazium cordifolium</i> <i>Diplazium pallidum</i>
21		35
		71

3.1 Similarity of ferns flora taxa between the study area and other sites in Terengganu

The similarity of ferns flora recorded at Sekayu Forest Eco-Park, Kuala Berang, Terengganu, was compared with previous studies conducted in Terengganu. These include surveys from Gunung Mandi Angin (Jaman et al. 2006), Rimba Bandar Bukit Bauk (Jaman et al. 2008), Gunung Gagau (Jaman et al. 2011), and Hutan Simpan Gunung Tebu (Maideen et al. 2014). The selection of comparison sites was based on forest type, geographical position, and habitat variation. Subsequently, the ferns flora of the study area and the comparison sites were analysed using the Jaccard Similarity Index via the Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean (UPGMA). The results are presented in Figure 3 and Table 2.



Figure 3. Dendrogram shows the similarity level of ferns species among Sekayu Forest Eco-Park, Kuala Berang; Rimba Bandar Bukit Bauk, Gunung Mandi Angin, Gunung Gagau and Hutan Simpan Gunung Tebu.

The Unweighted Pair-Group Method with Arithmetic Mean (UPGMA) was used to construct the dendrogram in Figure 3. The analysis revealed the value of species similarity among the four compared forests. Based on the dendrogram, three major clusters were identified: Hutan Simpan Gunung Tebu (Node 1); Gunung Mandi Angin (Node 2); and Gunung Gagau.

Table 2. Percentage similarity of ferns species between the study site and selected forest areas in Terengganu.

Comparison Site	Percentage Similarity (%)
Sekayu Forest Eco-Park– Rimba Bandar Bukit Bauk	13.0
Sekayu Forest Eco-Park– Gunung Mandi Angin	16.3
Sekayu Forest Eco-Park– Gunung Gagau	15.2
Sekayu Forest Eco-Park– Hutan Simpan Gunung Tebu	14.8

Based on Figure 3 and Table 2, the percentage similarity of ferns species between Sekayu Forest Eco-Park and Rimba Bandar Bukit Bauk, was the lowest, at 13.0%. One of the main factors contributing to this low similarity is the difference in forest types: Rimba Bandar Bukit Bauk represents a peat swamp forest (Jaman et al. 2008), whereas Sekayu Forest Eco-Park is a lowland dipterocarp forest. These distinct geographical and ecological settings result in variations in fern assemblages between the two sites. Several species were found exclusively in Rimba Bandar Bukit Bauk, including *Helminthostachys zeylanica*, *Lygodium circinnatum*, *Lygodium microphyllum*, *Sticherus truncatus*, and *Oleandra oblanceolata*. This pattern clearly highlights the compositional differences of ferns species between Sekayu Forest Eco-Park and Rimba Bandar Bukit Bauk. In conclusion, the variation in ferns species similarity percentages across Sekayu Forest Eco-Park, Rimba Bandar Bukit Bauk, Gunung Mandi Angin, Gunung Gagau, and Gunung Tebu Forest Reserve is largely influenced by factors such as geographical distance, heterogeneous topography, and contrasting habitat characteristics, all of which shape species diversity and distribution.

4. Conclusion

In conclusion, a total of 71 ferns and lycophyte taxa representing 35 genera and 21 families were recorded, which constitutes a relatively low diversity compared to the broader pteridophyte flora of Peninsular Malaysia. These taxa account for 10.97% of those recorded in Peninsular Malaysia and 6.09% of those in Malaysia, with Polypodiaceae being the largest family and *Taenitis dimorpha* the only endemic species encountered. Although the habitat at Sekayu Eco-Forest Park is generally favourable for fern growth because of its humid lowland dipterocarp forest and nearby waterfalls, human disturbance in some areas may have reduced the overall species richness. Parts of Sekayu Eco-Forest Park have been affected by anthropogenic activities, especially ecotourism and recreation, as it is one of the most frequented recreational sites in Terengganu. Moreover, species similarity was highest with Gunung Mandi Angin (16.3%) and lowest with Rimba Bandar Bukit Bauk (13.0%), reflecting differences in geography, forest type, and habitat characteristics. This study provides a checklist of fern flora in Sekayu Forest Eco-Park, Terengganu, an underexplored site experiencing anthropogenic pressures, and offers a valuable baseline for future biodiversity research and conservation efforts in Peninsular Malaysia.

References

- Abdul Syakur, E., Sa'at, N. H., Alwi, I. and Omar, K. 2023. Eco-tourism and sustainable development: Are community ready?. *Community Development* 54(5): 701-728.
- Akomolafe, G. F., Rosazlina, R., Rahmad, Z. and Oleyede, F. A. 2022. Patterns of ferns community assemblages in some Malaysian and Nigerian tropical forests. *Ecology and Evolution* 12: 1-13.
- Aliah, N., Maideen, H., Nadhirah, N. and Norhazrina, N. 2024. Sistematik famili Athyriaceae di Semenanjung Malaysia berdasarkan gabungan data anatomi dan molekul (Systematics of Athyriaceae family in Peninsular Malaysia based on combination anatomical and molecular data). *Sains Malaysiana* 53(10): 3263-3277.
- Badli-Sham, B. H., Syafiq, M. F., Azrul Aziz, M. S., Mohd Jalil, N. R., Awang, M. T., Othman, M. N. A., Abdul Aziz, A. A., Dzu, K., Abdol Wahab, N. A., Jamil, N. L., Ismail, M. A., Wan Azman, W. A. A., Wei, O. X., Jamaha, N. A. N., Aqmal-Naser, M., Fahmi-Ahmad, M., Shahirah-Ibrhaim, N., Rizal, S. A., Belabut, D. M., Onn, C. K., Huat Quah, E. S., Grismer, L. L. and Ahmad, A. B. 2023. A decade of amphibian studies (Animalia, Amphibia) at Sekayu lowland forest, Hulu Terengganu, Peninsular Malaysia. *ZooKeys* 1157: 43-49.
- Dixit, R. D. 2000. Conspectus of Pteridophytic diversity in India. *Indian Fern Journal* 17(1): 77-91.
- Holtum, R. E. 1968. *Ferns of Malaya*. 2nd Ed. Singapore: Government Printing Office.
- Jaman, R., Damanhuri, A. and Latiff, A. 2008. Pteridophyte flora of Rimba Bandar Bukit Bauk. In: Rashid, J.A., Hikmat, A. and Latiff, A. (eds.). *Rimba Bandar Bukit Bauk, Terengganu: Forest Management, Physical Environment and Biological Diversity*, pp. 147-150. Kuala Terengganu: Terengganu Forestry Department.
- Jaman, R., Latiff, A. and Maideen, H. 2011. Diversity of ferns and lycophytes of Gunung Gagau, Terengganu and its surrounding areas. In: Latiff, A., Ali, C. A. and Mohamad, K. R. (eds.). *Gunung Gagau, Terengganu: Transforming Natural Assets into an Ecotourism Product*, pp. 113-124. Kuala Lumpur: Academy of Sciences Malaysia.
- Jaman, R., Salam, R. and Damanhuri, A. 2006. Preliminary study on the pteridophyte flora of Pasir Raja Forest Reserve. In: Muda, A., Jaafar, N., Sabran, M. R., Som, J. M., Nizam, M. S. and Latiff, A. (eds.). *Gunung Mandi Angin, Terengganu: Pengurusan, Persekitaran Fizikal, Kepelbagaian Biologi dan Pelancongan Ekologi*, pp. 184-188. Kuala Lumpur: Forestry Department of Peninsular Malaysia.
- Jongman, R. H. G., ter Braak, C. J. F. and van Tongeren, O. F. R. 1995. *Data Analysis in Community and Landscape Ecology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Keck, F., Peller, T., Alther, R., Barouillet, C., Blackman, R., Capo, E., Chonova, T., Couton, M., Fehlinger, L., Kirshner, D., Knüsel, M., Muneret, L., Oester, R., Tapolczai, K., Zhang, H. and Altermatt, F. 2025. The global human impact on biodiversity. *Nature* 641: 395-400.
- Maideen, H., Mathealagan, M., Aliah, N., Nadhirah, N., Faqihah, N. 2025. Diversity of Ferns and Lycophytes of Sungai Chiling, Hulu Selangor, Malaysia. *Semarak International Journal of Agriculture, Forest and Fisheries* 4(1): 16-20.
- Maideen, H., Nadhirah, N., Aliah, N. and Norhazrina, N. 2023. The anatomy and morphology of *Taenitis* Willd. ex Sprengel (Monilophytes) in Peninsular Malaysia. *Sains Malaysiana* 52(5): 1333-1343.
- Maideen, H., Saad, A. R., Zainal, N. and Damanhuri, A. 2014. Flora paku pakis di Hutan Lipur Lata Belatan, Gunung Tebu, Besut, Terengganu. In Abd. Rahim, A. R., Abu Hassan, M. N., Nordin, A., Nor Hasliza, M. B. and Latiff, A. (eds.). *Hutan Simpan Gunung Tebu, Terengganu: Pengurusan Hutan, Persekitaran*

- Fizikal dan Kepelbagaian Biologi*, pp. 137-141. Kuala Terengganu: Jabatan Perhutanan Terengganu.
- Mat Yunoh, S. M., Mustafa, S. and Suhaimi, S. M. 2025. Jejak Flora di Taman Eko Rimba Sekayu. *Dewan Kosmik*, 29 Julai 2025: 1.
- Parris, B.S. and Latiff, A. 1997. Towards a pteridophyte flora of Malaysia: A provisional checklist of taxa. *Malayan Nature Journal* 50: 235-280.
- Qian, H. 2009. Beta diversity in relation to dispersal ability for vascular plants in North America. *Global Ecology and Biogeography* 18: 327-332.
- Qian, H., Zhang, J. and Jiang, M. C. 2022. Global patterns of fern species diversity: An evaluation of fern data in GBIF. *Plant Diversity* 44(2): 135-140.
- Queensland Herbarium. 2016. Collection and preserving plant specimens, a manual. 2nd Ed. Brisbane: Department of Science, Information Technology and Innovation.
- Saw, L. and Chung, R. 2015. The flora of Malaysia projects. *Rodriguésia* 66(4): 947-960.

Flora Paku Pakis di Gunung Nuang, Hutan Simpan Ulu Langat, Selangor

**Haja Maideen¹, Nur Amirah Dayana¹, Nur Aliah^{1*}, Nur Akma Hidayatie¹, Nik
Norhazrina¹ & Nurul Nadhirah²**

¹*Department of Biological Sciences and Biotechnology, Faculty of Science and Technology, Universiti
Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor, Malaysia*

²*Glami Lemi Biotechnology Research Centre, University of Malaya, 71650 Kuala Klewang, Negeri
Sembilan, Malaysia*

* E-mel pengarang koresponden: aliahkhaduwi@ukm.edu.my

Abstrak: Kajian ini dijalankan di Gunung Nuang, Hutan Simpan Ulu Langat, Selangor, dengan tujuan menyenaraikan kepelbagaian spesies paku pakis di kawasan kajian, serta menilai tahap kesamaan spesies dengan beberapa kawasan hutan lain. Pengumpulan spesimen dilakukan secara rawak di lapangan, diikuti kerja pengkurasian dan analisis data menggunakan Indeks Kesamaan Jaccard. Sejumlah 45 takson paku pakis telah direkodkan yang tergolong di dalamnya 29 genus dan 22 famili. Jumlah ini merangkumi 7% daripada 647 takson paku pakis yang telah direkodkan di Semenanjung Malaysia dan 3.9% daripada keseluruhan 1,165 takson di Malaysia. Famili terbesar ialah Tectariaceae dengan enam takson dalam dua genus dan diikuti Polypodiaceae dengan lima takson dalam empat genus. Beberapa famili lain seperti Blechnaceae, Dennstaedtiaceae, Dipteridaceae, Dryopteridaceae, Grammitidaceae, Hymenophyllaceae, Lindsaeaceae, Loxogrammaceae, Marattiaceae, dan Pteridaceae masing-masing diwakili oleh satu takson sahaja. Kajian ini turut merekodkan satu rekod baharu bagi Selangor, iaitu *Oreogrammitis universa*, dan mengenal pasti dua spesies endemik di Malaysia, iaitu *Oreogrammitis universa* dan *Diplazium kunstleri*.

Kata kunci: Paku pakis, Ulu Langat, Selangor

Abstract: This study was conducted at Gunung Nuang, Ulu Langat Forest Reserve, Selangor, with the aim of documenting the diversity of ferns species in the study area and evaluating species similarity with several other forest sites. Specimen collection was carried out randomly in the field, followed by curation work and data analysis using the Jaccard Similarity Index. A total of 45 taxa of ferns were recorded, comprising 29 genera and 22 families. This accounts for 7% of the 647 ferns taxa recorded in Peninsular Malaysia and 3.9% of the total 1,165 taxa in Malaysia. The largest family recorded was Tectariaceae with six taxa from two genera followed by Polypodiaceae with five taxa from four genera. Several other families, including Blechnaceae, Dennstaedtiaceae, Dipteridaceae, Dryopteridaceae, Grammitidaceae, Hymenophyllaceae, Lindsaeaceae, Loxogrammaceae, Marattiaceae, and Pteridaceae, were each represented by a single species. The study also recorded a new fern species for Selangor, *Oreogrammitis universa*, and identified two species endemics to Malaysia, namely *Oreogrammitis universa* and *Diplazium kunstleri*.

Keywords: Ferns, Ulu Langat, Selangor

1. Pengenalan

Paku pakis atau pteridofit merujuk kepada tumbuhan rendah bervaskular yang mempunyai dua fasa pertumbuhan yang hidup secara bebas iaitu fasa gametofit (haploid) dengan kitar hidup yang singkat dan fasa sporofit (diploid) yang lebih dominan dan hidup lebih lama. Paku pakis tergolong dalam tumbuhan kriptogam kerana ia merupakan tumbuhan yang tidak mempunyai bunga dan juga tidak menghasilkan biji, sebaliknya paku pakis membiak melalui spora (Nagajyothi et al. 2024). Spora dihasilkan oleh struktur khas yang dikenali sebagai sporangium terletak di bahagian bawah daun yang matang. Paku pakis mempunyai tisu vaskular (xilem dan floem) yang memudahkan pengangkutan air dan nutrien serta menyokong struktur tumbuhan yang lebih kompleks berbanding alga dan lumut (Schneider 2013).

Taburan paku pakis meliputi hampir seluruh dunia kecuali kawasan kutub yang sentiasa bersalji. Majoriti spesies paku pakis mempunyai taburan di kawasan tropika dan subtropika yang beriklim panas dan lembap sepanjang tahun. Kira-kira 65% daripada 12,000 spesies paku pakis di dunia tertumpu di kawasan tropika (Aliah et al. 2024). Malaysia, yang terletak di zon iklim khatulistiwa, mempunyai keadaan persekitaran yang sangat sesuai bagi pertumbuhan paku pakis. Rekod terkini melaporkan sebanyak 1,165 spesies paku pakis di Malaysia, iaitu 647 spesies di Semenanjung Malaysia, 750 di Sabah, dan 615 di Sarawak (Parris & Latiff 1997; Maideen et al. 2021).

Kajian ini telah dijalankan di Gunung Nuang, Hutan Simpan Ulu Langat, Selangor, yang merupakan kawasan hutan hujan tropika dengan kepelbagaian flora yang tinggi dan keadaan persekitaran yang lembap sepanjang tahun. Gunung Nuang juga merupakan antara kawasan tadahan air di Selangor (Maideen et al. 2005). Tujuan kajian adalah untuk merekodkan kepelbagaian spesies paku pakis dan menilai tahap kesamaan spesies paku pakis di kawasan hutan lain terpilih serta menambah baik data flora paku pakis di Selangor.

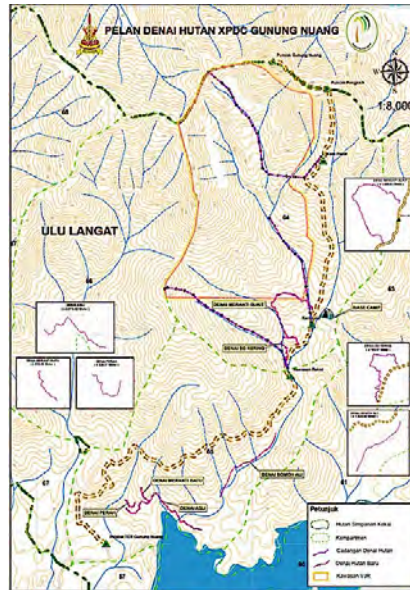
2. Bahan dan Kaedah

2.1 Kawasan Kajian

Lokasi kajian telah dijalankan di Gunung Nuang yang terletak di Hutan Simpan Ulu Langat, Selangor (Rajah 1). Gunung Nuang adalah salah satu puncak tertinggi di Selangor dengan ketinggian mencapai 1,493 meter di atas paras laut. Gunung Nuang juga merupakan sebahagian daripada banjaran utama di Semenanjung Malaysia iaitu Banjaran Titiwangsa yang terkenal dengan pelbagai habitat dan kepelbagaian biologi. Kawasan hutan ini dikelaskan sebagai hutan dipterokarpa bukit iaitu zon peralihan yang penting antara hutan dipterokarpa tanah rendah dan hutan gunung. Sebahagian besar kawasan di sekitar Gunung Nuang masih merupakan hutan simpan dara yang belum terjejas oleh aktiviti pembangunan berskala besar.

2.2 Kaedah Kajian

Kajian ini telah dijalankan semasa Ekspedisi Sainifik Kepelbagaian Biologi Hutan Gunung Nuang yang berlangsung pada 2 hingga 5 September 2024. Spesimen paku pakis dikutip secara rawak di sepanjang denai yang ditetapkan oleh pihak penganjur ekspedisi. Kaedah pensampelan dan kerja pengkurasian mengikut Aliah et al. (2024). Seterusnya, spesies paku pakis akan diidentifikasi mengikut kunci taksonomi Holttum (1968). Analisis data dilakukan dengan membandingkan tahap kesamaan paku pakis di Gunung Nuang dengan beberapa kawasan hutan lain seperti Gunung Jerai, Kedah, Gunung Belumut, Johor dan Gunung Chamah, Kelantan dengan menggunakan Indeks Kesamaan Jaccard (Jongman et al. 1995). Tahap kesamaan dilakukan bagi melihat corak taburan dan tahap kesamaan spesies flora paku pakis antara kawasan tengah dengan kawasan utara, selatan dan timur Semenanjung Malaysia.



Rajah 1. Peta lokasi kajian (Gunung Nuang, Hutan Simpan Ulu Langat, Selangor).

3. Hasil Kajian dan Perbincangan

3.1 Kepelbagaian Flora Paku Pakis

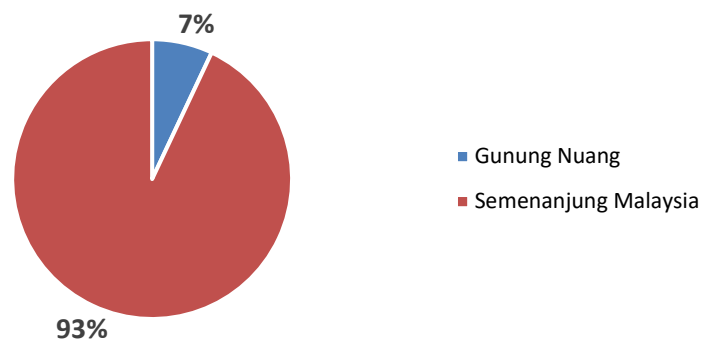
Sejumlah 45 takson paku pakis yang terdiri daripada empat takson divisi Lycophyta dan 41 takson divisi Monilophyta dalam 29 genus dan 22 famili telah berjaya direkodkan. Bilangan ini meliputi 7% daripada 647 takson paku pakis yang telah direkodkan di Semenanjung Malaysia dan 3.9% daripada jumlah keseluruhan paku pakis yang direkodkan di seluruh Malaysia (Rajah 2 dan 3).

Berdasarkan Jadual 1, famili terbesar yang direkodkan di Gunung Nuang ialah Tectariaceae dengan enam takson dalam dua genus diikuti oleh famili Polypodiaceae dengan lima takson dalam empat genus dan Selaginellaceae dengan empat takson dalam satu genus. Sementara, famili terkecil adalah seperti Blechnaceae, Dennstaedtiaceae, Dipteridaceae, Dryopteridaceae, Grammitidaceae, Hymenophyllaceae, Lindsaeaceae, Loxogrammaceae, Marattiaceae dan Pteridaceae masing masing diwakili oleh satu spesies sahaja.

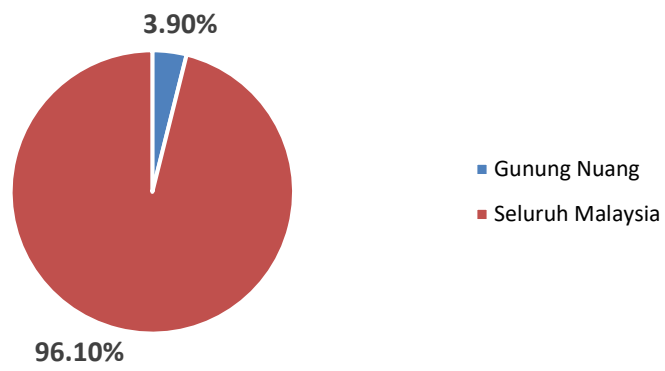
Taburan paku pakis di Gunung Nuang meliputi paku pakis terrestrial dan juga epifit. Paku pakis yang dikutip di kawasan kajian kebanyakannya tergolong dalam paku pakis terrestrial sama ada di kawasan yang terlindung ataupun di kawasan yang terbuka dan terdedah. Famili Tectariaceae merupakan famili paling banyak dijumpai bagi paku pakis terrestrial yang tumbuh di kawasan yang terlindung dan spesies paku pakis yang dijumpai. Selain itu, terdapat juga paku pakis epifit iaitu paku pakis yang tumbuh di atas pokok lain (Holttum 1968).

Kajian ini turut merekodkan dua spesies paku pakis endemik di Malaysia iaitu *Oreogrammitis universa* (Grammitidaceae) dan *Diplazium kunstleri* (Woodsiaceae) (Parris & Latiff 1997; Aliah et al. 2024). Menurut Parris (2010), *Oreogrammitis universa* (Rajah 4) hanya direkodkan di negeri Pulau Pinang, Perak, Kelantan, Pahang, Johor dan Sarawak. Sementara, *Diplazium kunstleri* (Rajah 5) pula hanya terdapat di negeri Pahang, Selangor dan Johor (Holttum 1968).

Selain itu, kajian ini juga telah berjaya merekodkan satu data baharu paku pakis di negeri Selangor iaitu *Oreogrammitis universa* (Grammitidaceae). Spesies ini pernah direkodkan di Pulau Pinang, Perak, Kelantan, Pahang dan Johor oleh Parris (2010). Spesies ini telah dijumpai di kawasan Puncak Gunung Nuang dan didapati tumbuh secara epifit pada batang pokok. Penemuan ini telah menambah kepada kepelbagaian spesies paku pakis di Selangor dan menunjukkan bahawa kawasan tinggi seperti Gunung Nuang masih menyimpan spesies yang jarang ditemui dan kurang direkodkan.



Rajah 2. Peratusan perbandingan jumlah takson paku pakis di lokasi kajian dengan jumlah spesies paku pakis di Semenanjung Malaysia.



Rajah 3. Peratusan perbandingan jumlah takson paku pakis di lokasi kajian dengan jumlah spesies paku pakis di Malaysia.

Jadual 1. Ringkasan komposisi takson paku pakis yang terdapat di Gunung Nuang, Hutan Simpan Ulu Langat, Selangor.

Divisi/ Famili	Bilangan Genus	Bilangan Takson
Lycophyta		
Selaginellaceae	1	4
Monilophyta		
Adiantaceae	3	3
Aspleniaceae	1	3
Blechnaceae	1	1
Cyatheaceae	1	2
Davalliaceae	1	2
Dennstaedtiaceae	1	1
Dipteridaceae	1	1
Dryopteridaceae	1	1
Gleicheniaceae	2	2
Grammitidaceae	1	1
Hymenophyllaceae	1	1
Lindsaeaceae	1	1
Loxogrammaceae	1	1
Marattiaceae	1	1
Nephrolepidaceae	1	2
Oleandraceae	1	2
Polypodiaceae	4	5
Pteridaceae	1	1
Tectariaceae	2	6
Thelypteridaceae	1	2
Woodsiaceae	1	2
Jumlah	29	45



Rajah 4. *Oreogrammitis universa* (Grammitidaceae).



Rajah 5. *Diplazium kunstleri* (Woodsiaceae).

3.2 Taburan Paku Pakis.

Paku pakis yang dikutip di Gunung Nuang banyak tergolong dalam paku pakis terrestrial sama ada di kawasan terlindung atau di kawasan yang terbuka dan terdedah. Famili Tectariaceae merupakan famili yang paling banyak dijumpai bagi paku pakis terrestrial yang tumbuh di kawasan yang terlindung dan spesies paku pakis yang dijumpai antaranya ialah *Tectaria singaporeana*, *Tectaria multicaudata*, *Tectaria variolosa*, *Tectaria grandidentata* dan juga *Tectaria maingayi*. Selain daripada paku pakis terrestrial, terdapat juga paku pakis epifit yang dijumpai di Gunung Nuang seperti *Asplenium nidus* (Rajah 6) dan *Loxogramme avenia*.



Rajah 6. *Asplenium nidus* (Aspleniaceae).

3.3 Perbandingan Tahap Kesamaan Takson Flora Paku Pakis Antara Kawasan Kajian dengan Beberapa Kawasan Lain di Semenanjung Malaysia.

Berdasarkan Jadual 2, peratus kesamaan spesies paku pakis antara Gunung Nuang dan Gunung Jerai (Jaman et al. 2006) menunjukkan tahap kesamaan yang paling tinggi iaitu sebanyak 19.2% walaupun jumlah spesies yang direkodkan di Gunung Jerai lebih banyak berbanding Gunung Nuang. Hal ini mungkin disebabkan oleh kesamaan dari segi ketinggian, struktur habitat dan juga iklim di kawasan tersebut yang menyokong pertumbuhan spesies paku pakis yang sama. Gunung Nuang dan Gunung Belumut, Johor (Maideen et al. 2012) telah mencatatkan tahap kesamaan yang sederhana iaitu sebanyak 12.6%. Peratusan terendah yang dicatatkan adalah antara kawasan Gunung Nuang dengan kawasan Gunung Chamah, Gua Musang, Kelantan (Mohamad Razuan 2012) iaitu sebanyak 9.4%. Perbezaan ini mungkin disebabkan oleh perbezaan dari segi altitud, jenis tanah, taburan hujan serta tahap gangguan persekitaran yang berbeza antara kawasan tengah dan timur Semenanjung Malaysia.

Jadual 2. Perbandingan peratusan tahap kesamaan spesies di tiga lokasi berbeza.

Lokasi kajian	Peratus Kesamaan (%)
Gunung Nuang, Selangor - Gunung Jerai, Kedah	19.2
Gunung Nuang, Selangor - Gunung Belumut, Johor	12.6
Gunung Nuang, Selangor - Gunung Chamah, Gua Musang, Kelantan	9.4

4. Kesimpulan

Secara keseluruhan, kajian ini telah merekodkan sebanyak 45 takson paku pakis dalam 29 genus dan 22 famili mewakili 7% daripada jumlah paku pakis di Semenanjung Malaysia dan 3.9% daripada keseluruhan takson di Malaysia. Famili terbesar yang ditemui ialah Tectariaceae (6 takson) diikuti Polypodiaceae (5 takson) dan Selaginellaceae (4 takson) manakala beberapa famili lain hanya diwakili oleh satu takson. Kajian ini juga berjaya merekodkan satu spesies baharu di Selangor iaitu *Oreogrammitis universa* (Grammitidaceae) serta mengesahkan dua spesies endemik Malaysia, *Oreogrammitis universa* dan *Diplazium kunstleri*. Perbandingan kepelbagaian menunjukkan tahap kesamaan spesies tertinggi adalah antara Gunung Nuang dan Gunung Jerai (19.2%) manakala perbandingan terendah adalah antara Gunung Nuang dan Gunung Chamah (9.4%).

Rujukan

- Aliah, N., Maideen, H., Nadhirah, N. dan Norhazrina, N. 2024. Sistematik famili Athyriaceae di Semenanjung Malaysia berdasarkan gabungan data anatomi dan molekul (Systematics of Athyriaceae family in Peninsular Malaysia based on combination anatomical and molecular data). *Sains Malaysiana* 53(10): 3263-3277.
- Holtum, R.E. 1968. *A Revised Flora of Malaya*. Jilid 2. Ed. Ke-2. Singapura: Government Printing Office.
- Jaman, R., Latiff, A., Abidin, L. Z., Theseira, G. W., Ayob, N., Faridah-Hanum, I. dan Maideen, H. 2006. Pteridophytes diversity of Gunung Jerai. Dlm. Ismail, S. M., Wan Ahmad, W. Y., Som, J. M., Muda, Y. & Latiff, A. (pnyt.). Hutan Simpan Gunung Jerai, Kedah: Pengurusan, Persekitaran Fizikal dan Kepelbagaian Biologi, hlm. 124-158. Kuala Lumpur: Jabatan Perhutanan Semenanjung Malaysia.
- Jongman, R. H. G., ter Braak, C. J. F dan van Tongeren, O. F. R. 1995. *Data Analysis in Community and Landscape Ecology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nagajyothi, G. N., Amreen, T., Kavana, G. B. dan Meghana, K. 2024. Review on fern: A fascinating foliage. *Asian Journal of Environment & Ecology* 23 (8): 97-118.
- Maideen, H., Aliah, N. dan Nadhirah, N. 2021. A new record of the fern genus *Cornopteris* (Athyriaceae) from Peninsular Malaysia. *American Fern Journal* 111(2): 63-67.
- Maideen, H., Damanhuri, R., Jaman, R. dan Lim, C. G. 2005. Kajian awal kepelbagaian flora paku pakis dan kerabatnya di Hutan Simpan Gunung Nuang. Dlm. Shukor, M. N., Sahibin, A. R., Shaharudin, M. I., Nik Mohd Shah, N. M., Jalil, M. S., Ujang, R. dan Latiff, A. (pnyt.). Gunung Nuang, Selangor: Persekitaran Fizikal dan Kepelbagaian Biologi, hlm. 113-124. Kuala Lumpur: Jabatan Perhutanan Semenanjung Malaysia.
- Maideen, H., Aziz, N. H., Damanhuri, A., Jaman, R., Go, R., Thanis, N. E., Mattan, M. dan Zainal, N. 2012. Flora Paku Pakis di Hutan Lipur Gunung Belumut, Johor dan kawasan sekitarnya. Dlm. Abd. Rahim, A. R., Mahmood, Y., Abu Hassan, M. N., Abdullah, M. dan Latiff, A. (pnyt.). Hutan Simpan Gunung Belumut, Johor: Pengurusan Hutan, Persekitaran Fizikal dan Kepelbagaian Biologi. Kuala Lumpur: Jabatan Perhutanan Semenanjung Malaysia.
- Mohamad Razuan, I. 2012. Flora Paku Pakis di Gunung Chamah, Gua Musang, Kelantan. Latihan Ilmiah Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia. Tidak diterbitkan.
- Parris, B. S. 2010. Grammitidaceae. Dlm. Parris, B. S., Kiew, R., Chung, R. C. K, Saw, L. G. dan Soepadmo, E. (pnyt.). *Flora of Peninsular Malaysia*, Ser 1: *Ferns and Lycophytes*, Jilid 1. hlm 131-206. Kepong: Forest Research Institute Malaysia.
- Parris, B. S. dan Latiff, A. 1997. Towards a pteridophyte flora of Malaysia: A provisional checklist of taxa. *Malayan Nature Journal* 50: 235-280.
- Schneider, H. 2013. Evolutionary morphology of ferns (monilophytes). *Annual Plant Reviews* 45: 115-140.

Nilai Taksonomi Ciri Anatomi dan Mikromorfologi Epidermis Daun Enam Spesies *Hoya* R.Br. terpilih di Semenanjung Malaysia

Noraini, T.¹, Ariesha Balqis, A. H.², Syazwani Basir¹ & Mohamad Ruzi Abdul
Rahman²

¹Jabatan Sains Biologi dan Bioteknologi, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia,
43600 Bangi, Selangor, Malaysia

²Kompleks Rumah Tumbuhan, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi,
Selangor

* E-mel pengarang koresponden: ntalip@ukm.edu.my

Abstrak: Kajian anatomi dan mikromorfologi epidermis daun memfokuskan kepada enam spesies *Hoya* R.Br. yang terpilih di Semenanjung Malaysia iaitu *H. beccarii* Rodda & Simonsson, *H. caudata* Hook.f., *H. lacunosa* Blume, *H. imperialis* Lindl., *H. elmeri* Merr., dan *H. flagellata* Kerr. Kajian ini dijalankan kerana masalah dalam pengecaman spesies apabila ciri morfologi daun hampir sama dan ciri pengecaman tambahan diperlukan. Objektif kajian ini ialah untuk mengenal pasti ciri umum, variasi dan diagnostik anatomi dan mikromorfologi epidermis daun yang boleh digunakan untuk pengecaman, pembezaan dan membina kekunci dikotomi pengecaman spesies *Hoya* yang dikaji. Kaedah kajian anatomi melibatkan pengawetan sampel dengan larutan AA, siatan epidermis daun, dan cerapan di bawah mikroskop cahaya. Kaedah kajian mikromorfologi daun melibatkan titik pengeringan kritikal, saduran emas dan cerapan permukaan epidermis dan abaksial daun di bawah mikroskop imbasan elektron. Ciri umum terdapat pada kehadiran dan taburan stoma dan corak dinding antiklin pada permukaan epidermis daun. Sebanyak 14 ciri variasi anatomi dan mikromorfologi daun dikenal pasti. Ini membuktikan bahawa ciri anatomi dan mikromorfologi daun mempunyai nilai taksonomi yang tinggi dan boleh digunakan untuk pembezaan dan pengecaman spesies *Hoya* yang dikaji.

Kata kunci: Apocynaceae, mikroskopik tumbuhan, sistematik, taksonomi

Abstract: The leaf epidermis anatomy and micromorphology study focused on six selected species of *Hoya* R.Br. from Peninsular Malaysia, namely *H. beccarii* Rodda & Simonsson, *H. caudata* Hook.f., *H. lacunosa* Blume, *H. imperialis* Lindl., *H. elmeri* Merr., and *H. flagellata* Kerr. Problems in species identification arise when leaf morphological characteristics are nearly identical, necessitating additional diagnostic features. This study aimed to identify the common features, variations, and diagnostic characteristics of leaf epidermis anatomy and micromorphology that can be used for identification, differentiation, and the construction of a dichotomous identification key. The anatomical methods involved sample preservation using AA solution, preparation of leaf epidermal peeling, and observation under a light microscope. The micromorphological study involved critical point drying, gold coating, and observation of the adaxial and abaxial leaf surfaces using a scanning electron microscope. Common characteristics observed in this study included the presence and distribution of stomata and the pattern of anticlinal walls on the leaf epidermis. A total of 14 anatomical and micromorphological variation characteristics were identified. Based on these findings, a dichotomous key was constructed. The results demonstrate that the anatomical and micromorphological characteristics of leaves possess high taxonomic value and can be effectively used for the differentiation and identification of the *Hoya* species studied.

Keywords: Apocynaceae, microscopic plants, systematics, taxonomy

1. Pendahuluan

Hoya R.Br ialah daripada famili Apocynaceae, subfamili Asclepiadoideae, dan tribus Marsdenieae. Famili Apocynaceae merupakan salah satu famili tumbuhan yang terkenal sebagai tumbuhan hiasan. Famili ini dijumpai di kawasan tropika, subtropika, dan kawasan iklim. Terdapat 415 genus dalam Apocynaceae yang terdiri daripada lima subfamili iaitu Rauvolfioideae, Apocynoideae, Periplocoideae, Secamonoideae dan Asclepiadoideae (Endress, Liede-Schumann & Meve 2014). *Hoya* merupakan genus yang kompleks dan mempunyai bilangan spesies yang besar dengan lebih 500 spesies telah diterbitkan (IPNI 2025).

Genus *Hoya* mempunyai pelbagai manfaat dan nilai ekonomi misalnya, berpotensi tinggi dalam industri wangian, bahan beraroma dan perisa. Ekstrak daunnya mempunyai nilai ubatan seperti mempunyai bahan anti-bakteria (Nurhidayah et al. 2019). Beberapa kajian juga merekodkan spesies daripada genus ini didapati dapat mengubati penyakit seperti reumatik, artritis dan radang usus (Rumaling et al. 2024). Terdapat juga spesies yang boleh digunakan untuk merawat penyakit kulit, parut, dan ketuat (Mollik et al. 2010). Buah *Hoya* juga telah digunakan untuk merawat sembelit (Rahman, Uddin & Wilcock 2007; Hossan et al. 2009). Ekstrak daun *H. ovalifolia* Wight & Arn. boleh diminum bagi merawat kesan gigitan ular (Dharmadasa et al. 2016).

Walaupun genus *Hoya* mempunyai pelbagai kegunaan terutama dalam industri landskap dan hortikultur kerana keunikan dan kecantikan bunganya, namun tetap berhadapan dengan ancaman kehilangan habitat disebabkan aktiviti pembalakan yang tidak terkawal (Jamilah & Dome 2020). Justeru, pelbagai usaha dan kajian perlu dilakukan bagi memastikan kelestarian spesies *Hoya*, terutamanya melalui bank gen pokok yang masih hidup.

Salah satu ciri pengecaman yang boleh digunakan ialah ciri anatomi daun. Ciri epidermis daun memberi maklumat penting dalam pengecaman spesies tumbuhan (Adedeji, Ajuwon & Babawale 2007). Ciri mikromorfologi seperti trikom, jenis stoma, liang stoma, indeks stoma dan sel subsidiari dilihat boleh dibezakan bagi tujuan pengecaman (Song, Yang & Choi 2020). Selain itu, stoma dan ciri sel epidermis digunakan sebagai data taksonomi sokongan bagi spesies dalam genus *Hoya* (Hakim, Dorly & Rahayu 2013).

2. Metodologi

2.1 Kerja lapangan dan pengutipan spesimen

Kajian ini melibatkan enam spesies *Hoya* iaitu *H. beccarii*, *H. caudata*, *H. imperialis*, *H. lacunosa*, *H. flagellata* dan *H. elmeri*. Sampel kajian diperolehi dari nurseri pengumpul spesies *Hoya* di Kangar, Perlis dan koleksi *Hoya* di Taman Botani, Malaysia.

2.2 Kaedah Kajian Anatomi Daun

Spesimen daun diawet dalam larutan penetap campuran asid asetik 30% dan etanol 70% (AA) dalam nisbah 1:3 dan dibiarkan selama 48 jam atau sehingga larutan tersebut meresap dalam seluruh sampel daun sebelum proses hirisan yang dijalankan. Teknik siatan epidermis dilakukan bagi cerapan ciri anatomi lapisan epidermis adaksial dan abaksial daun (Noraini, Mohamad Ruzi & Muhammad Amirul Aiman 2019). Terdapat dua teknik yang digunakan iaitu teknik kikisan dan teknik rendaman dalam larutan Jeffrey. Bagi teknik kikisan, bahagian epidermis abaksial dan adaksial dikikis dengan mengikis setiap lapisan epidermis abaksial dan adaksial untuk mendapatkan bahagian masing-masing. Seterusnya, lapisan yang dikikis nipis dicuci dengan air suling dan diwarnakan menggunakan Safranin dan Alcian blue. Selepas proses pewarnaan dijalankan, proses penyahairan dilakukan. Bahan yang diperolehi dilekapkan dengan pelekap Euparal. Teknik siatan epidermis dilakukan dengan rendaman larutan Jeffrey (10% HNO₃ + 10% asid dikromat, 1:1) bagi spesimen yang terlalu tebal dan sukar untuk dikikis dengan nipis. Selepas itu, spesimen dipotong dan direndam dalam larutan Jeffrey sehingga bahagian dinding epidermis terpisah daripada bahagian tisu mesofil. Setelah mendapat hasil, proses pewarnaan, penyahairan, dan perlekapan dilakukan. Slaid pula dikeringkan dalam ketuhar pada suhu 60°C selama beberapa minggu untuk mendapatkan slaid tetap.

Indeks stoma dikira dengan menggunakan formula seperti berikut:

$$SI = S/(S+E) \times 100$$

Petunjuk: SI = indeks stoma, S = bilangan stoma per unit luas (mm²) dan E = bilangan sel epidermis per unit luas (mm²).

Slaid tetap yang diperoleh diperhatikan di bawah mikroskop cahaya (Olympus BX43) yang disambungkan dengan kamera (Olympus DP72) dan (Canon EOS 700D). Perisian Analysis DoCu (2024) dan EOS Utility 2 (2010) digunakan untuk merakam imej dengan pembesaran 4x, 10x, 20x, dan 40x. Imej-imej tersebut disimpan dalam format fail imej bertag (TIFF). Huraian ciri anatomi dilakukan mengikut Noraini Talip, Mohamad Ruzi dan Muhammad Amirul Aiman (2019).

2.3 Kaedah Kajian Mikromorfologi Daun

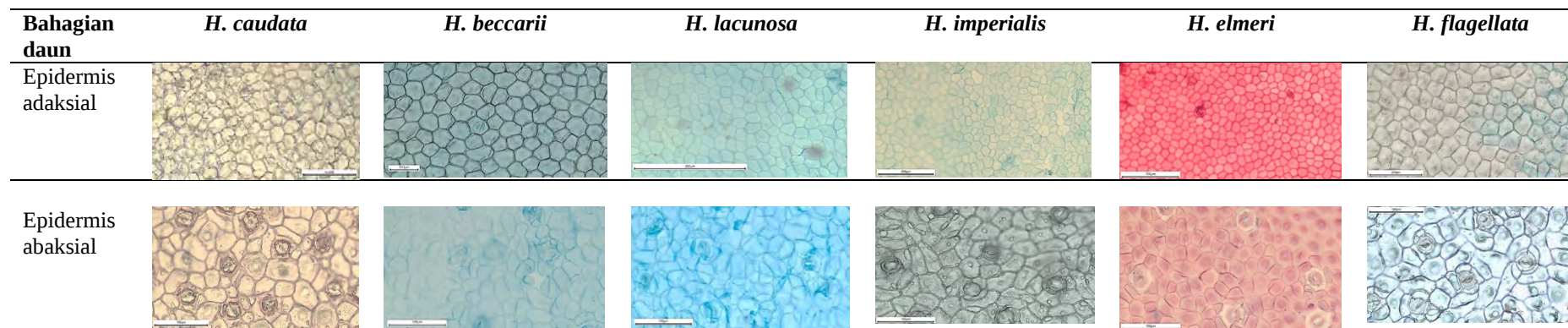
Kaedah kajian mikromorfologi daun dilakukan mengikut kaedah Noraini, Nurul Syahirah, dan Mohamad Ruzi (2022). Kaedah kajian mikromorfologi daun melibatkan beberapa teknik dan menggunakan sampel daun yang telah dikeringkan. Teknik yang terlibat ialah penyediaan sampel, pengeringan titik kritikal, saduran emas atau platinum dan cerapan di bawah mikroskop imbasan elektron. Bahagian sampel daun kering dan segar perlu dipotong pada ukuran 1 cm x 1 cm dan menjalani proses penyucian dan penyahairan untuk memastikan sampel itu kering dengan sepenuhnya. Proses pencucian dilakukan dengan larutan penimbil fosfat serta proses penyahairan dilakukan menggunakan teknik rendaman dalam siri aseton (35%, 50%, 70%, 80%, 85%, 90%, 95% dan 100%) selama 10 minit bagi setiap peringkat. Proses ini diulangi sebanyak tiga kali pada aseton kepekatan 99%. Seterusnya, sampel diletakkan dalam bekas spesimen dan dimasukkan ke dalam mesin pengering kritikal (Critical Dryer, Model RF-10) selama 30 minit. Bagi proses penyaduran, sampel kering dan segar dilekapkan pada stab dengan pelekat dua muka dan kemudian dipindah ke dalam penyadur emas (Sputter coater, Model SC 500). Cerapan dan rakaman imej telah dilakukan pada permukaan epidermis adaksial dan abaksial daun di bawah mikroskop imbasan elektron (Philips XL Series XL 30) pada pembesaran 50x, 100x, 200x, 500x, 1000x, 1500x, 2000x, dan >5000x

3. Hasil dan Perbincangan

3.1 Ciri Anatomi dan Mikromorfologi Daun

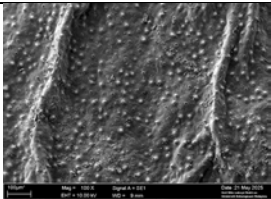
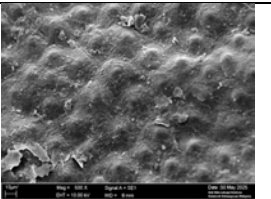
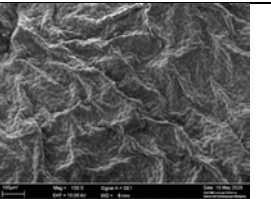
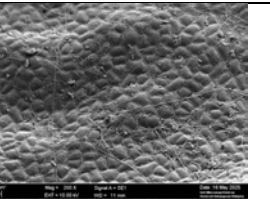
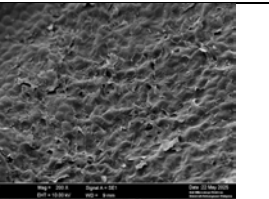
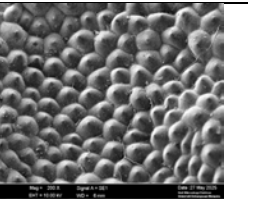
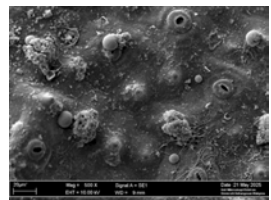
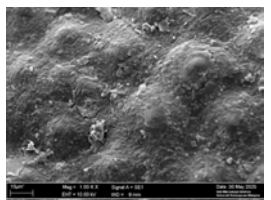
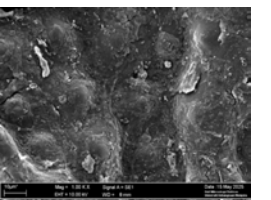
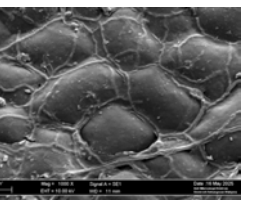
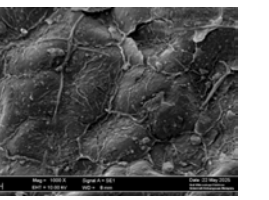
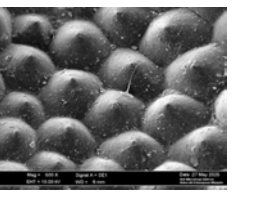
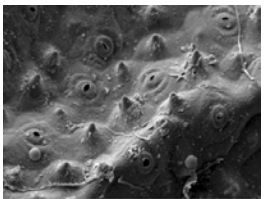
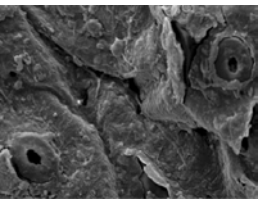
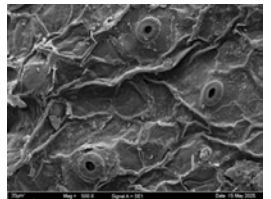
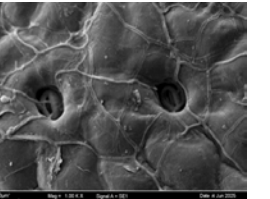
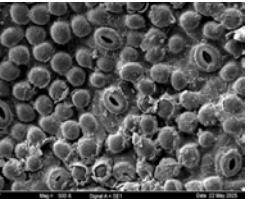
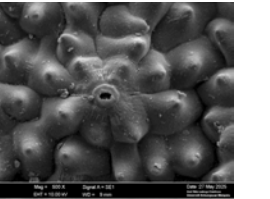
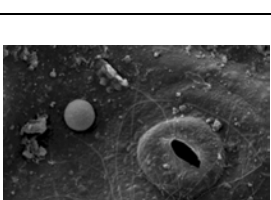
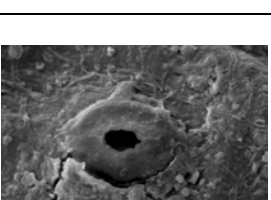
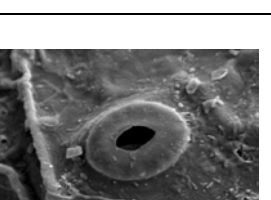
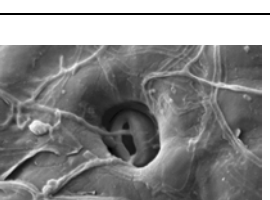
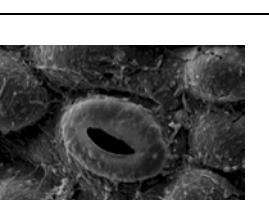
Ciri umum bagi kajian ini adalah kehadiran dan taburan stoma dan corak dinding antiklin epidermis adaksial dan abaksial yang lurus ke melengkung, birai stoma tenggelam, kehadiran hablur dan trikom. Variasi ciri anatomi (Jadual 1) boleh dilihat bagi enam spesies *Hoya* kajian iaitu pada bingkai stoma, bentuk stoma, saiz stoma dan indeks stoma. Seterusnya, ciri variasi mikromorfologi pula dapat dilihat pada Jadual 2 iaitu jenis trikom, jenis lilin, ukiran kutikel, jenis stoma, struktur binaan stoma, sel epidermis atau sel subsidiari yang merangkum stoma dan kehadiran jalur.

Ciri diagnostik merupakan ciri yang hanya ditemui pada satu spesies sahaja. Ciri ini boleh digunakan untuk pembezaan dan pengecaman spesies secara langsung. Jadual 3 menunjukkan ciri diagnostik bagi setiap spesies. Kekunci dikotomi pengecaman spesies *Hoya* yang dikaji dilakukan menggunakan ciri anatomi yang diperoleh daripada kajian.

Rajah 1. Permukaan adaksial dan abaksial spesies *Hoya* kajian.

Jadual 1. Ciri variasi anatomi epidermis daun.

Ciri	<i>H. caudata</i>	<i>H. beccarii</i>	<i>H. lacunosa</i>	<i>H. imperialis</i>	<i>H. elmeri</i>	<i>H. flagellata</i>
Bingkai stoma	Timbul	Timbul	Tenggelam	Tenggelam	Tenggelam	Tenggelam
Birai stoma	Tenggelam	Tenggelam	Tenggelam	Tenggelam	Tenggelam	Tenggelam
Bentuk stoma	Bulat-elips	Bulat-elips	Bulat-elips	Elips	Elips	Bulat
Saiz stoma	66.87 μm x 63.64 μm	25.86 μm x 25.08 μm	34.96 μm x 27.29 μm	35.71 μm x 26.19 μm	28.44 μm x 23.16 μm	29.77 μm x 30.54 μm
Indeks stoma	11.17%	3.61%	4.32%	8.04%	5.11%	16.85%
Kehadiran trikom pada cerapan anatomi	Tidak hadir	Tidak hadir	Tidak hadir	Tidak hadir	Tidak hadir	Tidak hadir
Kehadiran hablur	Tidak hadir	Tidak hadir	Tidak hadir	Tidak hadir	Tidak hadir	Tidak hadir

Ciri	<i>H. caudata</i>	<i>H. beccarii</i>	<i>H. lacunosa</i>	<i>H. imperialis</i>	<i>H. elmeri</i>	<i>H. flagellata</i>
Ukiran kutikel, dinding antiklin dan dinding periklin adaksial						
Lapisan epidermis adaksial						
Ukiran kutikel, dinding antiklin dan dinding periklin abaksial						
Taburan stoma						

Rajah 2. Cerapan elektron mikroskop bagi enam spesies *Hoya* kajian.

Jadual 2. Ciri variasi mikromorfologi epidermis daun.

Ciri	<i>H. caudata</i>	<i>H. beccarii</i>	<i>H. lacunosa</i>	<i>H. imperialis</i>	<i>H. elmeri</i>	<i>H. flagellata</i>
Jenis trikom pada cerapan mikromorfologi	Papila berbentuk kon	Papila berbentuk kon	Tidak hadir	Tidak hadir	Papila	Papila berbentuk kon akut
Jenis lilin	Lapisan lilin krustos dan sedikit lembaran lilin pada permukaan adaksial dan abaksial	Lapisan lilin verukat pada permukaan adaksial dan lapisan filem lilin pada permukaan abaksial	Lapisan lilin berkerak pada permukaan adaksial dan lapisan filem lilin pada permukaan abaksial	Lapisan lilin krustos pada permukaan adaksial dan lapisan filem lilin pada permukaan abaksial	Lapisan lilin berkerak pada permukaan adaksial dan lapisan filem lilin pada permukaan abaksial	Lapisan filem lilin pada permukaan adaksial dan permukaan abaksial
Ukiran kutikel	Adaksial: tidak jelas, dinding antiklin dan periklin tidak dapat dibezakan	Adaksial: tidak jelas, dinding antiklin dan periklin tidak dapat dibezakan	Adaksial: tidak jelas, dinding antiklin dan periklin tidak dapat dibezakan	Adaksial: jelas, dinding antiklin timbul dan dinding periklin tenggelam	Adaksial: jelas, dinding antiklin timbul dan dinding periklin tenggelam	Adaksial: jelas, dinding antiklin timbul dan dinding periklin tenggelam
	Abaksial: tidak jelas, dinding antiklin dan periklin tidak dapat dibezakan	Abaksial: tidak jelas, dinding antiklin dan periklin tidak dapat dibezakan	Abaksial: tidak jelas, dinding antiklin dan periklin tidak dapat dibezakan	Abaksial: jelas, dinding antiklin timbul dan dinding periklin tenggelam	Abaksial: tidak jelas, dinding antiklin dan periklin tidak dapat dibezakan	Abaksial: tidak jelas, dinding antiklin dan periklin tidak dapat dibezakan
Jenis stoma	Anisositik	Staurositik	Anisositik	Anisositik dan tetrasitik	Tetrasitik dan staurositik	Tetrasitik
Struktur binaan stoma	Superfisial	Superfisial	Superfisial	Tenggelam	Superfisial	Superfisial
Sel epidermis/ sel subsidiari merangkum stoma	Tidak merangkum	Tidak merangkum	Tidak merangkum	Tidak merangkum	Tidak merangkum	Tidak merangkum
Kehadiran saluran	Tidak hadir	Tidak hadir	Tidak hadir	Tidak hadir	Tidak hadir	Hadir secara selanjut

Jadual 3. Ciri diagnostik anatomi spesies kajian.

No.	Spesies	Ciri diagnostik
1.	<i>H. caudata</i>	1. Lapisan lilin krustos dan sedikit lembaran lilin pada permukaan adaksial dan abaksial
2.	<i>H. beccarii</i>	1. Lapisan lilin verukat pada permukaan adaksial 2. Jenis stoma staurositik
3.	<i>H. lacunosa</i>	1. Ukiran kutikel abaksial jelas, dinding antiklin tenggelam dan dinding periklin timbul
4.	<i>H. imperialis</i>	1. Ukiran kutikel abaksial jelas, dinding antiklin timbul dan dinding periklin tenggelam 2. Jenis stoma anisositik dan tetrasitik 3. Struktur binaan stoma tenggelam
5.	<i>H. elmeri</i>	1. Jenis stoma tetrasitik dan staurositik
6.	<i>H. flagellata</i>	1. Jenis trikom papila berbentuk kon akut 2. Jenis stoma tetrasitik 3. Kehadiran jalur secara selang selari 4. Bentuk stoma bulat

3.2 Kekunci Dikotomi

1. Ukiran kutikel adaksial tidak jelas, dinding antiklin dan periklin tidak dapat dibezakan dan ukiran kutikel abaksial tidak jelas, dinding antiklin dan periklin tidak dapat dibezakan.....	2	
1. Ukiran kutikel adaksial jelas, dinding antiklin timbul dan dinding periklin tenggelam dan ukiran kutikel abaksial tidak jelas, dinding antiklin dan periklin tidak dapat dibezakan.....	5	
2. Bingkai stoma timbul, lapisan lilin krustos dan sedikit lembaran lilin pada permukaan adaksial dan abaksial.....		<i>H. caudata</i>
2. Bingkai stoma tenggelam.....	3	
3. Struktur binaan stoma superfisial.....	4	
3. Struktur binaan stoma tenggelam, ukiran kutikel abaksial jelas, dinding antiklin timbul dan dinding periklin tenggelam dan jenis stoma anisositik dan tetrasitik.....		<i>H. imperialis</i>
4. Jenis stoma staurositik dan Lapisan lilin verukat pada permukaan adaksial.....		<i>H. beccarii</i>
4. Jenis stoma anisositik dan ukiran kutikel abaksial jelas, dinding antiklin tenggelam dan dinding periklin timbul		<i>H. lacunosa</i>
5. Kehadiran jalur tidak hadir dan Jenis stoma tetrasitik dan staurositik		<i>H. elmeri</i>
5. Kehadiran jalur hadir secara selang selari, jenis trikom papila berbentuk kon akut, jenis stoma tetrasitik dan bentuk stoma bulat.....		<i>H. flagellata</i>

4. Kesimpulan

Kajian ini telah mencapai objektif dengan membuktikan bahawa terdapat ciri umum, ciri variasi dan ciri diagnostik anatomi dan mikromorfologi daun yang boleh digunakan untuk pengecaman dan pembezaan enam spesies *Hoya* yang dikaji. Ciri umum yang diperolehi daripada kajian menyokong pengelompokan spesies kajian dalam genus dan famili yang sama. Ciri variasi dan diagnostik telah berjaya digunakan untuk pembinaan kekunci dikotomi pengecaman spesies *Hoya* kajian. Hasil kajian ciri anatomi dan mikromorfologi daun spesies *Hoya* terpilih dapat memberikan nilai tambah untuk pengecaman dan pembezaan pada peringkat spesies terutamanya bagi spesimen yang steril dan tiada maklumat lapangan. Seterusnya, kajian ini turut menyediakan data ciri anatomi dan mikromorfologi daun spesies *Hoya* yang lebih lengkap dan komprehensif untuk kegunaan bidang taksonomi.

Rujukan

- Adedeji, O., Ajuwon, O.Y. & Babawale, O.O. 2007. Foliar epidermal studies organographic distribution and taxonomic importance of trichomes in the family Solanaceae. *International Journal of Botany* 3(3): 276-282.
- Endress, M.E., & Liede-Schumann, S. & Meve, U. 2014. An updated classification for Apocynaceae. *Phytotaxa* 159(3): 175-194.
- Hakim, A. R., Dorly, D. & Rahayu, S. 2013. Keragaman dan analisis kekerabatan *Hoya* spp. bertipe daun non sukulen berdasarkan karakter anatomi daun. *Buletin Kebun Raya* 16(1): 1-17.
- Hossan, M.S., Hanif, A., Khan, M., Bari, S., Jahan, R. & Rahmatullah, M. 2009. Ethnobotanical survey of the Tripura tribe of Bangladesh. *Am.- Eurasian J. Sustain. Agric.* 3(2): 253-261.
- IPNI. 2025. International Plant Names Index. The Royal Botanic Gardens, Kew, Harvard University Herbaria & Libraries, and Australian National Herbarium. <http://www.ipni.org> [18 Oktober 2025].
- Jamilah, M.S. & Dome, N. 2020. Notes on *Hoya* of Terengganu, Peninsular Malaysia. *Malayan Nature Journal* 72(1): 43-51.
- Dharmadasa, R.M., Akalanka, G.C., Muthukumarana, P.R.M. & Wijesekera, R.G.S. 2016. Ethnopharmacological survey on medicinal plants used in snakebite treatments in Western and Sabaragamuwa provinces in Sri Lanka, *Journal of Ethnopharmacology* 179:110-127.
- Mollik, M.A.H., Hossan, M.S.H., Paul, A.K., Taufiq Ur Rahman, M., Jahan, R. & Rahmatullah, M. 2010. A comparative analysis of medicinal plants used by folk medicinal healers in three districts of Bangladesh and an inquiry into the mode of selection of medicinal plants. *Ethnobotany Research and Applications*, 8:195–218.
- Nurhidayah, A.R., Wan Ismahanisa, I., Muhammad, N., Mohd Hafiz, M., Roz Azinur, C.L. & Salmah, I. 2019. Antibacterial activity of *Hoya diversifolia* ethanolic leaves extract. *Biomedical Pharmacology Journal* 12(2): 857-85.
- Noraini, T., Nurul Syahirah, M. & Mohamad Ruzi, A.R. 2022. Histologi dan Teknik Pengawetan Tumbuhan. Bangi: Penerbit UKM.
- Noraini, T., Mohamad Ruzi, A.R., & Muhammad Amirul Aiman, A.J. 2019. *Anatomi dan Mikroskopik Tumbuhan*. Bangi: Penerbit UKM.
- Rahman, M., Uddin, S. & Wilcock, C. 2007. Medicinal plants used by the Chakma tribe in the hill tracts districts of Bangladesh. *Tradition. Knowl.* 6: 508-517.
- Rumaling, M., Fong, A., Rao, P., Johnny, G., Sani, M., Saudi, W, & Salman, W. 2024. Pharmacological properties of *Hoya* (Apocynaceae): A systematic review. *Natural Product*: 1-17.
- Song, J.H., Yang, S., & Choi, G. 2020. Taxonomic implications of leaf micro morphology using microscope analysis: A tool for identification and authentication of Korean Piperales. *Plants* 9(5): 566.

Morphological Description of *Garcinia* sp. (Clusiaceae) from Fraser's Hill, Pahang

(Huraian Ciri Morfologi bagi *Garcinia* sp. (Clusiaceae) dari Bukit Fraser, Pahang)

Nur Hanna Insyirah Mohd Rahim¹ & Shamsul Khamis^{1,2*}

¹Department of Biological Sciences and Biotechnology, Faculty of Science and Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor, Malaysia

²Fraser's Hill Research Centre, Centre for Natural and Physical Laboratory Management UKM (ALAF-UKM), 49000 Bukit Fraser, Pahang, Malaysia

* E-mail of corresponding author: shamsulk@ukm.edu.my

Abstract: Species within *Garcinia* L. are often difficult to identify due to overlapping and incomplete morphological characteristics. This study examined the leaf morphology and anatomy of *Garcinia* sp. collected from Fraser's Hill, Pahang and compared it with *G. celebica* L. (syn. *G. hombroniana* Pierre) from the Bangi Botanic Garden, Universiti Kebangsaan Malaysia. The results showed consistent differences in leaf size, arrangement, venation pattern, and epidermal and petiole anatomical features. These characters serve as reliable diagnostic traits that can support species recognition within the genus. Because the combination of traits observed does not match those documented for *G. celebica* or other reported species, the Fraser's Hill specimen shows strong potential as a novel taxon. Confirmation requires further study incorporating flowers, fruits and additional specimens.

Keywords: *Garcinia* sp., Leaf morphology, Leaf anatomy

Abstrak: Spesies dalam *Garcinia* L. sering sukar dikenal pasti disebabkan ciri morfologi yang bertindih dan tidak lengkap. Kajian ini meneliti morfologi dan anatomi daun *Garcinia* sp. yang dikumpulkan dari Bukit Fraser, Pahang dan membandingkannya dengan *G. celebica* L. (sinonim *G. hombroniana* Pierre) dari Taman Botani Bangi, Universiti Kebangsaan Malaysia. Hasil kajian menunjukkan perbezaan yang konsisten pada saiz, susunan dan pola pengurutan daun, serta ciri epidermis dan anatomi tangkai daun. Ciri-ciri ini berfungsi sebagai sifat diagnostik yang boleh menyokong pengenalan spesies dalam genus tersebut. Oleh kerana gabungan ciri yang diperhatikan tidak sepadan dengan *G. celebica* atau spesies lain yang pernah dilaporkan, spesimen dari Bukit Fraser menunjukkan potensi yang kuat sebagai takson baharu. Pengesahan memerlukan kajian lanjutan yang melibatkan morfologi bunga, buah dan spesimen tambahan.

Kata kunci: *Garcinia* sp., Morfologi daun, Anatomi daun

1. Introduction

The genus *Garcinia* L. (Clusiaceae) plays an important role in tropical forest ecosystems and is recognized for its ecological, economic, and ethnobotanical significance. However, species identification within this genus remains challenging due to overlapping and incomplete morphological characteristics. Malaysia, one of the world's megadiverse countries, harbors a wide diversity of *Garcinia* L. species, some of which are still poorly described or potentially new to science (Gaudeul et al. 2024). With early floristic treatments such as Whitmore (1973) recording nearly 49 species in Peninsular Malaysia. Although several taxonomic revisions, micromorphological studies and phylogenetic analyses have been conducted, many species remain poorly described due to limited complete specimens, particularly from highland regions. The lack of detailed morphological data including leaf anatomical characters can lead to misidentification or overlooked novel taxa. Therefore, re-evaluation of *Garcinia* using both morphological and anatomical evidence is crucial for clarifying true species diversity in Malaysia.

Garcinia L. species are evergreen trees or shrubs characterized by yellow or white latex and opposite, simple leaves without stipules. Despite their distinct vegetative features, distinguishing among species often requires a detailed examination of leaf morphology and anatomy. Anatomical studies provide valuable insights into plant development and serve as reliable taxonomic tools for species delimitation (Senevirathne et al. 2021).

This study was conducted on a species of *Garcinia* sp. collected in Fraser's Hill Pahang which is likely a new species. This is because Peninsular Malaysia harbors many *Garcinia* species that remain poorly known or insufficiently described, especially in montane habitats (Gaudeul et al. 2024). Montane areas like Fraser's Hill are known for endemic and under-collected taxa, and previous revisions of *Garcinia* have continued to describe new species from such sites (Nazre et al. 2018). Morphological differences observed in the collected specimen, compared with known species, support the possibility that it represents an undescribed species, though formal description requires further study.

2. Materials and Methods

2.1 Study Site and Sample Collection

Specimens of *Garcinia* sp. were collected from the Bukit Jeriau Forest Reserve near the Fraser's Hill Research Centre, Pahang (3°43'34" N, 101°43'5" E), at an altitude of approximately 1,060 m above sea level. The site represents a lower montane forest ecosystem characterized by cool and humid conditions (19–22 °C). Four replicate leaf samples per species were collected for analysis and immediately fixed in FAA solution (formalin:acetic acid:70% ethanol, 1:1:18, v/v/v) to preserve anatomical features. For comparison, *G. celebica* L. specimens were sampled from the Bangi Botanic Garden, Universiti Kebangsaan Malaysia, also in four replicates. Morphological data such as habit, leaf and fruit characteristics were recorded *in situ* and voucher specimens were deposited at the UKMB Herbarium.

2.2 Morphological Characterization

Vegetative and reproductive characters were examined following the terminology of Harris and Harris (2001). Morphological observations focused on leaf size, petiole length, leaf arrangement, shape, apex, base, margin, texture, and venation type. Measurements were taken using a digital caliper, and macroscopic features were photographed for documentation. Comparative observations with *G. celebica* L. were conducted to identify distinguishing morphological traits.

2.3 Leaf Anatomy

Anatomical studies were performed using standard microtome and epidermal peel techniques as described by Johansen (1940), Sass (1958), and Bradbury (1967).

2.3.1 Microtome Sectioning

Leaf segments from the mid-region were fixed in FAA solution (formalin:glacial acetic acid 5%:70% ethanol, 1:1:18, v/v/v) for 48 hours, washed with distilled water, and sectioned using a sliding microtome. The sections were cleared with sodium hypochlorite, sequentially stained with Safranin and Alcian Blue, dehydrated through a graded ethanol series (50%, 70%, 95%, and 100%), and mounted in Euparal. The prepared slides were oven-dried at 50 °C for two weeks. This method follows the standard anatomical procedures described by Johansen (1940) for plant tissue preparation.

2.3.2 Epidermal Peel Preparation

The abaxial surface of the leaf was gently scraped and soaked in Jeffrey's solution for 15–30 minutes to remove the mesophyll layers. The samples were stained with Safranin, dehydrated through an ethanol series, and mounted in Euparal. This preparation allowed the observation of the anticlinal wall pattern and stomatal distribution.

2.4 Microscopic Observation

Prepared slides were examined under an Olympus BX43 light microscope equipped with a TouPView digital imaging system. Observations were made at magnifications of 4×, 10×, 20×, 40×, and 60×. Images were captured in PNG format and processed using Adobe Photoshop to enhance clarity. However, any adjustments made such as brightness, contrast, or sharpness were purely for visual clarity and did not alter the scale or dimensions of the images, ensuring that all anatomical measurements remained accurate.

2.5 Leaf Anatomical Analysis

Leaf anatomical descriptions followed the terminology of Cutler (1978), Howard (1979), and Cutler et al. (2008). Diagnostic traits, including epidermal structure, palisade and spongy mesophyll layers, vascular bundle arrangement, and secretory cells, were compared between *Garcinia* sp. and *G. celebica* to identify distinguishing taxonomic features.

3. Results and Discussion

3.1 Morphological Characteristics

Comparative observations between *Garcinia* sp. from Fraser's Hill, Pahang, and *G. celebica* L. from Bangi Botanic Garden, Universiti Kebangsaan Malaysia revealed clear differences in vegetative morphology (Table 1). *Garcinia* sp. is a medium-sized tree, reaching 10–15 m in height, with opposite and simple leaves. The leaves are elliptic to oblong in shape, measuring 8.4–18.5 cm in length and 3.6–7.1 cm in width, whereas *G. celebica* L. exhibits slightly smaller leaves ranging from 13.7–16.1 cm in length and 5.3–6.8 cm in width. Both species display opposite phyllotaxy and lack stipules. The leaf apex of *Garcinia* sp. is acuminate, while that of *G. celebica* L. is obtuse to rounded. The leaf base is cuneate in *Garcinia* sp. and more rounded in *G. celebica* L. The petiole of *Garcinia* sp. (1.3–1.7 cm) is generally longer and thicker than that of *G. celebica* L. (0.8–1.2 cm). The venation type in both species is pinnate, but *Garcinia* sp. shows more distinct secondary veins (10–14 pairs) and a clearer reticulate tertiary venation pattern compared to the less conspicuous pattern in *G. celebica* L.. Although leaf-length ranges partially overlap between the species, *Garcinia* sp. generally exhibits a broader size range compared to *G. celebica* L.. All measurements represent raw field-collected ranges.

Table 1. Comparative morphological characteristics of *Garcinia* sp. and *G. celebica* L.

Character	<i>Garcinia</i> sp.	<i>G. celebica</i> L.
Leaf length (cm)	8.4–18.5	13.7–16.1
Leaf width (cm)	3.6–7.1	5.3–6.8
Leaf arrangement	Opposite	Opposite
Leaf shape	Elliptic to oblong	Elliptic
Leaf apex	Acuminate	Obtuse to rounded
Leaf base	Cuneate	Rounded
Petiole length (cm)	1.3–1.7	0.8–1.2
Venation	Pinnate, 10–14 pairs	Pinnate, 7–9 pairs
Leaf texture	Coriaceous	Chartaceous
Stipules	Absent	Absent

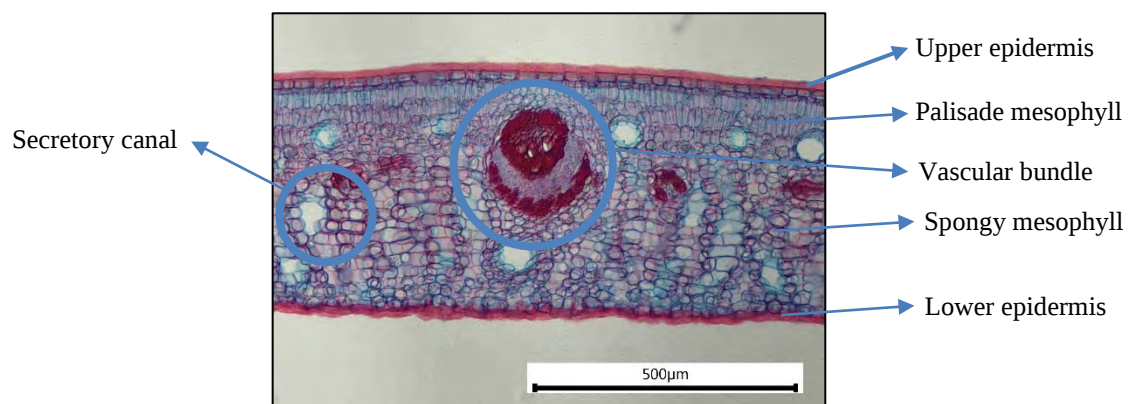
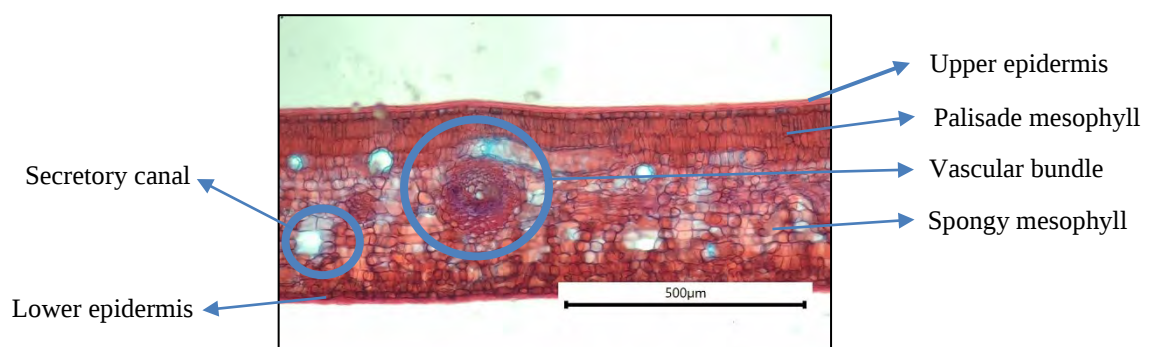
3.2 Leaf Anatomy

Transverse sections of the leaf revealed that both species possess a dorsiventral mesophyll structure (Figure 1). However, *Garcinia* sp. has a thicker leaf lamina (275.6 μm) than *G. celebica* L. (213.8 μm). The upper epidermis of *Garcinia* sp. consists of a single layer of rectangular cells covered by a thick cuticle, while the lower epidermis comprises smaller, rounded cells. The palisade mesophyll of *Garcinia* sp. is composed of three compact layers of elongated cells, compared to one or two layers in *G. celebica* L. The spongy mesophyll in *Garcinia* sp. is densely packed and contains numerous secretory canals distributed near the vascular bundles. The midrib region of *Garcinia* sp. is more prominent, featuring a crescent-shaped vascular bundle surrounded by collenchyma and parenchyma tissues, forming a nearly closed 'C'-shaped structure. In contrast, *G. celebica* L. exhibits an open vascular bundle with fewer secretory ducts. The petiole cross-section of *Garcinia* sp. is circular, with a thick epidermis and a continuous collenchyma layer, whereas *G. celebica* L. has a slightly flattened petiole with a discontinuous collenchyma layer.

Table 2. Comparative anatomical characteristics of *Garcinia* sp. and *G. celebica* L.

Character	<i>Garcinia</i> sp.	<i>G. celebica</i> L.
Leaf lamina thickness (μm)	275.6	213.8
Mesophyll type	Dorsiventral (3 layers palisade)	Dorsiventral (1-2 layers palisade)
Palisade mesophyll	3 compact layers of elongated cells	1-2 loosely arranged layers
Spongy mesophyll	Compact with numerous secretory canals	Loosely arranged, few secretory canals
Upper epidermis	Rectangular cells with thick cuticle	Irregular cells with thin cuticle
Lower epidermis	Smaller, rounded cells	Larger, polygonal cells
Midrib structure	Prominent, crescent-shaped vascular bundle with continuous collenchyma	Flattened, open vascular bundle with discontinuous collenchyma
Petiole cross-section	Circular with thick epidermis and secretory ducts near phloem	Slightly flattened with few secretory ducts
Secretory canals	Numerous, circular or elongated	Fewer, small and scattered
Stomatal type	Anomocytic	Anomocytic
Stomatal size (μm)	18.7 x 11.4	20.1 x 12.2

Note: Lamina thickness values represent raw measurement ranges.

**Figure 1. Lamina of *Garcinia* sp.****Figure 2. Lamina of *G. celebica* L.**

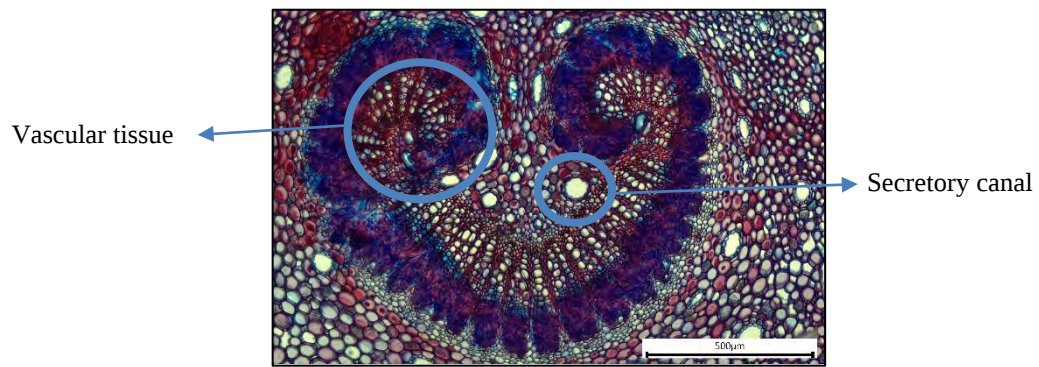


Figure 3. Petiole of *Garcinia* sp.

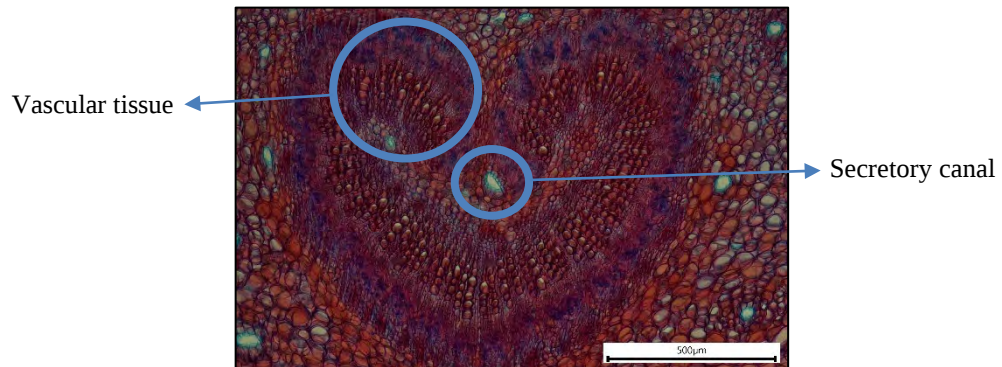


Figure 4. Petiole of *G. celebica* L.

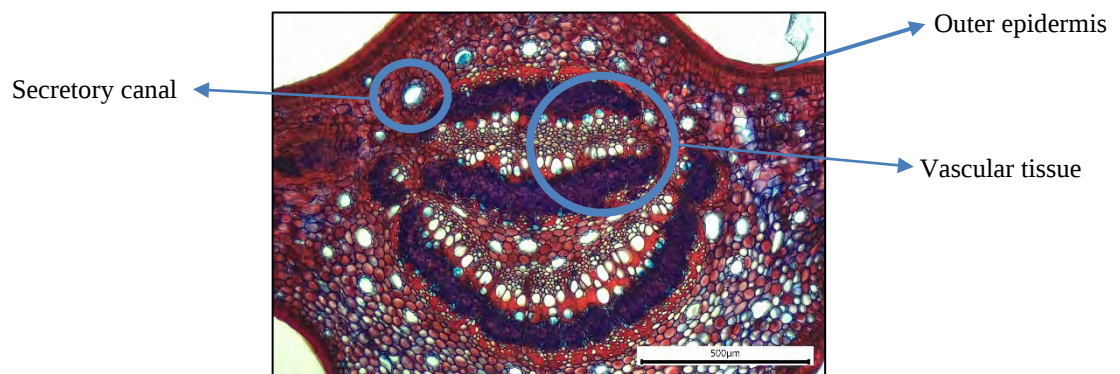


Figure 5. Midrib of *Garcinia* sp.



Figure 6. Midrib of *G. celebica* L.

3.3 Epidermal Features

Epidermal peel analysis showed that both species are hypostomatic (bearing stomata only on the abaxial surface). The epidermal cells of *Garcinia* sp. are irregular, with slightly sinuous anticlinal walls, whereas *G. celebica* L. displays polygonal cells with moderately undulating walls. The stomatal complex in both species is anomocytic, but *Garcinia* sp. has fewer stomata per unit area (32–38 per mm²) compared to *G. celebica* L. (54–61 per mm²). The stomata of *Garcinia* sp. ($18.7 \times 11.4 \mu\text{m}$) are slightly smaller than those of *G. celebica* L. ($20.1 \times 12.2 \mu\text{m}$). These features might reflect adaptive variation in stomatal density and structure associated with the differing habitats of the two species which are montane and lowland. However, previous studies along elevational gradients have reported inconsistent patterns of stomatal-density variation. For example, stomatal density decreased with increasing elevation in trees from Changbai Mountain, China (Wang et al. 2014), while other studies found no significant difference between lowland and highland populations in various species (Rusdi et al. 2025). Thus, this data add to a complex picture of stomatal adaptation and highlights the need for more detailed ecological and physiological studies.

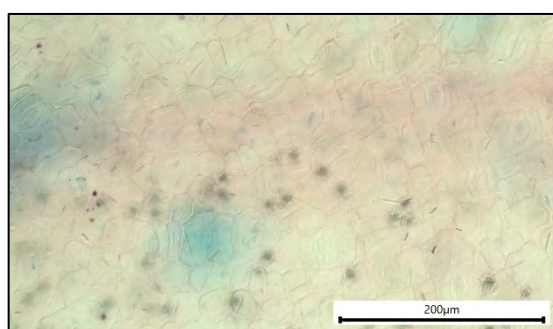


Figure 7. Abaxial surface characteristics of *Garcinia* sp. leaves

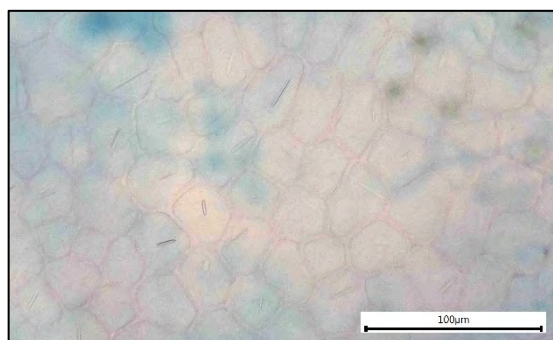


Figure 8. Abaxial surface characteristics of *G. celebica* L. leaves

3.4 Taxonomic Implications

The comparative analysis of morphological and anatomical traits reveals clear differences between the *Garcinia* sp. population from Fraser's Hill and *Garcinia celebica* L. Notable distinctions include leaf architecture, tissue organization, and secretory canal patterns, which together provide informative diagnostic characters for preliminary separation of these taxa. These differences also suggest that the Fraser's Hill population may represent a distinct lineage within the genus or reflect localized adaptation to the highland environment.

However, the available data are limited to vegetative morphology and anatomy. Because species delimitation in *Garcinia* typically requires reproductive traits, particularly floral and fruit structures, or molecular evidence, the taxonomic status of the Fraser's Hill population cannot be confirmed at this stage. The present findings should therefore be considered indicative rather than conclusive.

To strengthen future taxonomic assessments, broader sampling across multiple populations and geographic ranges is recommended. Such data would help determine the consistency of the observed traits and clarify whether these differences are stable at the species level. Integrating

reproductive morphology and molecular phylogenetic analyses would further provide a robust framework for resolving the placement of this undescribed *Garcinia* population.

4. Conclusion

This study successfully described and compared the morphological and anatomical characteristics of *Garcinia* sp. from Fraser's Hill, Pahang, and *G. celebica* L. from the Bangi Botanic Garden, Universiti Kebangsaan Malaysia. Distinct differences in leaf size, arrangement, venation, and anatomical structures such as petiole cross section, midrib, and epidermal layers were identified as key diagnostic traits separating the two species.

These findings demonstrate that *Garcinia* sp. possesses unique taxonomic features that distinguish it from closely related species, thereby contributing valuable information to the taxonomic understanding of the genus *Garcinia* in Malaysia. However, the absence of reproductive structures like flowers and fruits limits the completeness of the taxonomic assessment and future work should incorporate these characters to confirm species identity more robustly.

We also highlight the need for a full specimen description based on both vegetative and reproductive material to establish a comprehensive taxonomic treatment of this taxon. The study nevertheless provides important baseline knowledge for future systematic, ecological and conservation research involving this tropical genus.

References

- Bradbury, S. 1967. *The Evolution of the Microscope*. Pergamon Press. pp. 335-344.
- Cutler, D.F. 1978. *Applied Plant Anatomy*. New York: Longman Inc. pp. 70-97.
- Cutler, D.F., Botha, T. & Stevenson, D.W. 2008. *Plant Anatomy: An Applied Approach*. Malden: Blackwell Publishing Ltd. pp. 70-119.
- Gaudeul, M., Sweeney, P. & Munzinger, J. 2024. An updated infrageneric classification of the pantropical species-rich genus *Garcinia* L. (Clusiaceae) and some insights into the systematics of New Caledonian species, based on molecular and morphological evidence. *PhytoKeys*. 239: pp. 73-105.
- Harris, J.G., & Harris, M.W. 2001. *Plant Identification Terminology: An Illustrated Glossary*. Spring Lake Publishing. pp. 148-163.
- Howard, R.A. 1979. The Petiol. In Metcalfe, C.R. & Chalk, L. (eds.) *Anatomy of the Dicotyledons*. 2nd Ed. Vol. 1. New York: Oxford University Press Inc. pp. 88-96.
- Johansen, D.A. 1940. *Plant Microtechnique*. New York: Mc Graw-Hill. pp. 429-435.
- Nazre, M., Newman, M.F., Pennington, R.T. & Middleton, D.J. 2018. Taxonomic revision of *Garcinia* section *Garcinia* (Clusiaceae). *Phytotaxa*, 373(1): 1.
- Rusdi, H., Tia, S., Mohamad, N., & Nopriyeni, N. 2025. The stomatal characteristics of monocots and dicots at different altitudes. *Plant Science Today*.
- Sass, J.E. 1958. *Botanical Microtechnique*. 3rd Ed. Calcutta: Oxford & IBH Publishing Co. pp. 121-144.
- Senevirathne, G., Wijesundara, D.S.A. & Yakandawala, D. 2021. Vegetative and leaf anatomical traits for taxonomic delimitation of *Salacia* L. in Sri Lanka. *Bangladesh Journal of Plant Taxonomy* 28(2): pp. 429-439.
- Wang, R., Yu, G., He, N., Wang, Q., Xia, F., Zhao, N., Xu, Z., & Ge, J. 2014. Elevation-Related Variation in Leaf Stomatal Traits as a Function of Plant Functional Type: Evidence from Changbai Mountain, China. *PLoS ONE* 9(12).
- Whitmore, T.C. 1973. *Tree Flora of Malaya: A Manual for Foresters*, Vol. 2. Longman, Kuala Lumpur.

Kepelbagaian dan Taburan Rumpai Laut di Mikrohabitat Berbatu, Pulau Merambong, Johor

Juria Bacha Kenedy¹, Nur Amira Batrisyia Isham¹, Wan Dhiya Ainin Sofiya¹,
Mohamed Effendi Taip² & Nur Farah Ain Zainee^{1*}

¹Department of Biological Sciences and Biotechnology, Faculty of Science and Technology, Universiti
Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor, Malaysia

²Department of Earth Sciences and Environment, Faculty of Science and Technology, Universiti Kebangsaan
Malaysia, 43600 Bangi, Selangor

* E-mel pengarang koresponden: farahzainee@ukm.edu.my

Abstrak: Pulau Merambong merupakan sebuah pulau yang terletak di perairan Selat Tebrau, dan mempunyai ciri unik dengan variasi substrat berbatu seperti tongkol, bongkah, ladam dan kerikil. Oleh kerana kajian terdahulu masih terhad dijalankan di kawasan ini, kajian ini dijalankan bagi mendokumentasikan, membandingkan dan mengemas kini maklumat mengenai kepelbagaian rumpai laut di Pulau Merambong, khususnya di mikrohabitat berbatu. Pengumpulan spesimen dilakukan melalui pensampelan rawak terpilih pada pelbagai jenis substrat batu di kawasan berbatu dan imej diambil bagi tujuan pengesanan spesies. Pantai berbatu Pulau Merambong telah berjaya merekodkan sebanyak 23 spesies rumpai laut (melibatkan 3 divisi, 8 order, 13 famili dan 13 genera). Divisi Chlorophyta mendominasi mikrohabitat berbatu (48%), diikuti oleh Rhodophyta (35%) dan Phaeophyta (17%). Perbandingan kepelbagaian rumpai laut menunjukkan perbezaan yang signifikan ($p < 0.05$; $p = 0.00251$) antara jenis substrat yang berbeza. Indeks Shannon (H') dan Indeks Simpson (1-D) mencatatkan nilai tertinggi masing-masing pada substrat batu tongkol (2.639 dan 0.9286) dan batu bongkah (2.773 dan 0.9375). Nilai terendah pula direkodkan pada batu ladam (2.197 dan 0.8889) serta batu kelikir (1.946 dan 0.8571). Penemuan ini menunjukkan bahawa variasi jenis batuan menyediakan mikrohabitat eksklusif kepada rumpai laut, dan substrat yang lebih besar serta lebih stabil menyokong kepelbagaian rumpai laut yang lebih tinggi.

Kata kunci: Alga, habitat, pulau tropika, substrat keras

Abstract: Pulau Merambong is an uninhabited island located in the waters of the Tebrau Strait, characterized by unique variations of rocky substrates such as coral heads, boulders, slabs, and gravel. Previous studies in this area have been limited, this study was conducted to document, compare, and update information on seaweed diversity in Pulau Merambong, especially in rocky microhabitats. Specimen collection was carried out through selected random sampling on various types of rock substrates in the rocky area, and images were taken for species identification. The rocky shore of Pulau Merambong recorded a total of 23 seaweed species (covering 3 divisions, 8 orders, 13 families, and 13 genera). The Chlorophyta division dominated the rocky microhabitats (48%), followed by Rhodophyta (35%) and Phaeophyta (17%). Comparisons of seaweed diversity showed a significant difference ($p < 0.05$; $p = 0.00251$) among different substrate types. The Shannon Index (H') and Simpson Index (1-D) recorded their highest values on coral head substrates (2.639 and 0.9286) and boulder substrates (2.773 and 0.9375) respectively. The lowest values were recorded on slab substrates (2.197 and 0.8889) and gravel substrates (1.946 and 0.8571). These findings indicate that variations in rock types provide exclusive microhabitats for seaweed, and larger, more stable substrates support higher seaweed diversity.

Keywords: Algae, habitat, tropical island, hard substrate

1. Pengenalan

Menurut Reece (2013), alam tumbuhan terbahagi kepada dua kategori utama iaitu kriptogam dan fanerogam. Rumpai laut tergolong dalam kumpulan tumbuhan kriptogam, yang bermaksud tumbuhan yang tidak mempunyai biji dan bunga. Rumpai laut memiliki struktur badan yang dikenali sebagai talus atau makroalga, yang terdiri daripada bahagian pelekap, stip dan lamina (Karleskint et al. 2013). Secara amnya, rumpai laut diklasifikasikan kepada tiga kumpulan utama berdasarkan pigmentasi dan komposisi selnya, iaitu Rhodophyta (alga merah), Phaeophyta (alga perang) dan Chlorophyta (alga hijau) (Muhammad Imran, Shin & Kim 2018). Rumpai laut biasanya tumbuh di kawasan pasang-surut hingga subtidal yang melekat pada substrat keras seperti batu, pasir, lumpur dan cengkerang (Dwirejeki et al. 2019). Sebagai tumbuhan autotrofik dan fotosintetik, rumpai laut memainkan peranan penting dalam ekosistem marin sebagai pengeluar primer utama, penghasil bahan metabolit bioaktif (Radio & Strukelj 2012) serta penyedia habitat dan perlindungan kepada hidupan marin seperti ketam, terumbu karang, siput dan bintang laut (Juhaina 2013).

Aktiviti manusia seperti penambakan tanah untuk pembangunan Forest City dan laluan perkapalan di sekitar kawasan tersebut berpotensi memberi kesan negatif terhadap kestabilan substrat dan keanekaragaman rumpai laut. Menurut Asmida et al. (2006), perubahan fizikal habitat laut boleh menyebabkan perubahan ketara terhadap komposisi spesies rumpai laut. Oleh itu, timbul persoalan sama ada aktiviti antropogenik yang berlaku di Pulau Merambong menyebabkan perbezaan terhadap perubahan kepelbagaian rumpai laut di mikrohabitatnya. Selain itu, faktor persekitaran seperti suhu, saliniti, ombak, cahaya dan ketersediaan nutrien juga dilaporkan mempengaruhi pertumbuhan dan pengedaran rumpai laut (Choi et al. 2010; Zainee et al. 2019). Walaupun rumpai laut telah lama dikaji di Malaysia, masih kurang kajian yang memfokuskan kepada perubahan komposisi komuniti rumpai laut selepas gangguan antropogenik, khususnya di kawasan mikrohabitat berbatu sekitar Pulau Merambong.

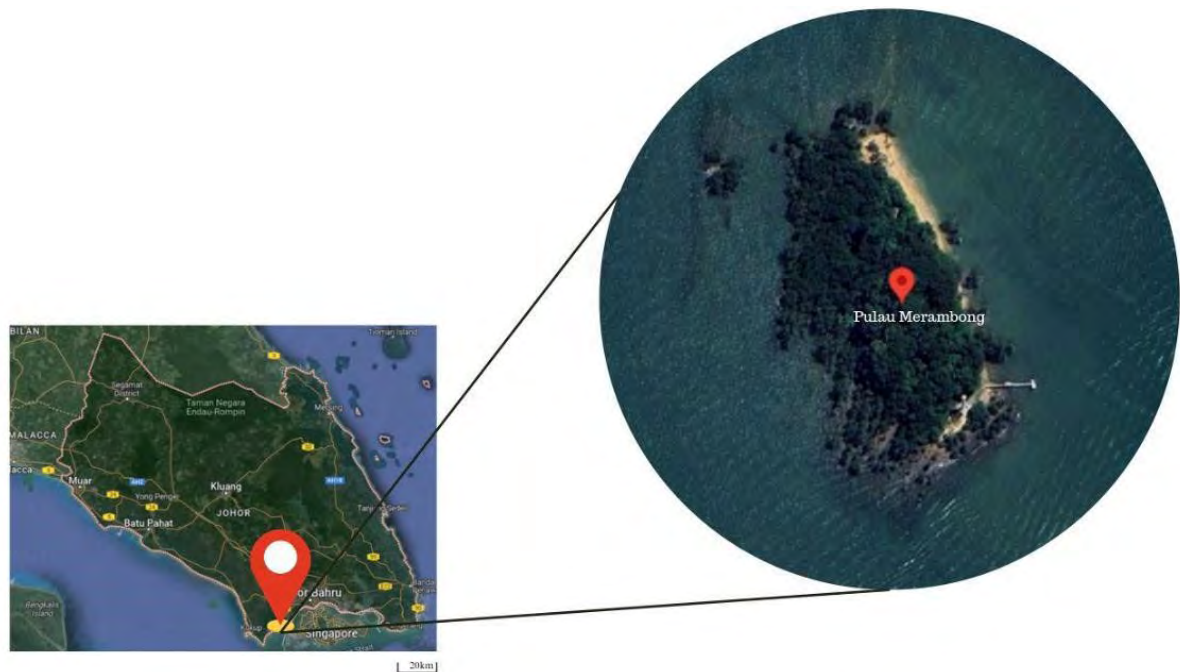
Pulau ini merupakan kawasan perairan terbuka yang terdedah kepada perubahan musim monsun yang mempengaruhi kadar pemendapan dan kandungan nutrien dalam air laut (Sheperd et al. 2013). Kandungan nutrien seperti nitrogen, ammonia dan fosfat memainkan peranan penting terhadap pertumbuhan rumpai laut dalam mikrohabitat marin, manakala peningkatan karbon terlarut dapat merangsang kadar fotosintesis dan pertumbuhan rumpai laut berstruktur lembut (Fabricius et al. 2011; Koch et al. 2013). Oleh itu, pemahaman terhadap hubungan antara gangguan antropogenik dan faktor persekitaran dengan kepelbagaian rumpai laut amat penting bagi menilai tahap kesihatan ekosistem marin setempat. Kajian ini dijalankan sebagai langkah penting untuk mengisi jurang pengetahuan tentang kesan aktiviti antropogenik terhadap kepelbagaian rumpai laut di kawasan tropika, khususnya di bahagian selatan Pulau Merambong, Johor.

Oleh itu, kajian ini bertujuan untuk mengenalpasti dan menilai komposisi serta taburan rumpai laut di mikrohabitat berbatu di bahagian selatan Pulau Merambong, Johor. Dapatan daripada penyelidikan ini diharapkan dapat memperkukuh data terkini tentang biodiversiti rumpai laut di Malaysia, serta menjadi rujukan penting dalam pemuliharaan dan pengurusan lestari sumber marin di kawasan yang terdedah kepada tekanan pembangunan pesat.

2. Bahan dan Kaedah

2.1 Kawasan Kajian

Johor merupakan negeri yang kaya dengan sumber lautan, dengan memiliki sebanyak 54 buah pulau-pulau kecil serta memiliki garis pantai sepanjang 400 km merangkumi 4 bahagian termasuk Laut China Selatan di sebelah bahagian timur, Selat Melaka di bahagian barat, bahagian selatan pula di Selat Johor dan tenggara yang menghadap sebelah Selat Singapura (Zainee et al. 2019). Perbezaan geografi pantai di Negeri Johor menjadikan persisiran pantainya menjadi unik, kerana terdapat perbezaan di kawasan pantainya di bahagian timur, barat dan selatan Pulau Merambong adalah sebuah pulau yang tidak berpenghuni yang terletak di perairan Selat Tebrau, bersebelahan dengan Pelabuhan Tanjung Pelepas, Pontian, Johor, Malaysia yang memisahkan sempadan Malaysia-Singapura dari arah barat. Bahagian selatan Pulau Merambong terletak pada kedudukan koordinat 1°18'52"N 103°36'39"E. Lokasinya terletak berhampiran dengan Pelabuhan Tanjung Pelepas dan sempadan maritim Malaysia-Singapura (Rajah 1).



Rajah 1. Lokasi Pulau Merambong mengikut peta Negeri Johor.

2.2 Kaedah Kerja Lapangan

2.2.1 Pengumpulan Spesimen

Pengumpulan spesimen telah dijalankan di bahagian selatan Pulau Merambong dari 25 hingga 27 November 2024 di kawasan berbatu dan terbuka yang terdedah kepada ombak. Pensampelan dilakukan secara rawak terpilih di zon litoral dan sublitoral selepas menyemak jadual pasang surut daripada laman web Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia. Waktu sebelum air pasang dipilih bagi memudahkan pengumpulan dan pengecaman habitat rumpai laut. Kedudukan lokasi direkod menggunakan alat GPS. Setiap spesimen yang dijumpai dikutip bersama pelekapnya dengan teliti. Spesimen disimpan dalam bekas berlabel mengikut saiz, dengan pemisahan antara spesimen besar dan kecil bagi mengelakkan kerosakan. Kamera digunakan untuk merakam gambar spesimen dan habitatnya bagi tujuan dokumentasi dan pengecaman.

2.2.2 Parameter Persekitaran

Kualiti air diukur menggunakan alat multiparameter Hanna (HI 68194) bagi mencatat bacaan pH, suhu, oksigen terlarut, saliniti dan jumlah pepejal terlarut. Bacaan diambil pada kedalaman sederhana sebanyak tiga kali di setiap stesen selepas dibiarkan selama lima minit untuk memastikan ketepatan data. Sampel air turut dikumpul sebanyak tiga ulangan dalam tiub 50 mL bagi analisis kandungan nutrien (Nitrat (NO_3^-), Fosfat (PO_4^{3-}) dan Ammonia (NH_4^+)) menggunakan Hach Portable Spectrophotometer (DR1900). Analisis Ammonia dijalankan menggunakan program 346 N Inorganic TNT dengan reagen AmVer, Salisilat dan Sianurat, manakala analisis Fosfat menggunakan program 536 P Total/AH PV TNT dengan reagen Kalium Persulfat dan PhosVer 3. Analisis Nitrat pula menggunakan program 345 N Nitrit LR TNT, di mana kehadiran nitrogen nitrit dikenal pasti melalui perubahan warna merah jambu. Kesemua keputusan direkod dalam unit mg/L bagi menentukan tahap nutrien dalam air laut.

2.3 Kaedah di Makmal

2.3.1 Pengeringan Spesimen

Setiap sampel rumpai laut dibersihkan menggunakan air bersih dan forsep, kemudian dilekatkan kemas pada kertas herbarium. Spesimen dilapisi tisu dan ditekan dengan objek berat untuk pengeringan selama beberapa hari, dengan tisu ditukar bagi mengelakkan kelembapan. Setelah kering, spesimen berlabel disimpan dalam fail bagi mengelak pereputan. Imej sampel turut direkodkan untuk pengecaman spesies berdasarkan warna, panjang, jenis talus dan substrat.

2.3.2 Pengecaman Spesies Rumpai Laut

Pengecaman rumpai laut berdasarkan ciri morfologi dan anatomi seperti warna, tekstur, talus, lamina serta susunan sel dilakukan di lapangan dan makmal menggunakan mikroskop, berpandukan buku Rumpai Laut Johor, *AlgaeBase* dan *World Register of Marine Species (WoRMS)*.

2.4 Analisis Data

Indeks Simpson (1-D) dan Indeks Shannon (H') digunakan untuk menilai tahap kepelbagaian spesies, di mana nilai tinggi menunjukkan kepelbagaian tinggi. Analisis One-Way ANOVA menggunakan perisian PAST menentukan perbezaan signifikan antara pembolehubah, dengan nilai $p < 0.05$ menunjukkan perbezaan yang signifikan secara statistik.

3. Hasil dan Perbincangan

Jumlah keseluruhan spesies rumpai laut yang berjaya direkodkan di kawasan Selatan Pulau Merambong adalah sebanyak 23 spesies. Kesemua spesies ini mewakili tiga divisi utama rumpai laut, iaitu Chlorophyta (rumpai laut hijau), Rhodophyta (rumpai laut merah), dan Phaeophyta (rumpai laut perang). Divisi Chlorophyta merekodkan sebanyak 11 spesies rumpai laut. Kesemua spesies ini terdiri daripada enam genus dan enam famili yang berbeza, menunjukkan bahawa Chlorophyta mempunyai bilangan spesies tertinggi. Seterusnya, divisi Rhodophyta pula merekodkan lapan spesies rumpai laut, yang terdiri daripada lima genus dan lima famili yang berlainan. Ini menunjukkan bahawa divisi Rhodophyta turut mempunyai kepelbagaian yang tinggi dari aspek genus dan famili. Divisi Phaeophyta mencatatkan bilangan spesies yang paling rendah, iaitu hanya empat spesies sahaja yang berjaya direkodkan (Jadual 1).

3.1 Analisis Parameter Persekitaran

Secara keseluruhannya, hasil analisis parameter fizikokimia (Jadual 2) di kawasan Selatan Pulau Merambong menunjukkan bahawa keadaan persekitaran di lokasi kajian adalah agak mencabar untuk pertumbuhan rumpai laut yang optimum. Suhu air yang tinggi ($31.43\text{ }^{\circ}\text{C}$) melebihi julat optimum ($25\text{--}30\text{ }^{\circ}\text{C}$) berpotensi menyebabkan tekanan haba terhadap rumpai laut, manakala tahap saliniti yang rendah (22.82 ppt) daripada paras laut biasa ($33\text{--}37\text{ ppt}$) menunjukkan pengaruh air tawar yang kuat, yang mungkin menjejaskan spesies sensitif terhadap kemasinan. Nilai keupayaan (32.4 mS cm^{-1}) menunjukkan kehadiran ion terlarut yang sederhana, manakala paras oksigen terlarut (7.57 mg L^{-1}) dan pH beralkali (8.47) menunjukkan keadaan perairan yang kondusif untuk fotosintesis dan respirasi. Menurut Arinah (2008), nilai normal bagi kepekatan oksigen terlarut yang mampu mempengaruhi pertumbuhan rumpai laut di kawasan mikrohabitat berbatu berada dalam julat sekitar 4.5 hingga 10.0 mg/L .

Walau bagaimanapun, kandungan nitrat yang rendah (0.0176 mg L^{-1}) dan fosfat yang tinggi (0.42 mg L^{-1}) mencerminkan ketidakseimbangan nutrien yang berpotensi menyebabkan eutrofikasi, disokong oleh kehadiran ammonia yang sederhana (0.2656 mg L^{-1}). Secara keseluruhan, kombinasi faktor suhu tinggi, saliniti rendah, serta variasi nutrien menunjukkan bahawa rumpai laut di Pulau Merambong perlu menyesuaikan diri dengan tekanan persekitaran yang tinggi dan pemantauan kualiti air secara berterusan amat penting bagi mengekalkan keseimbangan ekosistem dan pertumbuhan rumpai laut yang mampan.

Jadual 1. Senarai spesies rumpai laut di mikrohabitat berbatu Pulau Merambong, Johor.

Divisi	Order	Famili	Genus	Spesies
Chlorophyta	Bryopsidales	Dichotomosiphonaceae	<i>Avrainvillea</i>	<i>Avrainvillea erecta</i>
		Bryopsidaceae	<i>Bryopsis</i>	<i>Bryopsis plumosa</i>
				<i>Bryopsis pennata</i>
				<i>Caulerpa racemosa</i>
		Caulerpaceae	<i>Caulerpa</i>	<i>C. sertularioides</i>
				<i>C. lentillifera</i>
	Cladophorales	Cladophoraceae	<i>Cladophora</i>	<i>Cladophora stimpsonii</i> <i>Cladophora</i> sp.
	Ulvales	Ulvaceae	<i>Ulva</i>	<i>Ulva lactuca</i> <i>U. fasciata</i>
				<i>Valonia aegagropila</i>
		Valoniaceae	<i>Valonia</i>	
Rhodophyta	Ceramiales	Rhodomelaceae	<i>Acanthophora</i>	<i>Acanthophora spicifera</i>
	Gigartinales	Cystocloniaceae	<i>Hypnea</i>	<i>Hypnea musciformis</i> <i>H. pannosa</i> <i>H. spinella</i>
				<i>Solieria robusta</i>
				<i>Gracilaria coronopifolia</i> <i>G. salicornia</i>
	Gracilariales	Gracilariaceae	<i>Gracilaria</i>	
		Halymeniaceae	<i>Halymenia</i>	<i>Halymenia maculata</i>
Phaeophyta	Dictyotales	Dictyotaceae	<i>Padina</i>	<i>Padina minor</i> <i>P. boergesenii</i>
				<i>Sargassum ilicifolium</i> <i>S. polycystum</i>
	Fucales	Sargassaceae	<i>Sargassum</i>	
Divisi = 3	Order = 8	Famili = 13	Genus = 13	Spesies = 23

Jadual 2. Data Parameter Fizikokimia direkodkan di Selatan Pulau Merambong, Johor.

Parameter fizikokimia	Nilai parameter
Suhu	31.43 °C
pH	8.47 pH
Tahap kemasinan	22.82 ppt
Keupayaan	32.4 ms ⁻¹
Kepekatan oksigen terlarut	7.57 mg/L
Fosfat	0.42 mg/L
Ammonia	0.2656 mg/L
Nitrat	0.0176 mg/L

3.2 Taburan Rumpai Laut dalam Mikrohabitat Batu

Analisis One-Way ANOVA menunjukkan terdapat perbezaan yang signifikan ($p=0.0251$) bagi taburan rumpai laut pada mikrohabitat jenis batu. Analisis terhadap empat jenis substrat batu iaitu tongkol, bongkah, ladam, dan kerikil yang membentuk mikrohabitat rumpai laut di Pulau Merambong menunjukkan perbezaan jelas dalam kepelbagaian dan kelimpahan spesies rumpai laut. Secara keseluruhan, analisis Indeks Shannon (H') dan Indeks Simpson (1-D) menunjukkan bahawa substrat batu bongkah mencatatkan kepelbagaian spesies rumpai laut tertinggi ($H'=2.773$; 1-D=0.9375), diikuti oleh batu tongkol ($H'=2.639$; 1-D=0.9286), manakala batu ladam ($H'=2.197$; 1-D=0.8889) dan kerikil ($H'=1.946$; 1-D=0.8571) menunjukkan nilai kepelbagaian yang lebih rendah (Jadual 3). Dapatan ini menunjukkan bahawa substrat yang lebih stabil dan luas seperti bongkah dan tongkol menyediakan mikrohabitat yang lebih sesuai dan seimbang bagi pertumbuhan pelbagai spesies rumpai laut, berbanding substrat yang lebih kecil dan tidak stabil seperti ladam dan kerikil yang hanya menyokong beberapa spesies dominan akibat gangguan fizikal yang kerap. Fenomena ini sejajar dengan kajian ekologi marin yang menunjukkan bahawa substrat yang lebih stabil dan luas pada jenis batu bongkah dan tongkol dengan menyediakan habitat yang lebih kondusif untuk pelbagai spesies berinteraksi dan berkembang (Johan et al. 2015).

Prinsip ekologi marin yang menekankan kepentingan struktur substrat dalam mempengaruhi kepelbagaian dan kelimpahan rumpai laut (SEAFDEC 2016). Tindakan ombak yang menghempas di kawasan batu membantu menstabilkan suhu air laut serta mencampur-gaulkan sumber nutrien serta gas-gas yang terlarut. Substratum berbatu membenarkan aliran air yang baik, menyediakan nutrien dan oksigen yang diperlukan oleh rumpai laut (El-Manaway & Rashedy 2022). Selain itu, kajian oleh Harborne et al. (2006) juga menyatakan bahawa struktur substrat mempengaruhi pola kepelbagaian dan dominasi rumpai laut. Kawasan berbatu menyediakan beberapa nic bagi rumpai laut, iaitu lopak air pada permukaan batu, lekukan menegak dan melintang batu, bahagian terdedah dan terlindung pada batu bongkah (Zainee et al. 2019).

Jadual 3. Nilai Indeks kepelbagaian setiap habitat mengikut jenis batu.

Jenis Batu	Indeks Shannon (H')	Indeks Simpson (D)
Tongkol	2.639	0.9286
Bongkah	2.773	0.9375
Ladam	2.197	0.8889
Kerikil	1.946	0.8571

3.3 Perbandingan dengan Kajian Lepas di Pulau Merambong

Analisis perbandingan One-Way ANOVA antara kajian ini dengan kajian terdahulu yang dijalankan oleh Abidah (2014), Syafiqah (2016) dan Hashim (2024) menunjukkan perbezaan yang signifikan dengan nilai ($p=0.001581$). Indeks Simpson (1-D) menunjukkan 2.891% penurunan dari 0.975 pada tahun 2014 kepada 0.95 pada awal tahun 2024, yang menandakan berlakunya penurunan dalam kepelbagaian rumpai laut serta peningkatan dominasi oleh beberapa spesies seperti *Solieria robusta* dan *Ulva lactuca*. Walaubagaimanapun, pada akhir tahun 2024, terdapat 1.907% peningkatan kepada 0.9565, yang menggambarkan berlakunya pemulihan dalam kepelbagaian spesies rumpai laut di kawasan tersebut. Manakala, bagi Indeks Shannon (H') yang turut menunjukkan 10.052% penurunan dari 3.689 pada tahun 2014 kepada 2.996 pada awal tahun 2024, mengesahkan bahawa terdapat pengurangan dalam kepelbagaian dan kerumitan komuniti rumpai laut. Namun, pada akhir tahun 2024, indeks ini meningkat (6.131%) kepada 3.135, menandakan peningkatan dalam kepelbagaian dan keseimbangan spesies (Jadual 4).

Jadual 4. Nilai Indeks kepelbagaian antara kajian ini dengan kajian lepas di Pulau Merambong.

Indeks	2014	2016	Awal-2024	Akhir-2024
Simpson	0.975	0.9655	0.95	0.9565
Shannon	3.689	3.367	2.996	3.135

3.4 Genus Hypnea dominan di mikrohabitat berbatu

Hypnea adalah genus dominan yang paling kerap ditemui di mikrohabitat berbatu. Genus ini tumbuh dengan banyak dan mempunyai jumlah individu tertinggi.

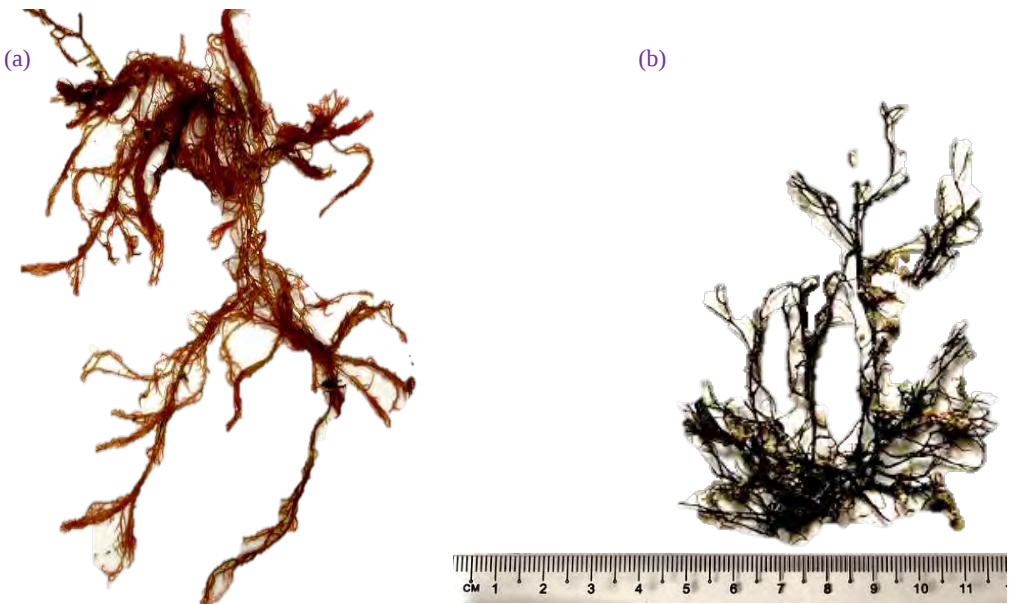
Pengelasan
Rhodophyta (Filum (Divisi))
Eurhodophytina (Subphylum (Subdivisi))
Florideophyceae (Kelas)
Rhodymeniophycidae (Subkelas)
Gigartinales (Order)
Cystocloniaceae (Famili)
Hypnea (Genus)

Hypnea musciformis (Wulfen) J. V. Lamouroux; Rajah 2a

Penerangan spesies: Rumpai laut merah struktur talus yang keras. Percabangan silinder yang longgar, dengan ketinggian 12 cm dan semakin ke hujung semakin mengecil dan leper. Rumpai laut ini bercabang dengan corak yang tidak teratur dan menyerupai tali yang seperti melilit.

Hypnea spinella (C. Agardh) Kützing; Rajah 2b

Penerangan spesies: Tumbuhan sespitos yang tumbuh secara berkelompok dan berumbun membentuk hamparan yang padat. Ketinggian beranggaran 3-5 cm. Talus berwarna merah keperangan hingga merah tua. Tumbuhan ini melekap melalui pelekap jenis diskoid. Terdapat percabangan yang tidak sekata pada talus dan talus tumbuh secara menegak. Percabangan tidak sekata dan melekat antara satu sama lain atau dikenali sebagai anastomos. Apeks percabangan berbentuk tajam bak duri atau akut.



Rajah 2. (a) *Hypnea musciformis*, dan (b) *Hypnea spinella*.

4. Kesimpulan

Kajian terkini mendapati bahawa kepelbagaian spesies rumpai laut adalah tinggi di Pulau Merambong, Johor. Parameter fizikokimia seperti suhu, pH, saliniti, konduktiviti, kandungan nutrien air serta oksigen terlarut merupakan faktor yang mempengaruhi taburan rumpai laut menunjukkan bahawa rumpai laut hidup dalam persekitaran berlainan. Taburan mikrohabitat rumpai laut di Pulau Merambong menunjukkan perbezaan jelas mengikut jenis substrat batu. Kajian ini membuktikan bahawa substrat bagi tekstur berbatu ini bertindak sebagai pemangkin utama kerana menyediakan permukaan yang kukuh dan stabil untuk rumpai laut melekat dan berkembang.

Rujukan

- Arinah, A. 2008. Faktor-faktor mempengaruhi pertumbuhan rumpai laut (*Euchema*) di Pulau Banggi, Kudat, Sabah Malaysia. Tesis SmSn, Universiti Malaysia Sabah.
- Asmida, I. & Ahmad, I. 2006. Kajian Taksonomi dan Ekologi Makroalga Marin. *Institute of Research, Development and Commercialization (IRDC)*.
- Choi, T.S., Kang, E.J, Kim, J. & Kim, K.Y. 2010. Effect of salinity on growth and nutrient uptake of *Ulva pertusa* (Chlorophyta) from an eelgrass bed. *Algae* 25(1): 17-26.
- Dwirejeki, S., Rahayu, A., Relex, D. & Muslihatin, W. 2019. Macroalgae Identification.
- El-Manaway, I.M. & Rashedy, S.H. 2022. The Ecology and Physiology of Seaweeds: An Overview. In *Springer eBooks*: 3-16.
- Fabricius, K.E., Langdon, C., Uthicke, S., Humphrey, C., Noonan, S., De'ath, G., Okazaki, R., Muellehner, N., Glas, M.S. & Lough, J.M. 2011. Losers and Winners in Coral Reefs Acclimatized to Elevated Carbon Dioxide Concentrations. *Nature Climate Change* 1(3):165-169.
- Harborne, A.R., Mumby, P.J., & Ferrari, R. 2006. The influence of substratum composition on the distribution and diversity of coral reef fishes. *Marine Ecology Progress Series* 316: 173-182.
- Johan, O., Erlania & Radiarta, I.N. 2015. Hubungan Substrat Dasar Perairan Dengan Kehadiran Rumpit Laut Alam Di Perairan Ujung Genteng, Sukabumi, Jawa Barat. *Jurnal Riset Akuakultur*: 10(4).
- Juhaina, N. 2013. *Jenis-jenis Rumpai Laut*. Blog Seaweed PMC.
- Karleskint, G., Turner, R. & Small, J.W. 2013. *Introduction to marine algae*. 4th Ed. USA: Yolanda Cossio.
- Koch, M., Bowes, G., Ross, C. & Zhang, X.H. 2013. Climate Change and Ocean Acidification Effects on Seagrasses and Marine Macroalgae. *Global Change Biology* 19(1): 103-132
- Muhammad Imran Khan, Shin, J.H. & Kim, J.D. 2018. The Promising Future of Microalgae: Current Status, Challenges, and Optimization of a Sustainable and Renewable Industry for Biofuels, Feed, and Other Products. *Microbial Cell Factories* 17(1): 1-21.
- Radio, N.M., & Strukelj, B. 2012. Bioactive metabolites from marine algae: An overview. *Marine Drugs* 10(4): 1234–1250.
- Reece, J.B. 2013. *Biology* (10th Edition). London: Benjamin Cummings.
- SEAFDEC/AQD Institutional Repository. 2016. *Seaweeds of Panay*. <https://repository.seafdec.org.ph/bitstream/handle/10862/560/seaweeds-of-panay.pdf> [di akses pada 2 Julai 2025]
- Shepherd, S. & Edgar, G. 2013. *Ecology of Australian Temperate Reefs: The Unique South*. CSIRO publishing.
- Zainee, N.F.A, Ahmad, I., Nazlina, I. & Asmida, I. 2019. Rumpai Laut Johor (Johor Seaweed). Bangi: Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia

Kepelbagaian dan Taburan Rumpai Laut di Utara Pulau Merambong, Johor

Nur Amira Batrisyia Isham¹, Juria Bacha Kenedy¹, Wan Dhiya Ainin Sofiya Wan D'zylne¹, Mohamed Effendi Taip² & Nur Farah Ain Zainee^{1*}

¹Department of Biological Sciences and Biotechnology, Faculty of Science and Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor, Malaysia

² Department of Earth Sciences and Environment, Faculty of Science and Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor, Malaysia

* E-mail of corresponding author: farahzainee@ukm.edu.my

Abstrak: Pulau Merambong terletak di bahagian selatan Malaysia, dilitupi oleh pelbagai jenis sedimen seperti pasir, batu, karang mati, lumpur dan paya bakau. Sedimen ini menjadi habitat utama kepada tumbuhan laut seperti rumpai laut. Perubahan fizikal di kawasan habitat rumpai laut seperti laluan kapal, penambakan pantai dan aktiviti pembangunan mampu mengubah komposisi rumpai laut di kawasan tersebut. Pulau Merambong khususnya di bahagian utara, turut terdedah kepada perubahan ini. Pelbagai kajian telah dijalankan di habitat karang hidup, namun kajian terhadap kepelbagaian rumpai laut di kawasan karang mati-paya bakau masih kurang dijalankan. Oleh itu, kajian ini dijalankan dengan objektif untuk mengenal pasti kepelbagaian dan taburan rumpai laut di mikrohabitat di utara Pulau Merambong. Seluas 2,500 m² kawasan pensampelan telah diterokai secara rawak terpilih dengan mengumpul sampel rumpai laut yang tumbuh di kawasan sekitar karang mati, pada akar dan batang bakau, serta sampel yang tumbuh berhampiran pokok bakau. Sampel rumpai laut yang telah dikumpul kemudian dibersihkan, dikenal pasti dan diawet sebagai spesimen herbarium dan seterusnya kekunci pengecaman dibina berdasarkan spesimen yang telah dikumpul. Hasil kajian menunjukkan sebanyak 25 spesies rumpai laut (tiga divisi, lapan order dan 13 famili) telah berjaya direkodkan di habitat karang mati-paya bakau. Komposisi spesies antara habitat yang berbeza tidak menunjukkan perbezaan yang signifikan ($p > 0.05$; $p = 0.06116$), dengan julat indeks kepelbagaian antara 1.912–2.655. Substrat pasir mencatatkan bilangan spesies tertinggi (16 spesies), diikuti substrat batu (15 spesies). Dapatan ini menunjukkan bahawa pelbagai jenis substrat menyediakan habitat yang kondusif untuk pertumbuhan rumpai laut.

Kata kunci: Alga, bakau, habitat, karang mati, pulau

Abstract: Pulau Merambong is located in the southern part of Malaysia and is covered by various types of sediments such as sand, rocks, dead corals, mud and mangroves. These sediments serve as the main habitat for marine plants such as seaweeds. Physical changes in seaweed habitat areas such as shipping routes, coastal reclamation and development activities can alter the composition of seaweeds in those areas. Pulau Merambong, particularly in its northern region, is also exposed to these changes. Numerous studies have been conducted on live coral habitats, however, research on the diversity of seaweeds in dead coral–mangrove areas remains limited. Therefore, this study was conducted with the objective of identifying the diversity and distribution of seaweeds in the microhabitats of northern Pulau Merambong. A total sampling area of 2,500 m² was explored using a random selection approach by collecting seaweed samples growing around dead coral areas, on mangrove roots and stems, and near mangrove trees. The collected seaweed samples were then cleaned, identified and preserved as herbarium specimens. Subsequently, an identification key was developed based on the collected specimens. The results of the study recorded 25 seaweed species belonging to three divisions, eight orders, and 13 families in the dead coral–mangrove habitat. The species composition among different habitats showed no significant difference ($p > 0.05$; $p = 0.06116$), with diversity index values ranging between 1.912 and 2.655. Sandy substrates recorded the highest number of species (16 species), followed by rocky substrates (15 species). These findings indicate that various types of substrates provide a conducive habitat for seaweed growth.

Keywords: Algae, mangrove, habitat, dead coral, island

1. Pengenalan

Rumpai laut memainkan peranan penting dalam kelestarian ekosistem laut kerana rumpai laut menjadi habitat utama bagi pelbagai spesies marin seperti ikan, udang dan moluska (Zainee et al. 2019a). Padang rumput laut yang menjadi habitat rumpai laut dapat memberikan perlindungan kepada organisma marin kecil daripada pemangsa dan juga menjadi tempat perlindungan serta pembiakan untuk spesies yang lebih besar (Waycott et al. 2009). Selain itu, rumpai laut juga membantu dalam menstabilkan substrat laut dan mengurangkan risiko hakisan pantai dengan menyimpan pasir dan lumpur di antara pelekapnya (Hakim & Patel 2020). Hal ini penting bagi memelihara struktur pantai yang stabil serta melindungi pantai daripada kemerosotan yang disebabkan oleh gelombang laut dan pengaruh cuaca. Tambahan pula, rumpai laut juga berperanan dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfera dan mengurangkan kandungan karbon dioksida dalam air laut melalui proses fotosintesis serta membantu dalam mengurangkan kesan perubahan iklim (Waycott et al. 2009).

Kajian berkaitan rumpai laut telah banyak dijalankan oleh para penyelidik di seluruh dunia mahupun penyelidik di Malaysia. Kajian berkaitan rumpai laut ini kebiasaannya dijalankan bagi memahami kepelbagaian spesies rumpai laut, mengenal pasti habitat yang sesuai untuk pertumbuhannya serta menilai potensi rumpai laut dalam pelbagai bidang seperti industri makanan, farmaseutikal dan bioteknologi. Antara penyelidik yang menjalankan kajian berkaitan rumpai laut ialah Widyartini, Hidayah dan Insan (2023) yang mengkaji kepelbagaian dan corak taburan rumpai laut yang berpotensi menghasilkan sebatian bioaktif di Pantai Menganti, Jawa Tengah, Indonesia. Selain itu, antara penyelidik yang menjalankan kajian dalam bidang farmaseutikal ialah Lomartire dan Gonçalves (2022), di mana kajian mereka bertujuan untuk memahami dengan lebih mendalam tentang penggunaan rumpai laut dalam pembangunan ubat sebagai pengganti sebatian sintetik. Seiring dengan matlamat penyelidikan ini yang bertujuan untuk menyenaraikan spesies rumpai laut yang berpotensi digunakan bagi kajian lebih lanjut. Di Malaysia pula, kajian oleh Zainee et al. (2018) telah dijalankan bagi mengkaji kepelbagaian kulat endofit pada *Ulva lactuca* di Pengerang dan Nusajaya, manakala kajian yang dijalankan oleh Asmida et al. (2017) yang mengkaji biodiversiti makroalga di Blue Lagoon, Selat Melaka.

Kajian mengenai rumpai laut di Pulau Merambong juga telah dijalankan oleh beberapa penyelidik (Nor Nabillah 2013; Abidah 2014; Jannatulhawa 2016; Syafiqah 2016; Hashim et al. 2024). Hashim et al. (2024) menjalankan kajian untuk merekod dan membandingkan rumpai laut sebelum, semasa dan selepas aktiviti penambakan berhampiran pulau tersebut. Hasil kajian mendapati bahawa aktiviti penambakan memberi impak negatif secara signifikan terhadap komposisi rumpai laut (Hashim et al. 2024). Sebelum aktiviti penambakan dijalankan, Abidah (2014) merekodkan sebanyak 40 spesies rumpai laut, namun jumlahnya menurun kepada 29 spesies semasa penambakan (Syafiqah 2016) dan terus berkurang kepada 19 spesies selepasnya (Hashim et al. 2024). Antara faktor yang mempengaruhi habitat rumpai laut di Pulau Merambong ialah gangguan antropogenik seperti laluan kapal, projek penambakan dan aktiviti pembangunan (Hashim et al. 2024) yang berpunca daripada kawasan berdekatan seperti Pelabuhan Tanjung Pelepas dan Forest City (Kumar et al. 2020; Rahman 2017). Kajian ini menunjukkan keperluan untuk meneruskan pemantauan dan penyelidikan berterusan bagi memelihara kelestarian rumpai laut di kawasan tersebut. Oleh itu, kajian ini bertujuan untuk menyenaraikan rumpai laut yang hadir di Pulau Merambong secara spesifiknya di utara Pulau Merambong yang bertentangan serta paling hampir dengan pelabuhan dan penambakan Forest City. Dapatan kajian ini memberikan gambaran kesan gangguan berterusan yang berpunca daripada pelabuhan dan aktiviti pinggir pantai terhadap komuniti rumpai laut di Pulau Merambong.

2. Bahan dan Kaedah

2.1 Lokasi kajian

Kajian ini dilaksanakan di Pulau Merambong, Johor. Pulau Merambong merupakan sebuah pulau tidak berpenghuni yang terletak di perairan Selat Tebrau berhampiran sempadan maritim Malaysia-Singapura, kira-kira 1683.59 meter dari Singapura (Google Earth, 2024). Pulau ini terletak di kawasan strategik berhampiran laluan perkapalan menuju ke Pelabuhan Tanjung Pelepas (PTP), loji

janakuasa Tanjung Bin dan kawasan perindustrian Tuas, Singapura.

Lokasi pensampelan dijalankan di bahagian utara Pulau Merambong, yang mempunyai ciri pantai berpasir, berbatu dan berbakau (Rajah 1). Kepelbagaian substrat di kawasan ini menjadikannya habitat sesuai untuk pertumbuhan rumpai laut (Zainee et al. 2019b). Tiga stesen pensampelan telah ditetapkan pada bahagian utara Pulau Merambong iaitu Stesen 1 dan Stesen 2 mewakili kawasan pantai berpasir dan berbatu, manakala Stesen 3 mewakili kawasan berbatu dan berbakau.



Rajah 1. Peta lokasi Pulau Merambong dan stesen pensampelan di utara Pulau Merambong.
Stesen 1 kawasan berpasir, Stesen 2 kawasan berpasir-batu, dan Stesen 3 kawasan berbatu-bakau.

2.2 Pengumpulan sampel rumpai laut

Proses pengumpulan sampel rumpai laut telah dijalankan pada 29 dan 30 November 2024, dengan menggunakan kaedah pensampelan rawak di tiga stesen pada bahagian utara Pulau Merambong. Semakan di dalam aplikasi Tides menunjukkan air laut surut dengan anggaran 0.5 meter selama dua jam.

2.3 Penyediaan spesimen herbarium

Proses penyediaan spesimen herbarium menggunakan kertas herbarium, forsep dan berus lukisan. Sampel yang telah bersih daripada sedimen, epifit dan epizoik diletakkan di atas kertas herbarium dan kemudian tepian spesimen dikemas menggunakan berus dan forsep. Spesimen dikeringkan pada suhu bilik dan kemudian dihantar ke Herbarium Alga Universiti Kebangsaan Malaysia.

2.4 Pengecaman spesies rumpai laut

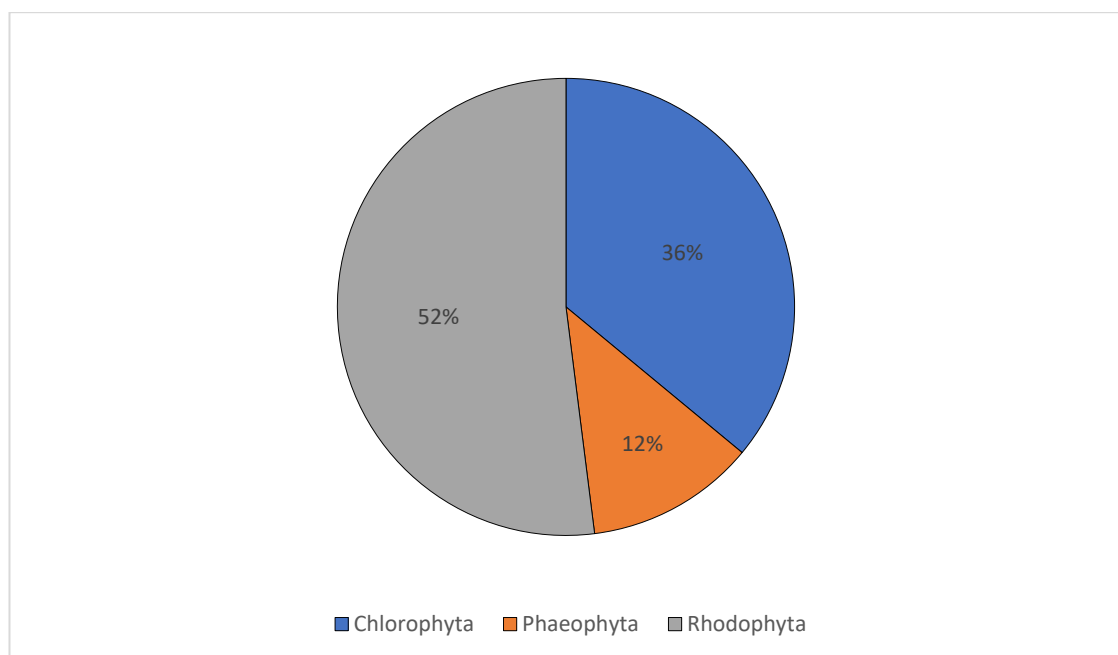
Proses pengecaman berdasarkan ciri morfologi dan anatomi seperti ketinggian talus, warna, percabangan serta jenis pelekap. Bagi sampel yang kecil atau sampel yang memerlukan prosedur keratan rentas, mikroskop digunakan untuk pengecaman spesies berdasarkan ciri-ciri morfologinya. Antara rujukan utama bagi proses pengecaman spesies ialah buku *Rumpai Laut Johor* (Zainee et al. 2019a), AlgaeBase dan World Register of Marine Species (WoRMS). Setiap sampel dilabel dengan maklumat lengkap dan disimpan dalam fail selepas proses pengecaman selesai.

2.5 Analisis data

Analisis data yang digunakan bagi kajian ini adalah One-Way ANOVA, Indeks Kepelbagaian Shannon dan Indeks Kepelbagaian Simpson.

3. Hasil dan Perbincangan

Sebanyak 25 spesies rumpai laut telah direkodkan di utara Pulau Merambong yang terdiri daripada tiga divisi, lapan order dan 13 famili. Secara keseluruhan, Rhodophyta merupakan divisi paling dominan di kawasan kajian dengan 13 spesies (52%), diikuti oleh Chlorophyta sebanyak sembilan spesies (36%) dan Phaeophyta sebanyak tiga spesies (12%) seperti dalam Rajah 2. Divisi Chlorophyta diwakili oleh lima genus iaitu *Avrainvillea*, *Bryopsis*, *Caulerpa*, *Chaetomorpha*, dan *Ulva*. Genus *Padina* mendominasi sepenuhnya kawasan di utara Pulau Merambong bagi divisi Phaeophyta. Divisi Rhodophyta merekodkan lapan genus yang terdiri daripada *Acanthophora*, *Centroceras*, *Ceramium*, *Chondrus*, *Gracilaria*, *Halymenia*, *Hypnea*, dan *Solieria* (Jadual 1).



Rajah 2. Peratus spesies bagi divisi Chlorophyta, Phaeophyta dan Rhodophyta.

3.1 Perbandingan dengan kajian lepas

Hasil kajian ini mencatatkan 25 spesies di utara Pulau Merambong pada November 2024. Manakala, terdapat 32 spesies telah dicatatkan di Pulau Merambong pada Februari dan Mac tahun 2016 oleh Jannatulhawa (2016) dan 31 spesies telah dicatatkan pada Februari 2024 oleh Hashim et al. (2024) di Pulau Merambong. Perbandingan ini menunjukkan bahawa terdapat penurunan jumlah spesies rumpai laut dari tahun 2016 ke tahun 2024, terutamanya jika dibandingkan secara langsung antara kajian Jannatulhawa (2016) (32 spesies) dan Hashim et al. (2024) (31 spesies) dengan kajian yang terkini pada November 2024 (25 spesies). Pemilihan perbandingan kajian lepas berdasarkan kaedah kajian dan pulau yang sama. Tempoh pensampelan juga dipilih dalam julat tempoh yang sama iaitu Oktober hingga Mac, iaitu tempoh selepas monsun. Walau bagaimanapun, dari segi titik pensampelan kajian terkini memfokuskan kepada bahagian utara Pulau Merambong sahaja.

Jadual 1. Senarai spesies yang ditemui di Utara Pulau Merambong, Johor.

Divisi	Order	Famili	Spesies	Nama Pengarang
Chlorophyta	Bryopsidales	Bryopsidaceae	<i>Bryopsis pennata</i>	J.V.Lamouroux, 1809
			<i>B. plumosa</i>	(Hudson) C.Agardh, 1823
		Caulerpaceae	<i>Caulerpa sertularioides</i>	(S.G.Gmelin) M.Howe, 1905
			<i>C. lentillifera</i>	J.Agardh, 1837
			<i>C. racemosa</i>	(Forsskål) J.Agardh, 1873
			<i>Avrainvillea erecta</i>	(Berkeley) A.Gepp & E.S.Gepp, 1911
		Cladophorales	<i>Chaetomorpha ligustica</i>	(Kützting) Kützting, 1849
	Ulvaes	Ulvaceae	<i>Ulva lactuca</i>	Linnaeus, 1753
			<i>U. reticulata</i>	Forsskål, 1775
Phaeophyta	Dictyotales	Dictyotaceae	<i>Padina minor</i>	Yamada, 1925
			<i>P. boergesenii</i>	Allender & Kraft, 1983
			<i>P. tetrastromatica</i>	Hauck, 1887
Rhodophyta	Ceramiales	Ceramiaceae	<i>Centroceras clavulatum</i>	(C.Agardh) Montagne, 1846
			<i>Ceramium</i> sp.	Roth, 1797
		Rhodomelaceae	<i>Acanthophora spicifera</i>	(M.Vahl) Børgesen, 1910
	Gracilariales	Gracilariaceae	<i>Gracilaria salicornia</i>	(C.Agardh) E.Y.Dawson, 1954
			<i>G. coronopifolia</i>	J.Agardh, 1852
			<i>G. canaliculata</i>	Sonder, 1871
			<i>G. changii</i>	(B.M.Xia & I.A.Abbott) I.A.Abbott, J.Zhang & B.M.Xia, 1991
	Halymeniales	Halymeniaceae	<i>Halymenia maculata</i>	J.Agardh, 1885
			<i>H. floresii</i>	(Clemente) C.Agardh, 1817
			<i>Hypnea cervicornis</i>	J.Agardh, 1851
	Gigartinales	Cystocloniaceae	<i>H. spinella</i>	(C.Agardh) Kützting, 1847
			<i>Chondrus crispus</i>	Stackhouse, 1797
		Solieriaceae	<i>Solieria robusta</i>	(Greville) Kylin, 1932

3.2 Perbandingan antara stesen kajian

Komposisi spesies antara stesen tidak menunjukkan perbezaan yang signifikan ($p > 0.05$; $p = 0.06116$). Berdasarkan Jadual 2, Stesen 1 mencatatkan nilai Indeks Kepelbagaian Shannon tertinggi (2.655), diikuti Stesen 2 (2.603) dan Stesen 3 (1.912), menunjukkan bahawa Stesen 1 mempunyai kepelbagaian spesies tertinggi manakala Stesen 3 paling rendah. Bagi Indeks Kepelbagaian Simpson, Stesen 2 mencatatkan nilai tertinggi (0.9057), diikuti Stesen 1 (0.9053) dan Stesen 3 (0.8352). Nilai ini menunjukkan bahawa Stesen 2 mempunyai dominasi spesies yang lebih tinggi berbanding dua stesen lain kerana nilai indeksinya lebih menghampiri 1.

Jadual 2. Nilai indeks kepelbagaian mengikut stesen di utara Pulau Merambong.

Parameter	Stesen 1	Stesen 2	Stesen 3
Bilangan Spesies	19	18	8
Bilangan individu	54	69	25
Indeks Kepelbagaian Shannon	2.655	2.603	1.912
Indeks Kepelbagaian Simpson	0.9053	0.9057	0.8352

3.3 Perbandingan mikrohabitat rumpai laut

Rumpai laut didapati tumbuh pada pelbagai jenis substrat seperti batu, pasir, karang, karang lembut, kayu reput dan secara epifit pada organisma lain. Namun, kajian ini mendapati taburan rumpai laut tidak seragam antara substrat tersebut. Substrat pasir mencatatkan bilangan spesies tertinggi (16 spesies), diikuti substrat batu (15 spesies) (Jadual 3). Substrat pasir dan batu menyediakan permukaan yang sesuai untuk pertumbuhan rumpai laut sama ada melalui pelekap langsung atau separa terbenam. Kehadiran zarah pasir halus dan kasar membantu struktur pelekap menembusi dengan baik bagi mendapatkan kestabilan daripada arus dan ombak (Zainee et al. 2019b). Kajian Zawawi et al. (2014) turut menyokong bahawa substrat batu mempunyai kepelbagaian rumpai laut tertinggi kerana menjadi medium utama pelekap rumpai laut.

Substrat lain mencatatkan bilangan spesies yang lebih rendah seperti karang (dua spesies: *Ulva lactuca*, *Solieria robusta*), karang lembut (satu spesies: *Avrainvillea erecta*), kayu reput (satu spesies: *U. lactuca*) dan epifit (tiga spesies: *Padina minor*, *Centroceras clavulatum*, *Ceramium sp.*). Bilangan yang rendah ini disebabkan oleh kestabilan substrat yang rendah, pencahayaan tidak mencukupi dan daya pelekap yang lemah. Tekanan daripada arus dan ombak turut menyebabkan rumpai laut mudah tercabut apabila substrat tidak kukuh (Diez et al. 2003; Mach et al. 2007). *U. lactuca* dan *P. minor* pula mampu hidup di pelbagai substrat kerana kebolehtahannya terhadap gangguan fizikal persekitaran.

Jadual 3. Senarai spesies mengikut pecahan stesen.
 Petunjuk: Kehadiran [+ (hadir); - (tidak hadir)]; Substrat [b (batu);
 p (pasir); k (karang); s (karang lembut); r (kayu reput); e (epifit)]

Spesies	Stesen 1	Stesen 2	Stesen 3
<i>Bryopsis pennata</i>	+p	+p	-
<i>B. plumosa</i>	+p	+p	-
<i>Caulerpa sertularioides</i>	+p	+p	-
<i>C. lentillifera</i>	+bp	+bp	-
<i>C. racemosa</i>	+bp	+bp	-
<i>Avrainvillea erecta</i>	+ps	+ps	-
<i>Chaetomorpha ligustica</i>	-	-	+p
<i>Ulva lactuca</i>	+bk	+bk	+bkr
<i>U. reticulata</i>	-	-	+b
<i>Padina minor</i>	+bpe	+bpe	-
<i>P. boergesenii</i>	+b	+b	-
<i>P. tetrastrum</i>	+b	+b	-
<i>Centroceras clavulatum</i>	-	-	+e
<i>Ceramium</i> sp.	-	-	+e
<i>Acanthophora spicifera</i>	+bp	+bp	+b
<i>Gracilaria salicornia</i>	+bp	+bp	-
<i>G. coronopifolia</i>	+bp	+bp	-
<i>G. canaliculata</i>	+bp	+bp	-
<i>G. changii</i>	+bp	+bp	-
<i>Halymenia maculata</i>	-	-	+b
<i>H. floresii</i>	-	-	+b
<i>Hypnea cervicornis</i>	+p	+p	-
<i>H. spinella</i>	+p	+p	-
<i>Chondrus crispus</i>	+p	-	-
<i>Solieria robusta</i>	+bk	+bk	-

3.4 Spesies dominan

Ulva lactuca adalah spesies dominan yang ditemui di kesemua stesen pensampelan dan hadir pada hampir kesemua jenis sedimen termasuklah batu, pasir, lumpur, permukaan kayu reput dan cangkerang siput.

Pengelasan
 Chlorophyta (Phylum (Division))
 Chlorophytina (Subphylum (Subdivision))
 Ulvophyceae (Class)
 Ulvales (Order)
 Ulvaceae (Family)
Ulva (Genus)
Ulva lactuca Linnaeus, 1753



Rajah 3. (a) *U. lactuca* pada permukaan kayu reput (b) Habit *U. lactuca* pada permukaan specimen herbarium

Penerangan spesies: Talus berwarna hijau dengan struktur ringkas tanpa percabangan. Lamina dalam bentuk parenkima dengan ketinggian anggaran 15-30 cm. Talus beralun dengan margin sekata dan licin. Pelekap berbentuk cakera. Talus bertindan dan tersusun membentuk hamparan.

4. Kesimpulan

Kajian ini telah berjaya merekodkan 25 spesies rumpai laut di utara Pulau Merambong. Dapatan menunjukkan bahawa komposisi spesies antara stesen tidak menunjukkan perbezaan yang signifikan ($p = 0.06116$), namun terdapat variasi dalam nilai Indeks Kepelbagaian Shannon. Stesen 1 dan Stesen 2 mencatatkan kepelbagaian yang lebih tinggi berbanding Stesen 3, manakala data mikrohabitat menunjukkan bahawa substrat pasir dan batu mempunyai jumlah spesies yang paling banyak, menjadikannya habitat utama yang kondusif bagi pertumbuhan rumpai laut. Rumpai laut memerlukan pelbagai substrat untuk hidup di sesuatu habitat, melalui kajian ini menunjukkan rumpai laut lebih banyak tumbuh di habitat berpasir dan berbatu berbanding habitat paya bakau. Secara keseluruhan, kajian ini memberikan gambaran terkini mengenai status kepelbagaian rumpai laut di Pulau Merambong selepas beberapa tahun berlakunya aktiviti penambakan. Namun, pemantauan berkala dicadangkan bagi menilai perubahan jangka panjang komposisi spesies rumpai laut di Pulau Merambong.

Rujukan

- Abidah, A. 2014. Floristic and Ecological Study of Marine Macroalgae of Three Selected Islands of Johor Coastal. Disertasi Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Asmida, I., Noor Akmal, A.B., Ahmad, I. & Sarah Diyana, M. 2017. Biodiversity of Macroalgae in Blue Lagoon, the Straits of Malacca, Malaysia and Some Aspects of Changes in Species Composition. *Sains Malaysiana* 46 (1): 1-7.
- Diez, I., Santolaria, A. & Gorostiaga, J.M. 2003. The Relationship of Environmental Factors to The Structure and Distribution of Subtidal Seaweed Vegetation of The western Basque Coast (Spain). *Estuarine Coastal and Shelf Science* 56: 1041-1054.
- Hakim, M.M. & Patel, I.C. 2020. A Review on Phytoconstituents of Marine Brown Algae. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences* 6(129).
- Hashim, J., Zainee, N.F.A., Zaifoor, N.A. & Taip, M.E. 2024. Kepelbagaian Rumpai Laut di Pulau Merambong. *The Diversity of Seaweed in Merambong Island* 2(1): 28-33.
- Jannatulhawa, J. 2016. Kepelbagaian Makroalga Bentik di Pulau Merambong, Johor dan Pantai Bagan Pinang, Negeri Sembilan. Disertasi Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Kumar, V., Kamboj, N., Payum, T., Singh, J. & Kumar, P. 2020. *Advances In Environmental Pollution Management*. Wastewater Impacts and Treatment Technologies jilid 1. Haridwar: Agro Environ

Media.

- Lomartire, S. & Gonçalves, A.M.M. 2022. An Overview of Potential Seaweed-Derived Bioactive Compounds for Pharmaceutical Applications. *Mar. Drugs* 20 (2): 141.
- Mach, K.J., Nelson, D.V. & Denny, M.W. 2007. Techniques for Predicting The Lifetimes of Waveswept Macroalgae: A Primer on Fracture Mechanics and Crack Growth. *The Journal of Experimental Biology* 210 (13): 2213–2230.
- Nor Nabillah, M.S. 2013. Floristic and Ecological Study of Marine Macroalgae in Pulau Merambong dan Pulau Kukup, Johor. Bangi: Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Rahman, S. 2017. *Trends in Southeast Asia*. Johor's Forest City Faces Critical Challenges. Singapore: ISEAS Publishing.
- Syafiqah, N.A.S. 2016. Distribution of Marine Macroalgae in Pantai Comas, Negeri Sembilan and Pulau Merambong, Johor. Tesis Sarjana Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Waycott, M., Duarte, C. M., Carruthers, T. J. B., Orth, R. J., Dennison, W. C., Olyarnik, S., Calladine, A., Fourqurean, J. W., Heck, K. L., Jr., Hughes, A. R., Kendrick, G. A., Kenworthy, W. J., Short, F. T. & Williams, S. L. 2009. Accelerating Loss of Seagrasses Across the Globe Threatens Coastal Ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(30): 12377-12381.
- Widyartini, D.S., Hidayah, H.A. & Insan, A.I. 2023. Diversity and Distribution Pattern of Bioactive Compound Potential Seaweed in Menganti Beach, Central Java, Indonesia. *Biodiversitas* 24 (2): 1125-1135.
- Zainee, N.F.A., Ibrahim, N., Ismail, A., Taip, M.E. & Asmida, I. 2018. Kepelbagaian Kulat Endofit daripada *Ulva lactuca*: Alga Hijau Dominan di Malaysia. *Malaysian Applied Biology* 47(5): 1-5.
- Zainee, N.F.A., Ibrahim, N. & Asmida, I. 2019a. *Rumpai Laut Johor*. Bangi: Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Zainee, N.F.A, Ahmad, I., Taip, M.E., Ibrahim, N. & Asmida, I. 2019b. Habitat Preference of Seaweeds at A Tropical Island of Southern Malaysia. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 41 (5): 1171-1177.
- Zawawi, M.H., Idris, M.H., Kamal, A.H.M. & King, W.S. 2014. Seaweed Composition from Bintulu Coast of Sarawak, Malaysia. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 17 (8): 1007-1014.

Mekanisme ketahanan banjir dalam titisan biakbaka padi UKM

Noraziyah Abd Aziz Shamsudin^{1*}, Aliesa Amira Khairul Anuar¹, Seshan Ananthan¹,
Shakirah Mohammad Nahar¹ & Nur Sakinah Mohd Yusri¹

Jabatan Sains Biologi dan Bioteknologi, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia,
43600 Bangi, Selangor, Malaysia

* E-mail pengarang koresponden: nora_aziz@ukm.edu.my

Abstrak: Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman makanan utama di Malaysia, namun kadar sara diri beras masih rendah akibat tekanan abiotik seperti banjir yang dilihat semakin ekstrem. Banjir menjejaskan pertumbuhan padi melalui kerosakan fizikal serta mengganggu proses fisiologi dan biokimia. Kajian ini bertujuan memahami mekanisme ketahanan banjir peringkat vegetatif (VSS) dalam titisan biakbaka padi UKM yang dibangunkan melalui pembiakbakaan berbantu penanda (MAS). Anak pokok berusia 14 hari daripada tiga titisan biakbaka padi, bersama genotip kawalan tahan banjir (IR64-Sub1) dan sensitif banjir (MR219), ditenggelamkan selama dua minggu sebelum data morfo-fisiologi dan biokimia berkait ketahanan banjir direkodkan. Tiga titisan biakbaka padi menunjukkan potensi ketahanan banjir, dengan G27 paling unggul. G27 dan G28 mengekalkan kandungan klorofil dan kadar kemandirian yang tinggi selain merekodkan skor kerosakan dan perubahan ketinggian minimum, mencerminkan pengamalan strategi tidak aktif (*quiescence*) yang berkesan. G18 pula menonjol dari aspek morfologi dengan menonjolkan ciri cepat tinggi namun mempunyai kadar kemandirian yang baik, mencerminkan pengamalan strategi melepaskan diri (*escape*). G27 turut mencatatkan perubahan kandungan klorofil keseluruhan minimum serta aktiviti peroksidase relatif tinggi pada akar (RAPR) dan daun (RAPL), menandakan keupayaan antioksidan yang mantap. Kajian ini menyokong kepada pembangunan varieti padi tahan banjir tempatan sebagai langkah proaktif dalam mendepani impak negatif perubahan iklim dan memantapkan keterjaminan makanan negara.

Kata kunci: Aktiviti peroksidase, kandungan klorofil, pembiakbakaan berbantu penanda, perubahan iklim, tekanan abiotik

Abstract: Rice (*Oryza sativa* L.) is Malaysia's main staple crop, yet the national rice self-sufficiency rate remains low due to abiotic stresses such as increasingly extreme submergence events. Submergence affects rice growth through physical damage and disruption of key physiological and biochemical processes. This study aims to understand vegetative-stage submergence tolerance (VSS) mechanisms in newly developed UKM rice breeding lines produced via marker-assisted selection (MAS). Fourteen-day-old seedlings from three UKM lines, along with submergence-tolerant (IR64-Sub1) and submergence-sensitive (MR219) control genotypes, were fully submerged for two weeks before morpho-physiological and biochemical data related to submergence tolerance were recorded. Three breeding lines showed promising tolerance, with G27 identified as the most outstanding. G27 and G28 maintained high chlorophyll content and survival rates, while recording minimal damage scores and height changes, reflecting effective adoption of the quiescence strategy. G18 stood out morphologically with rapid elongation and good survival, indicating an escape strategy. G27 also recorded minimal changes in total chlorophyll content and high relative peroxidase activity in roots (RAPR) and leaves (RAPL), signifying strong antioxidant capacity. This study supports the development of locally adapted submergence-tolerant rice varieties as a proactive measure to address climate change impacts and strengthen national food security.

Keywords: Peroxidase activity, chlorophyll content, marker assisted breeding, climate change, abiotic stress

1. Pendahuluan

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman makanan ruji utama bagi lebih 90% penduduk Asia dan memainkan peranan penting dalam keterjaminan makanan global. Di Malaysia, kadar sara diri beras (SSL) masih rendah, mencatatkan hanya 56.2% pada tahun 2023 berbanding 72% pada 5 tahun sebelumnya (Kementerian Pertanian dan Keterjaminan Makanan 2024). Penurunan ini menggugat keterjaminan makanan negara, dipengaruhi oleh tekanan abiotik seperti kemarau, banjir dan air masin yang semakin ekstrem akibat perubahan iklim global. Tekanan banjir menyebabkan kekurangan oksigen yang menjejaskan pertumbuhan anak pokok, pembentukan kluster tanaman tidak sekata, serta pengurangan hasil padi. Banjir di Malaysia pada tahun 2024 sahaja telah menjejaskan lebih 5,800 hektar sawah di utara Malaysia dengan kerugian mencecah RM32 juta (Anon 2024).

Pengeluaran padi negara turut menurun daripada 2.28 juta tan metrik pada 2022 kepada 2.18 juta tan metrik pada 2023, iaitu penurunan sekitar 5% (Kementerian Pertanian dan Keterjaminan Makanan 2024). Akibatnya, kebergantungan kepada import beras terus meningkat. Untuk mencapai sasaran 100% SSL, peningkatan hasil padi sehektar perlu menjadi fokus utama selain meningkatkan keluasan bertanam. Dalam konteks ini, pembiakbakaan padi memainkan peranan yang amat penting. Namun, proses pembiakbakaan padi di Malaysia masih perlahan berbanding negara Asia lain, dengan hanya satu hingga dua sahaja varieti baharu diperkenalkan setiap tahun. Tambahan pula, bilangan varieti tahan tekanan abiotik masih terhad dan pembangunan varieti baharu memerlukan tempoh panjang.

Bagi membangunkan varieti padi tahan banjir, penyaringan sistematik terhadap titisan biakbaka perlu dilaksanakan secara menyeluruh merangkumi aspek morfologi, fisiologi dan biokimia. Penilaian morfologi membantu mengenal pasti ciri fizikal genotip berpotensi, penilaian fisiologi memberi gambaran tindak balas fungsi tumbuhan semasa tekanan, manakala analisis biokimia menjelaskan mekanisme dalaman yang menyumbang kepada ketahanan. Gabungan ketiga-tiga pendekatan ini meningkatkan ketepatan pemilihan genotip dan keberkesanan program pembiakbakaan.

Dalam kajian terdahulu, beberapa populasi titisan biakbaka padi telah dibangunkan melalui kacukan antara kultivar usang MR219 dan padi mega tahan banjir IR64-*Sub1* menggunakan kaedah pembiakbakaan berbantu penanda (MAS) (Sarma et al. 2023). Kajian ini dijalankan untuk menilai prestasi titisan biakbaka padi dalam tekanan banjir peringkat vegetatif (VSS) dan tanpa tekanan (NS), serta memahami tindak balas morfo-fisiologi dan biokimia titisan biakbaka tapi tahan VSS terpilih. Mekanisme tindak balas anak pokok terhadap VSS dikaji melalui rawatan rendaman penuh, manakala analisis biokimia melibatkan penilaian kandungan klorofil dan aktiviti peroksidase relatif. Kajian ini dijangka dapat mengenal pasti titisan biakbaka padi berpotensi tinggi untuk dibangunkan sebagai varieti padi tahan banjir Malaysia, sekali gus menyokong usaha negara dalam memperkukuh daya tahan tanaman terhadap perubahan iklim dan meningkatkan SSL beras secara mampan.

2. Bahan dan Kaedah

2.1 Kawasan kajian

Penyaringan lima genotip padi yang terdiri daripada tiga titisan biakbaka padi terpilih iaitu G18, G27 dan G28 serta dua genotip kawalan iaitu IR64-*Sub1* (tahan banjir) dan MR219 (sensitif banjir) dalam tekanan banjir peringkat vegetatif (VSS) dijalankan di Rumah Kaca, Agensi Nuklear Malaysia, Kajang, Selangor (koordinat 2.9016°N, 101.7595°E) bermula April hingga Mei 2025.

2.2 Penyaringan titisan biakbaka padi dan genotip kawalan dalam tekanan banjir peringkat vegetatif

Biji benih semua genotip padi dimasukkan ke dalam oven pada suhu 45 °C selama 24 jam untuk memecahkan kedormanan sebelum direndam semalaman. Selepas ditoskan, biji benih padi dibiarkan dalam bekas bertutup selama dua hari sebelum disemai ke dalam dulang semaian. Eksperimen dijalankan menggunakan reka bentuk blok lengkap rawak (RCBD) dengan tiga replikasi dan setiap

replikasi diwakili oleh 20 anak pokok. Pengurusan anak pokok adalah berdasarkan *Rice Check Padi* (Jabatan Pertanian Malaysia 2022). Anak pokok berusia 14 hari dipindahkan ke dalam tangki air berukuran 1.10 m (panjang) × 1.10 m (lebar) × 1.10 m (tinggi) dan direndam sepenuhnya selama 14 hari bagi mewujudkan persekitaran VSS. Data ciri morfologi, fisiologi dan biokimia direkodkan sebelum dan selepas rawatan. Kandungan oksigen terlarut (DO) dan nilai pH air diukur setiap dua hari sepanjang tempoh rendaman. Selepas rawatan, air dikeluarkan daripada tangki dan anak pokok dibiarkan selama 10 hari di bawah keadaan optimum.

Penilaian morfologi melibatkan pengukuran ketinggian anak pokok sebelum (PHB) dan selepas (PHA) rawatan. Peratus pemanjangan (EP) dikira berdasarkan perubahan ketinggian. Penilaian fisiologi merangkumi kandungan klorofil menggunakan meter SPAD dan kadar kemandirian (SR). Kandungan klorofil sebelum (CCA) dan selepas (CCB) VSS diukur pada daun kedua yang telah berkembang sepenuhnya. Peratus perubahan kandungan klorofil (CCC) dikira berdasarkan nilai CCA dan CCB. Kadar kemandirian (SR) direkodkan pada tiga peringkat iaitu sebelum rawatan (SR0), selepas 14 hari rendaman (SR14) dan selepas 10 hari pemulihan (SR10). Skor ketahanan banjir (SC) dinilai menggunakan skala 0 hingga 4 berpandukan *Standard Evaluation System* (SES) (IRRI 2002), dengan skor 0 menunjukkan ketahanan tertinggi manakala skor 4 menunjukkan sensitiviti tertinggi. Selain penggunaan meter SPAD, kaedah Mackinney (1941) dan Arnon (1949) turut digunakan dalam penentuan kandungan klorofil a dan klorofil b sebelum (CHLaB dan CHLbB) dan selepas (CHLaA dan CHLbA) VSS. Sampel daun dikisar dengan larutan aseton 80%, ditapis dan dianalisis menggunakan spektrofotometer pada gelombang 663 nm dan 645 nm. Kandungan klorofil a (CHLa) dan b (CHLb) dikira menggunakan persamaan piawai, dan beberapa parameter tambahan seperti beza CHLa selepas dan sebelum VSS (CHLaTotal), beza CHLb selepas dan sebelum VSS (CHLbTotal), peratus perubahan CHLa sebelum dan selepas VSS (CHLaCHBA), peratus perubahan CHLb sebelum dan selepas VSS (CHLbCHBA), serta peratusan perbezaan relatif terhadap purata nilai klorofil a+b (CHLabTotalD) turut diukur. Bagi penilaian biokimia, aktiviti peroksidase relatif dianalisis menggunakan kaedah Hammerschmidt et al. (1982) dengan sedikit modifikasi. Sampel daun dan akar dikisar dan diekstrak menggunakan larutan natrium fosfat. Supernatan digunakan sebagai ekstrak enzim untuk tindak balas peroksidase menggunakan larutan guaiakol dan hidrogen peroksida. Serapan diukur pada 470 nm dan digunakan untuk mengira aktiviti peroksidase relatif pada daun (RAPL) dan akar (RAPR). Pendekatan ini membolehkan penilaian menyeluruh terhadap ketahanan genotip padi terhadap VSS.

2.3 Analisis data

Data yang direkodkan dianalisis menggunakan perisian RStudio (R Core Team 2023). Analisis melibatkan statistik deskriptif, ANOVA satu hala dan Ujian Tukey (HSD) pada tahap signifikan $p \leq 0.05$. Pakej *stats* digunakan untuk ANOVA, *multcompView* untuk Ujian Tukey dan paparan huruf ringkas, *dplyr* untuk pemprosesan data, dan *openxlsx* untuk menjana output Excel.

3. Hasil dan Perbincangan

Merujuk kepada Jadual 1, hasil analisis ciri morfologi menunjukkan bahawa titisan biakbaka padi G27 dan G28 mengekalkan kestabilan tinggi dari segi ketinggian pokok sebelum (PHA) dan selepas (PHB) tekanan banjir. Kedua-dua genotip ini turut mencatat kadar pemanjangan (EP) yang sederhana dan konsisten, menyerupai pola yang ditunjukkan oleh genotip kawalan tahan banjir, IR64-Sub1. Ciri ini mencerminkan penggunaan mekanisme tidak aktif (*quiescence*) semasa VSS, di mana pertumbuhan dan penggunaan tenaga dikawal secara minimum untuk meningkatkan kelangsungan hidup. G27 dan G28 masing-masing mengekalkan kadar kemandirian hidup (SR) sebanyak 100% pada hari ke-0 (SR0) dan hari ke-10 (SR10) selepas VSS, serta mencatat nilai skor kerosakan daun (SC10) paling rendah iaitu 1.67, mengatasi IR64-Sub1. Genotip dengan nilai EP yang rendah lazimnya menunjukkan prestasi SR yang tinggi, menandakan keberkesanan strategi tidak aktif dalam menghadapi tekanan banjir.

Strategi ini dikawal oleh gen SUB1A yang terdapat dalam genotip tahan banjir seperti IR64-Sub1 dan titisan biakbaka terpilih. Gen SUB1A memainkan peranan penting dalam pengawalan pertumbuhan dengan memodulasikan kepekaan terhadap etilena dan menekan pengaktifan pertumbuhan yang dimediasi oleh hormon giberelin. Mekanisme ini menyekat pemanjangan pucuk

semasa banjir, sekali gus memelihara simpanan karbohidrat untuk bertahan dalam tempoh VSS yang panjang (10–14 hari) (Nishiuchi et al., 2012).

G18 pula mencatat kadar pemanjangan tertinggi (61.62%) dan SR10 sebanyak 79.38% (Jadual 1), namun dengan skor kerosakan tinggi (SC10 = 3.000), menunjukkan kemungkinan kerosakan tisu berlaku walaupun kadar kelangsungan hidup kekal tinggi. Genotip dengan strategi melepaskan diri (*escape*) memulakan pemanjangan anak pokok yang cepat semasa menerima rawatan banjir, didorong oleh laluan isyarat etilena dan giberelin. Strategi pelepasan bergantung kepada gen SNORKEL1 (SK1) dan SNORKEL2 (SK2). Mekanisme ini bertujuan untuk memulihkan pertukaran gas dengan mencapai permukaan air dan merupakan mekanisme unik melibatkan pemanjangan internod yang pantas serta ketara untuk mengatasi tekanan ketika banjir dengan meningkatkan ketinggian. Berdasarkan kajian lepas, sesetengah kultivar padi air dalam mampu meninggi sehingga 25 cm sehari (Vergara, Jackson & De Datta 1976). Pemanjangan yang cepat ini membolehkan hujung daun menjulur melepasi permukaan air, seterusnya membolehkan tumbuhan padi menjalankan fotosintesis dan respirasi dengan lebih cekap (Bailey-Serres & Voesenek 2008). Semasa pemanjangan internod, biosintesis etilena diaktifkan dan etilena yang terkumpul mengawal peningkatan kandungan giberelin serta penurunan kandungan asid absisik (Nishiuchi et al. 2012). Walau bagaimanapun, dalam keadaan banjir penuh dan berpanjangan, pemanjangan anak pokok yang berlebihan boleh mengakibatkan kehabisan tenaga, integriti struktur yang lemah dan kekurangan oksigen untuk pertumbuhan berterusan. Hasilnya ialah kadar kelangsungan hidup yang rendah walaupun dengan pemanjangan anak pokok selepas rawatan banjir yang tinggi dan potensi untuk mati dalam keadaan banjir berpanjangan (Sukiran et al. 2022). IR64-Sub1 dan MR219 menunjukkan penurunan ketara dalam SR10 (60.78% dan 49.02%) selain merekodkan skor kerosakan yang tertinggi (SC10 = 3.000) (Jadual 1). Walaupun IR64-Sub1 adalah genotip padi yang terkenal dengan ketahanan terhadap VSS, prestasi SR10 iaitu kemandirian selepas tempoh pemulihan yang rendah menunjukkan bahawa tekanan banjir yang telah dikenakan dalam eksperimen ini adalah sangat teruk.

Jadual 1. Min setiap genotip untuk ciri berkait tinggi pokok dan kadar kemandirian dalam VSS.

Ciri	PHA (cm)	EP (%)	SR0 (%)	SR10 (%)	SC0	SC10
IR64-Sub1	31.91	8.43	90.20	60.784	3.00	3.00
MR219	36.54	23.50	92.16	49.02	3.00	3.00
18	32.56	10.86	100.00	79.38	3.00	3.00
27	33.33	12.22	100.00	100.00	2.00	1.67
28	33.50	9.14	100.00	100.00	1.67	1.67

Berdasarkan hasil analisis ciri-ciri fisiologi, genotip G27 menunjukkan kestabilan metabolik yang paling tinggi, ditunjukkan melalui penurunan kandungan klorofil total (CCC) yang paling rendah (50.22%) (Jadual 2). G28 turut mencatat penurunan nilai CCC yang rendah (51.52%) menandakan keupayaan mengekalkan fungsi fisiologi daun dengan berkesan. Keputusan ini disokong oleh analisis kuantitatif menggunakan kaedah Arnon (1949), yang menunjukkan bahawa G27 dan G28 mengekalkan CHLaA dan CHLbA yang tinggi, dengan nilai CHLabTotalD yang positif. G18 pula mencatat nilai CCC tertinggi (80.36%), menunjukkan ketahanan fisiologi yang sederhana berbanding dua titisan biakbaka padi lain. Sebaliknya, IR64-Sub1 dan MR219 mengalami penurunan CCC yang sangat tinggi (>86%) mencerminkan kerosakan metabolik yang ketara (Jadual 2).

Secara keseluruhan, G27 dan G28 menyerlah sebagai genotip paling stabil dan berdaya tahan dari aspek fisiologi, menjadikan kedua-duanya calon utama untuk pembiakbakaan varieti padi tahan banjir. G27 turut mencatatkan CHLbTotal tertinggi dan nisbah CHLb kepada CHBa yang rendah, menunjukkan keseimbangan kandungan klorofil yang baik. Kandungan klorofil a dan klorofil b selepas (CHLaA dan CHLbA) yang tinggi berperanan sebagai pigmen aksesori yang menyokong penyerapan cahaya tambahan, terutamanya dalam keadaan intensiti cahaya rendah seperti semasa VSS. Nilai CHLabTotalD yang sederhana (<68%) turut menunjukkan tiada dominasi melampau antara kedua-dua klorofil a dan klorofil b, menandakan kestabilan dalam komposisi pigmen fotosintetik. Oleh itu, G27 dan 28 bukan sahaja mempunyai kapasiti tinggi dalam penghasilan pigmen fotosintetik, tetapi juga mengekalkan keseimbangan pigmen yang diperlukan untuk

kecekapan fotosintesis yang optimum di bawah tekanan banjir. Hal ini menjadikan G27 dan G28 sebagai genotip yang lebih berdaya tahan berbanding genotip kawalan tahan banjir seperti IR64-Sub1.

Jadual 2. Min setiap genotip bagi ciri berkait kandungan klorofil dalam VSS.

Ciri	IR64-Sub1	MR219	G18	G27	G28
CCB (SPAD)	22.30	25.67	22.83	23.52	22.94
CCA (SPAD)	3.08	3.03	4.74	11.89	11.24
CCC (%) (SPAD)	-86.64	-88.91	-80.36	-50.22	-51.52
CHLaB (mg/L)	5.11	4.09	2.34	6.58	4.62
CHLaA (mg/L)	0.07	4.43	2.29	4.22	2.08
CHLbB (mg/L)	7.59	9.91	6.23	10.28	9.76
CHLbA (mg/L)	3.54	6.60	1.42	9.66	2.85
CHLaCHBA (%)	-103.14	-55.41	-92.74	-32.20	-59.37
CHLbCHBA (%)	-60.94	-41.81	-1481.08	-5.90	-73.33
CHLaTotal (mg/L)	5.18	8.53	4.63	10.80	6.70
CHLbTotal (mg/L)	11.13	16.51	7.66	19.94	12.60
CHLabTotalD (%)	111.20	112.00	117.11	60.75	67.43

Berdasarkan hasil analisis biokimia, genotip G27 dan G28 menunjukkan aktiviti peroksidase relatif yang tinggi pada akar (RAPR) dan daun (RAPL), menandakan keupayaan antioksidan yang mantap dalam mengekalkan fungsi fotosintesis semasa VSS (Jadual 3). Kecekapan ini mencerminkan keberkesanan sistem pertahanan biokimia yang dibentuk oleh genotip tahan banjir, khususnya G28 dan G27, dalam meminimumkan kerosakan akibat pengoksidaan. Sistem pertahanan tersebut merangkumi enzim antioksidan utama seperti superoksida dismutase (SOD), katalase (CAT), dan peroksidase (POD), yang berperanan penting dalam menyingkir, meneutralkan, dan membersihkan spesies oksigen reaktif (ROS) di pelbagai kompartmen sel (Mittler 2002). Mekanisme ini membantu menstabilkan struktur kloroplas dan menyokong kelangsungan proses fotosintesis semasa tekanan. Genotip G18 pula mencatat peningkatan sederhana dalam kandungan klorofil dan aktiviti antioksidan, namun kestabilannya adalah lebih rendah berbanding G27 dan G28. Sebaliknya, genotip IR64-Sub1 dan MR219 menunjukkan penurunan ketara dalam aktiviti peroksidase, menandakan gangguan biokimia yang serius akibat VSS. Perbezaan ekstrem dalam nilai relatif, seperti kehilangan klorofil a yang berlebihan atau peningkatan tidak seimbang klorofil b, lazimnya mencerminkan tekanan oksidatif yang tinggi serta degradasi struktur kloroplas. Fenomena ini menjadi indikator kepada ketidakupayaan genotip tertentu dalam mengekalkan homeostasis biokimia semasa tekanan.

Jadual 3. Min setiap genotip untuk ciri aktiviti peroksidase relatif dalam VSS.

Genotip	RAPR (%)	RAPL (%)
IR64-Sub1	-28.80	6.79
MR219	-4.72	153.09
18	13.92	24.78
27	44.18	78.31
28	35.13	138.03

4. Kesimpulan

Kajian ini menunjukkan bahawa tiga titisan biakbaka padi UKM iaitu G18, G27 dan G28 berpotensi tinggi untuk dikomersialkan sebagai varieti padi baru yang tahan banjir. G27 dikenal pasti sebagai genotip paling unggul berdasarkan kestabilan fisiologi dan biokimia yang konsisten, termasuk CHLbTotal tertinggi, CHLbCHBA yang rendah, serta CHLabTotalD dan RAPL tertinggi. G28 turut mempamerkan mekanisme tidak aktif (*quiescence*) yang berkesan dalam VSS dengan kadar kemandirian 100%, kandungan klorofil tinggi dan skor kerosakan minimum. G18 pula menonjol dari

aspek morfologi dengan EP tertinggi dan kadar kelangsungan hidup yang baik, menunjukkan pengamalan strategi melepaskan diri (*escape*). Genotip MR219 kekal sebagai genotip paling sensitif dengan penurunan ketara dalam ciri berkait kandungan klorofil selain skor kerosakan yang tinggi. Secara keseluruhan, kajian ini menyokong pembangunan varieti padi tahan banjir tempatan yang mampu meningkatkan daya tahan tanaman padi terhadap perubahan iklim, memperkukuh keterjaminan makanan negara dan menjamin pendapatan pesawah secara mampan.

Penghargaan

Kajian ini disokong oleh geran Geran Penyelidikan Strategik MOSTI (SRF MOSTI ST-2015-015). Penulis menghargai sokongan kewangan yang diberikan.

Rujukan

- Anon. 2024. Banjir: Lebih 5,800 hektar tanaman padi terjejas, nilai kerugian RM32 juta, Bernama, 22 September.
- Arnon, D. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24(1): 1–15.
- Bailey-Serres, J. & Voesenek, L.A.C.J. 2008. Flooding Stress: Acclimations and Genetic Diversity. *Annual Review of Plant Biology* 59(1): 313–339.
- Hammerschmidt, R., Nuckles, E.M. & Kuć, J. 1982. Association of enhanced peroxidase activity with induced systemic resistance of cucumber to *Colletotrichum lagenarium*. *Physiological Plant Pathology*, 20(1): 73–82.
- International Rice Research Institute (IRRI). 2002. Rice Web.
- Jabatan Pertanian Malaysia (DOA). 2022. Rice Check: Padi.
- Kementerian Pertanian dan Keterjaminan Makanan. 2024. Perangkaan Agromakanan Malaysia 2023. Bahagian Dasar dan Perancangan Strategik.
- Mackinney, G. 1941. Absorption of light by chlorophyll solutions. *Journal of Biological Chemistry*, 140(2): 315–322.
- Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science* 7(9): 405–410.
- Nishiuchi, S., Yamauchi, T., Takahashi, H., Kotula, L. & Nakazono, M. 2012. Mechanisms for coping with submergence and waterlogging in rice. *Rice* 5(1).
- R Core Team. 2023. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Sarma, B., Kashtoh, H., Tamang, L., Bhattacharyya, P.N., Kishore, M.Y. & Baek, K.-H. 2023. Abiotic stress in rice: Visiting the physiological response and its tolerance mechanisms. *Plants* 12.
- Sukiran, N.L., Karso, M.A.H.J., Razemin, Q.Q.M. & Shamsudin, N.A.A. 2022. The Effects of Submergence on Selected Malaysian Rice Varieties. *Malaysian Applied Biology* 51(5): 97–106.
- Vergara, B.S., Jackson, B. & De Datta, S.K. 1976. Deepwater rice and its response to deepwater stress. Dalam *Climate and Rice*, 301–319. Philippines: International Rice Research Institute.

Komposisi Flora dan Struktur Komuniti Pokok Berdiameter Aras Dada ≥ 5 cm di Hutan Simpan Kekal Teluk Muroh, Perak

(Flora Composition and Community Structure of Trees with Diameter at Breast Height (DBH) ≥ 5 cm in Teluk Muroh Permanent Forest Reserve, Perak)

Ahmad Fitri, Z.¹, Nur Aqilah, M.B.^{1*}, Nizam, M.S.¹, Mohamed Khairul Faizi, Z.² & Latiff, A.¹

¹Jabatan Sains Biologi dan Bioteknologi, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor, Malaysia

²Sekretariat Makmal dan Instrumentasi, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, 43600, Selangor

* E-mel pengarang koresponden: nuraqilah@ukm.edu.my

Abstrak: Kajian ini dijalankan untuk menilai komposisi flora dan struktur komuniti pokok di Hutan Simpan Kekal Teluk Muroh, Perak. Pensampelan menggunakan dua plot berukuran 20 m $\times$ 25 m (jumlah keluasan 0.1 ha) telah merekodkan sebanyak 120 individu pokok dengan diameter aras dada (DBH) ≥ 5 cm. Kesemua individu berjaya dikenal pasti sehingga peringkat spesies, mewakili 12 famili, 17 genus dan 17 spesies. Famili Dipterocarpaceae mencatat bilangan individu tertinggi dengan 36 individu, diikuti oleh Fabaceae (25 individu), Phyllanthaceae (20 individu) dan Myrtaceae (20 individu). Kepadatan keseluruhan komuniti adalah 1,200 individu per hektar (ha). Nilai jumlah keseluruhan luas pangkal (*basal area*, BA) pokok adalah 5.26 m² bagi 0.1 ha (bersamaan 52.61 m²/ha) yang mana *Shorea glauca* merupakan menyumbang keluasan pangkal tertinggi dengan nilai sebanyak 2.85 m²/0.1 ha (28.48 m²/ha), diikuti oleh *Syzygium glaucum* (13.37 m²/ha) dan *Sindora echinocalyx* (5.71 m²/ha). Pendokumentasian vegetasi ini adalah penting dalam menyediakan pangkalan data flora dan pelan pengurusan yang sesuai bagi sesuatu kawasan hutan. Kajian lanjutan bancian perlu dijalankan bagi melihat profil hutan tersebut dalam usaha memelihara dan memulihara hutan tersebut.

Kata kunci: Dominasi spesies, inventori flora, kepadatan komuniti, luas pangkal, *Shorea glauca*

Abstract: This study was conducted to assess the flora composition and community structure of the Teluk Muroh Permanent Forest Reserve, Perak. Sampling using two plots measuring 20 m $\times$ 25 m (total area of 0.1 ha) recorded a total of 120 tree individuals with a diameter at breast height (DBH) of ≥ 5 cm. All individuals were successfully identified to the species level, representing 12 families, 17 genera and 17 species. The family Dipterocarpaceae recorded the highest number of individuals with 36 individuals, followed by Fabaceae (25 individuals), Phyllanthaceae (20 individuals) and Myrtaceae (20 individuals). The overall community density was 1,200 individuals per hectare. The total basal area (BA) recorded was 5.26 m² for 0.1 ha (equivalent to 52.61 m²/ha), in which *Shorea glauca* contributed the highest basal area with 2.85 m²/0.1 ha (28.48 m²/ha), followed by *Syzygium glaucum* (13.37 m²/ha) and *Sindora echinocalyx* (5.71 m²/ha). This vegetation documentation is vital for providing a baseline flora database and informing appropriate forest management planning. Further inventory studies are necessary to obtain a more comprehensive forest profile to support conservation and sustainable forest management efforts.

Keywords: Species dominance, flora inventory, community density, basal area, *Shorea glauca*

1. Pengenalan

Biodiversiti hutan tropika memainkan peranan penting dalam menyokong kestabilan fungsi ekosistem, namun aktiviti manusia seperti penebangan hutan, dan pembangunan terus mengancam habitat ini. Oleh itu, penilaian komposisi flora dan struktur komuniti hutan amat penting dalam memahami interaksi dan kedinamikan yang berlaku dalam ekosistem hutan (Whitmore 1998). Inventori hutan yang dilakukan secara sistematik bukan sahaja merekod kekayaan spesies, malah berfungsi sebagai petunjuk status kesihatan hutan sekaligus menilai kesan gangguan terhadap hutan (Phillips et al., 2003; Kacholi, 2014). Pendokumentasian flora juga merupakan asas penting dalam pemuliharaan biodiversiti kerana kehilangan maklumat taksonomi akan menyukarkan usaha pengurusan dan perlindungan spesies secara berkesan (Ghazoul & Chazdon 2017). Majoriti hutan tropika kini berhadapan tekanan akibat pengubahan guna tanah, rekod flora yang tepat dan menyeluruh diperlukan dalam memantau perubahan struktur komuniti dari semasa ke semasa, menilai risiko kepupusan spesies serta mengenal pasti kawasan yang perlu diberi keutamaan untuk pemuliharaan. Tanpa data saintifik yang kukuh, pelan pengurusan hutan tidak dapat dilaksanakan secara menyeluruh dan berkesan.

Hutan Simpan Kekal Teluk Muroh, Perak yang mempunyai jenis habitat hutan bukit pantai yang mempunyai keunikan tersendiri dari sudut ekologi namun habitat ini masih kurang dikaji. Kedudukannya yang berhampiran dengan kawasan pelancongan dan rekreasi menjadikannya terdedah kepada tekanan antropogenik, terutamanya aktiviti pengubahsuaian tanah dan penerokaan tidak terkawal. Walaupun kawasan ini berpotensi menyokong biodiversiti hutan yang bernilai, maklumat flora yang sedia ada masih sangat terhad dan belum didokumentasikan secara sistematik. Hal ini menyebabkan status ekologi menyeluruh kawasan tersebut kekal kurang difahami. Kekurangan maklumat, kajian ini dijalankan untuk menilai komposisi flora dan kelimpahan spesies pokok berdiameter aras dada (DBH) ≥ 5 cm di Hutan Simpan Kekal Teluk Muroh, Perak. Penilaian dibuat berdasarkan parameter kuantitatif seperti kepadatan dan keluasan pangkal pokok. Hasil kajian ini dijangka menyediakan data asas flora yang penting sebagai rujukan saintifik dalam pemetaan biodiversiti hutan pesisir serta menyokong pengurusan sumber hutan secara lestari di Semenanjung Malaysia.

2. Bahan dan Kaedah

Kajian flora ini dijalankan di Hutan Simpan Kekal Teluk Muroh dengan menubuhkan dua plot pensampelan yang berukuran 25 m $\times$ 20 m (0.05 ha setiap plot), menjadikan jumlah keseluruhan keluasan pensampelan adalah 0.10 ha. Kedua-dua plot dibina secara rawak terpilih di kawasan hutan bagi memastikan pensampelan mewakili keadaan vegetasi setempat. Penandaan sempadan plot dilakukan menggunakan tali rafia, pancang kayu dan pita ukur, manakala kedudukan setiap plot direkodkan menggunakan Sistem Penentu Kedudukan Global (GPS) bagi tujuan pemetaan dan rujukan pada masa hadapan. Setiap plot, inventori flora dijalankan ke atas semua individu pokok yang mempunyai diameter aras dada (DBH) ≥ 5 cm. Pengukuran DBH dibuat pada ketinggian standard 1.3 m dari aras tanah atau 0.3 m di atas banir bagi spesies yang berbanir. Setiap pokok yang direkodkan ditandakan dengan tag bernombor bagi mengelakkan pertindihan rekod dan memudahkan rujukan semula. Bagi tujuan pengecaman spesies, spesimen tumbuhan turut dikutip di lapangan. Prosedur pengutipan mematuhi garis panduan penyediaan spesimen herbarium seperti yang disarankan oleh Forman dan Bridson (1989), dengan memastikan setiap spesimen mengandungi bahagian penting seperti ranting, daun matang serta bunga atau buah jika ada. Maklumat tambahan seperti nama tempatan, habitat dan ciri morfologi turut direkodkan. Pengecaman taksonomi dijalankan di Herbarium Universiti Kebangsaan Malaysia (UKMB) melalui perbandingan spesimen rujukan dan rujukan silang menggunakan kunci taksonomi. Nama saintifik disahkan menggunakan sumber nomenklatur terkini bagi memastikan ketepatan identiti spesies. Analisis data flora memberi tumpuan kepada komposisi spesies dan parameter kelimpahan untuk menerangkan struktur komuniti flora di kawasan kajian. Parameter seperti kepadatan, kekerapan dan keluasan pangkal pokok dikira berdasarkan kaedah yang digariskan oleh Manokaran et al. (1990). Hasil analisis digunakan untuk menggambarkan pola dominasi spesies dan struktur vegetasi hutan ini.

3. Hasil dan Perbincangan

Hasil inventori vegetasi dalam kawasan pensampelan seluas 0.1 ha di Hutan Simpan Kekal Teluk Muroh, Perak telah merekodkan 120 individu pokok (DBH $\geq$ 5 cm) yang mewakili 12 famili, 17 genus dan 17 spesies (Jadual 1). Famili Dipterocarpaceae merupakan kumpulan paling dominan dari segi kelimpahan individu (36 individu; 30%), diikuti Fabaceae (25 individu; 20.8%), manakala Phyllanthaceae dan Myrtaceae masing-masing mencatat 20 individu (16.7%). Empat famili lain iaitu Ebenaceae, Clusiaceae, Myristicaceae dan Rutaceae hanya diwakili oleh satu individu setiap satu, menunjukkan kehadiran yang jarang dalam komuniti. Bagi kategori spesies, *Shorea glauca* merupakan spesies paling dominan (36 individu; 30%), diikuti *Antidesma coriaceum* dan *Syzygium glaucum* masing-masing (20 individu; 16.7%).

Fabaceae mencatatkan bilangan genus dan spesies tertinggi (3 genus; 3 spesies), diikuti Anacardiaceae dan Sapindaceae masing-masing merekodkan dua genus dan dua spesies. Corak kekayaan taksonomi di Teluk Muroh ini adalah berbeza daripada beberapa kajian terdahulu, seperti di Hutan Simpan Chini (Siti Norfirzana, 2021), Hutan Simpan Lepar (Siti Noor Syafarehan, 2021) dan Kuala Keniam, Taman Negara Pahang (Ahmad Fitri et al., 2022), yang secara konsisten melaporkan Euphorbiaceae sebagai famili paling kaya spesies di peringkat flora berbanding kajian ini yang didominasi oleh Dipterocarpaceae. Selain itu, kajian flora juga menunjukkan variasi dominasi genus antara kajian lepas; misalnya *Aglaia* (Norafida, 2018) dominan dalam beberapa hutan tanah rendah, manakala *Syzygium* dominan di Hutan Simpan Chini (Siti Norfirzana, 2021) dan Kuala Keniam (Ahmad Fitri et al., 2022), serta *Shorea* dominan di Hutan Simpan Lepar (Siti Noor Syafarehan, 2021).

Jadual 1. Senarai bilangan famili, genus, spesies dan individu pokok dalam plot 0.10 ha di Hutan Simpan Kekal Teluk Muroh, Perak.

No	Famili	Bil. Genus	Bil. Spesies	Bil. Individu
1	Anacardiaceae	2	2	5
2	Annonaceae	2	2	3
3	Clusiaceae	1	1	1
4	Dipterocarpaceae	1	1	36
5	Ebenaceae	1	1	1
6	Fabaceae	3	3	25
7	Moraceae	1	1	2
8	Myristicaceae	1	1	1
9	Myrtaceae	1	1	20
10	Phyllanthaceae	1	1	20
11	Rutaceae	1	1	1
12	Sapindaceae	2	2	5
Jumlah		17 genus	17 spesies	120 individu

Sejumlah 120 individu pokok yang direkodkan dalam kawasan pensampelan 0.1 ha mewakili 17 spesies daripada 12 famili dengan kepadatan komuniti sebanyak 1,200 individu/ha. Famili yang mencatat bilangan individu tertinggi ialah Dipterocarpaceae melalui hanya satu spesies, *Shorea glauca* (36 individu; 360 ind/ha), diikuti Myrtaceae (*Syzygium glaucum*, 20 individu; 200 ind/ha) dan Phyllanthaceae (*Antidesma coriaceum*, 20 individu; 200 ind/ha). Spesies lain menunjukkan kelimpahan lebih rendah seperti *Saraca declinata* (190 ind/ha), *Xerospermum noronhianum* (40 ind/ha) dan *Bouea oppositifolia* (40 ind/ha). Kepadatan ini adalah sepadan dengan julat yang lazim dilaporkan bagi hutan bukit di Semenanjung Malaysia yang mencatat antara 900 hingga 1,600 individu/ha (Manokaran & Kochummen, 1992).

Dari segi luas pangkal, jumlah keseluruhan luas pangkal komuniti pokok ini adalah 5.26 m² bagi 0.1 ha atau 52.61 m²/ha. Nilai bacaan keluasan pangkal ini berada dalam julat yang dilaporkan dalam kajian lepas di hutan Dipterokarpa Bukit yang tidak terganggu, iaitu antara 45–65 m²/ha (Whitmore, 1998; Proctor et al., 1983). Keluasan pangkal yang paling tinggi adalah Dipterocarpaceae, *Shorea glauca* yang mencatat 2.85 m²/0.1ha (28.48 m²/ha), bersesuaian dengan statusnya sebagai spesies kanopi utama di hutan tanah pamah dan bukit (Appanah & Turnbull, 1998). Nilai keluasan pangkal yang tinggi menunjukkan kehadiran individu bersaiz besar yang menyumbang kepada keluasan pangkal ini. Dilaporkan 9.1% (11 individu) mempunyai diameter pokok melebihi 50 cm. *Syzygium glaucum* direkodkan sebagai individu terbesar dalam kawasan kajian. Selain itu, Fabaceae turut memainkan

peranan penting dengan menyumbangkan keluasan pangkal yang tinggi menerusi *Sindora echinocalyx* (5.71 m²/ha) walaupun bilangan individunya rendah (3 individu sahaja). *Sindora echinocalyx* dilaporkan mempunyai diameter yang berukuran 63.8 cm, 56.1 cm dan 6.9 cm. Sebagai perbandingan kajian di Taman Negeri Bukit Panchor, Pulau Pinang oleh Norazlinda et al. (2016) merekodkan keluasan pangkal pokok adalah berjumlah 40.90 m²/ha dengan famili Dipterocarpaceae merupakan famili penyumbang tertinggi kepada keluasan pangkal di kawasan kajian.

Jadual 2. Senarai famili, genus dan spesies tumbuhan bersama bilangan individu, luas pangkal (BA) dan kepadatan bagi setiap spesies yang direkodkan dalam plot kajian.

No.	Famili	Genus	Spesies	Bil Ind (n)	BA (m ² /0.1ha)	BA (m ² /ha)	Kepadatan (ind/ha)
1	Anacardiaceae	Bouea	<i>Bouea oppositifolia</i>	4	0.04	0.43	40
2	Anacardiaceae	Gluta	<i>Gluta lanceolata</i>	1	0.01	0.11	10
3	Annonaceae	Alphonsea	<i>Alphonsea cylindrica</i>	1	0.00	0.02	10
4	Annonaceae	Huberantha	<i>Huberantha jenkinsii</i>	2	0.04	0.39	20
5	Clusiaceae	Garcinia	<i>Garcinia brevirostris</i>	1	0.01	0.05	10
6	Dipterocarpaceae	Shorea	<i>Shorea glauca</i>	36	2.85	28.48	360
7	Ebenaceae	Diospyros	<i>Diospyros venosa</i> var. <i>venosa</i>	1	0.01	0.07	10
8	Fabaceae	Imbralyx	<i>Imbralyx unifoliatus</i>	3	0.01	0.09	30
9	Fabaceae	Saraca	<i>Saraca declinata</i>	19	0.08	0.76	190
10	Fabaceae	Sindora	<i>Sindora echinocalyx</i>	3	0.57	5.71	30
11	Moraceae	Ficus	<i>Ficus vasculosa</i>	2	0.11	1.06	20
12	Myristicaceae	Knema	<i>Knema patentinervia</i>	1	0.00	0.02	10
13	Myrtaceae	Syzygium	<i>Syzygium glaucum</i>	20	1.34	13.37	200
14	Phyllanthaceae	Antidesma	<i>Antidesma coriaceum</i>	20	0.16	1.65	200
15	Rutaceae	Acronychia	<i>Acronychia pedunculata</i>	1	0.01	0.07	10
16	Sapindaceae	Lepisanthes	<i>Lepisanthes senegalensis</i>	1	0.01	0.06	10
17	Sapindaceae	Xerospermum	<i>Xerospermum noronhianum</i>	4	0.03	0.28	40
Jumlah				120	5.26	52.61	1200

4. Kesimpulan

Kajian ini menunjukkan bahawa komuniti pokok di Hutan Simpan Kekal Teluk Muroh didominasi oleh sebilangan kecil spesies kanopi utama, khususnya *Shorea glauca* daripada famili Dipterocarpaceae yang mencatat nilai kelimpahan dan luas pangkal tertinggi. Jumlah keseluruhan luas pangkal dalam plot kajian adalah 52.61 m²/ha dan kepadatan 1,200 individu/ha. Beberapa spesies lain seperti *Syzygium glaucum*, *Saraca declinata* dan *Antidesma coriaceum* turut memainkan peranan penting dalam membentuk lapisan hutan, menandakan proses dinamik hutan masih aktif. Secara keseluruhannya, dapatan ini mengesahkan bahawa Hutan Simpan Kekal Teluk Muroh berpotensi dipelihara sebagai habitat hutan bukit pantai.

Rujukan

- Ahmad Fitri, Z., Nik Hazlan, N.H., Mazlin, K., Faezah, P., Asmida, I., Sarmin, S.N., Engku Azlin, R.E.A., Hashim, T.T.M.Z., Syarifah Haniera, S.K., Yamani, S.A.K. Nazip, S., Nik Norafida, N.A, Nizam, M.S., & Latiff, A. 2022. A Contribution to Trees and Shrubs Checklist in Kuala Keniam at Taman Negara, Pahang, Malaysia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1019: 012029
- Appanah, S., & Turnbull, J. M. (1998). A review of Dipterocarps: Taxonomy, ecology and silviculture. Center for International Forestry Research (CIFOR).
- Forman, L. & Bridson, D. 1989. *The Herbarium Handbook*. Royal Botanic Gardens. Cornell University.
- Ghazoul, J. & Chazdon, R. (2017). Degradation and Recovery in Changing Forest Landscapes. *Annual Review of Environment and Resources*, 42, 161–188.
- Husch, B. (1971). Planning a forest inventory. FAO Forestry Paper No. 17. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Kacholi, D. S. (2014). Analysis of structure and diversity of the Kilengwe Forest in Morogoro Region, Tanzania. *International Journal of Biodiversity*, 2014, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2014/516840>
- Manokaran, N. & Kochummen, K. M. (1992). Tree growth in primary lowland and hill dipterocarp forests J. *Tropical For. Sci.* 6 332–45
- Manokaran, N., LaFrankie, J.V., Kochummen, K.M., Quah, E.S., Klahn, J.E., Ashton, P. S. & Hubbel, H.P. (1990). Methodology of the 50-ha research plot at Pasoh Forest Reserve, Research Pamphlet 104. Kepong: Forest Research Institute, Malaysia.
- Norazlinda, M., Latiff, A., Nizam, M.S., Ahmad Fitri, Z. & Sani, M. 2016. Tree species composition, diversity and biomass estimation of Bukit Panchor Recreational Forest, Pulau Pinang, Malaysia. *Malayan Nature Journal* 68(1&2): 145–155.
- Phillips, O. L., Núñez Vargas, P., Lorenzo Monteagudo, A., Peña Cruz, A., Chuspe Zans, M.-E., Galiano Sánchez, W., Yli-Halla, M., & Rose, S. (2003). Habitat association among Amazonian tree species: A landscape-scale approach. *Journal of Ecology*, 91(5), 757–775.
- Proctor, J., Anderson, J. M., Chai, P., & Vallack, H. W. (1983). Ecological studies in four contrasting lowland rain forests in Gunung Mulu National Park, Sarawak. *Journal of Ecology*, 71(1), 237–269.
- Siti Noor Syafarehahan, M.I. (2021). Struktur dirian dan kepelbagaian spesies pokok di Hutan Simpan Lepar, Pahang. Latihan Ilmiah, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia
- Siti Norfirzana, F. (2021). Komposisi dan kepelbagaian spesies pokok di Hutan Simpan Chini, Pahang. Latihan Ilmiah, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia
- Symington, C. F. (2004). Foresters' manual of Dipterocarps of the Malay Peninsula (Malayan Forest Records No. 16). Forest Research Institute Malaysia.
- Turner, I. M. (1995). A catalogue of the vascular plants of Malaya. Forest Research Institute Malaysia (FRIM).
- Whitmore, T. C. (1998). An introduction to tropical rain forests (2nd ed.). Oxford University Press.

Status Pemuliharaan dan Keendemikan Spesies Pokok di Hutan Simpan Kekal Teluk Muroh, Perak

(Conservation Status and Endemism of Tree Species in Teluk Muroh Permanent Forest
Reserve, Perak)

Nur Aqilah, M.B.^{1*}, Ahmad Fitri, Z.¹, Nizam, M.S.¹, Mohamed Khairul Faizi, Z.² &
Latiff, A.¹

¹Jabatan Sains Biologi dan Bioteknologi, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia,
43600 Bangi, Selangor, Malaysia

²Sekretariat Makmal dan Instrumentasi, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, 43600, Selangor

* E-mel pengarang koresponden: nuraqilah@ukm.edu.my

Abstrak: Kajian telah dijalankan bagi menilai kepelbagaian spesies pokok dan status pemuliharaan di hutan bukit pantai, Hutan Simpan Kekal (HSK) Teluk Muroh, Perak. Dua plot yang berukuran 20 m × 25 m setiap plot atau bersamaan keluasan 0.1 hektar (ha) telah ditubuhkan dan pokok bersaiz pada ≥ 5 cm diameter dan ke atas (DBH) diukur. Hasil inventori telah berjaya merekodkan sejumlah 120 individu mewakili 12 famili dan 17 spesies. Analisis kepelbagaian menggunakan tiga indeks kepelbagaian menunjukkan secara keseluruhan hutan ini mempunyai kepelbagaian tinggi (Kepelbagaian Shannon, $H'=2.305$) dengan keseragaman taburan spesies (Keseragaman Pielou, $J'=0.811$). Walaupun tiga spesies paling melimpah adalah *Shorea glauca* ($n = 36$), *Syzygium glaucum* ($n = 20$) dan *Antidesma coriaceum* ($n = 20$), komuniti tidak didominasi secara ekstrem oleh satu spesies, seperti disokong oleh nilai Indeks Simpson yang tinggi ($1-D = 0.841$). Perbandingan antara plot mendedahkan heterogeniti flora mikro, di mana Plot 1 ($H'=2.210$, $J'=0.887$) menunjukkan keseragaman yang lebih tinggi berbanding Plot 2 ($H' = 1.708$, $J' = 0.712$). Kajian ini turut mengesahkan penemuan spesies yang endemik di Perak (*Imbralyx unifoliatus*, Fabaceae), yang berstatus Rentan (VU, $n=3$), serta kehadiran spesies dominan (*Shorea glauca*, Dipterocarpaceae) yang diklasifikasikan sebagai Sangat Terancam (EN, $n=36$) di peringkat global. Penemuan ini menegaskan kepentingan HSK Teluk Muroh sebagai habitat pemuliharaan kritikal bagi flora endemik dan spesies bernilai pemuliharaan tinggi dalam ekosistem hutan bukit pantai di Perak.

Kata kunci: Endemik, hutan bukit pantai, HSK Teluk Muroh, *Imbralyx unifoliatus*

Abstract: A study was conducted to assess the diversity of tree species and conservation status in coastal hill forests, Teluk Muroh Permanent Forest Reserve (HSK), Perak. Two plots measuring 20 m × 25 m each or equivalent to 0.1 hectare (ha) were established and trees with a diameter of ≥ 5 cm and above (DBH) were measured. The inventory results successfully recorded a total of 120 individuals representing 12 families and 17 species. Diversity analysis using three diversity indices showed that the forest overall had high diversity (Shannon Diversity, $H'=2.305$) with uniformity of species distribution (Pielou Evenness, $J'=0.811$). Although the three most abundant species were *Shorea glauca* ($n = 36$), *Syzygium glaucum* ($n = 20$) and *Antidesma coriaceum* ($n = 20$), the community was not extremely dominated by one species, as supported by the high Simpson Index value ($1-D = 0.841$). Comparisons between plots revealed heterogeneity of microflora, with Plot 1 ($H'=2.210$, $J'=0.887$) showing higher uniformity than Plot 2 ($H' = 1.708$, $J' = 0.712$). This study also confirmed the discovery of a species endemic to Perak (*Imbralyx unifoliatus*, Fabaceae), which is Vulnerable (VU, $n=3$), as well as the presence of a dominant species (*Shorea glauca*, Dipterocarpaceae) which is classified as Critically Endangered (EN, $n=36$) at the global level. This finding underscores the importance of the HSK Teluk Muroh as a critical conservation habitat for endemic flora and species of high conservation value in the coastal hill forest ecosystem in Perak.

Keywords: Endemic, coastal Hill Forest, PFR Teluk Muroh, *Imbralyx unifoliatus*

1. Pengenalan

Hutan hujan tropika Asia Tenggara adalah rumah kepada kepelbagaian biologi global yang diiktiraf di peringkat antarabangsa. Kekayaan komuniti flora di rantau ini adalah tinggi yang tiada tandingan dan kadar endemik yang tinggi, terutamanya di Semenanjung Malaysia (Whitmore, 1998; Laurance, 1999). Keunikan flora tempatan ini didorong oleh sejarah evolusi geologi dan iklim yang stabil. Walau bagaimanapun, ekosistem hutan hujan tropika kian kritikal dalam menghadapi tekanan antropogenik yang semakin meningkat, menjadikan penilaian dan pemantauan kepelbagaian biologi sebagai keutamaan pemuliharaan yang mendesak.

Penilaian ekologi berasaskan data adalah mandatori bagi memastikan pengurusan sumber biologi yang mampan. Pengukuran kepelbagaian spesies di peringkat komuniti dilakukan secara kuantitatif menggunakan indeks kepelbagaian seperti Indeks Shannon-Weiner (H'). Indeks ini menilai bukan sahaja menilai kekayaan spesies tetapi juga keseragaman dalam agihan kelimpahan sesuatu spesies (Magurran, 2004), yang digunapakai sebagai petunjuk dalam menghuraikan struktur komuniti dan kestabilan ekosistem. Selari dengan itu, penemuan spesies endemik tempatan memaparkan nilai pemuliharaan yang kritikal, dan kegagalan usaha pemuliharaan akan membawa kepada kepupusan global.

Hutan Simpan Kekal (HSK) Teluk Muroh di Perak merupakan kawasan yang unik dan dikelaskan sebagai hutan bukit pantai. Ekosistem ini dilaporkan mempunyai substrat tanah yang kurang subur atau dipengaruhi secara edafik, menjadikan habitat kepada komuniti flora yang unik dan terhad. Sehubungan dengan itu, kajian ini telah dijalankan ke atas dirian pokok bersaiz pada ≥ 5 cm diameter dan ke atas (DBH) adalah sangat penting. Komponen dirian pokok bertindak sebagai penjanaan semula dan stok pertumbuhan masa depan, yang amat penting dalam memastikan kelangsungan hutan. Ia bukan sahaja menggambarkan kedinamikan populasi semasa, tetapi juga potensi hutan untuk kekal produktif dan stabil dari segi ekologi, sekali gus meningkatkan ketahanan komuniti terhadap gangguan.

Justeru, keperluan kajian ini adalah untuk merekodkan kepelbagaian spesies pokok secara kuantitatif berobjektifkan (1) menilai tahap kepelbagaian spesies pokok dan (2) mengenal pasti status keendemikan. Data yang dihasilkan akan mengukur keunikan flora hutan bukit pantai di HSK Teluk Muroh, Perak sekali gus memperkukuh strategi pemuliharaan yang menyasarkan perlindungan terhadap spesies endemik dan terancam yang bernilai tinggi.

2. Bahan dan Kaedah

2.1 Pensampelan pokok

Inventori pokok telah dijalankan di Hutan Simpan Kekal (HSK) Teluk Muroh, Perak yang dikelaskan sebagai hutan bukit pantai mewakili zon peralihan kritikal. Dua plot telah ditubuhkan secara rawak sistematik dengan saiz $20\text{ m} \times 25\text{ m}$ bagi setiap plot atau bersamaan 0.1 hektar keluasan keseluruhan. Pokok bersaiz pada ≥ 5 cm diameter dan ke atas (DBH) diukur bagi tujuan menilai biojisim dan menentukan kedinamikan pokok. Pengecaman spesies pokok dilakukan secara terus di lapangan oleh ahli botani dan juga merujuk monograf flora serantau (Whitmore 1972, 1973; Ng 1978, 1989; Symington 2004; Kiew et al. 2010, 2011, 2012, 2013, 2015, 2017, 2018, 2021)

2.2 Analisis Kepelbagaian Spesies

Analisis kepelbagaian spesies yang dijalankan adalah multi-dimensi, merangkumi tiga domain utama: kepelbagaian keseluruhan, dominasi, dan keseragaman. Tiga indeks ekologi piawai telah digunakan. Indeks Kepelbagaian Shannon (H') merupakan rujukan utama untuk mengukur kepelbagaian yang menggabungkan Kekayaan Spesies (S) dan Keseragaman taburan kelimpahan. Nilai tinggi menunjukkan kepelbagaian yang tinggi dengan menggunakan formula yang dicadangkan oleh Spelleberg dan Fedor (2003). Bagi menilai kestabilan dan dominasi komuniti, Indeks Kepelbagaian Simpson ($1-D$) telah diaplikasikan. Nilai yang tinggi menandakan kebarangkalian rendah bahawa dua individu yang diambil secara rawak berasal daripada spesies yang sama, sekaligus menunjukkan komuniti yang stabil dan tidak didominasi secara berlebihan oleh satu atau beberapa spesies (Simpson, 1949). Indeks Keseragaman Pielou (J') digunakan sebagai

metrik pelengkap kepada H' , memberikan ukuran sejauh mana kelimpahan individu diagihkan secara sekata di kalangan spesies, yang mencerminkan kestabilan ekosistem secara langsung (Pielou, 1966).

2.3 Status Pemuliharaan dan Endemik

Penentuan Status Pemuliharaan dan Endemik Spesies memerlukan semakan silang status pemuliharaan global melalui rujukan kepada Senarai Merah Kesatuan Pemuliharaan Alam Antarabangsa atau *IUCN Red List* (IUCN, 2025). Penentuan status endemik yang merupakan objektif kritikal kajian ini telah dilaksanakan dengan merujuk kepada literatur taksonomi yang diiktiraf; terutamanya Turner (1995) untuk flora umum dan monograf khas *Malaysia Plant Red List: Peninsular Malaysian Dipterocarpaceae* (Chua et al., 2010) bagi famili Dipterokarpa dan *Malaysia Red List: Plants of Peninsular Malaysia Vol. I* (Yong et al., 2010) serta Vol. II (Yong et al., 2021). Integrasi data ini bertujuan bukan sahaja untuk melaporkan penemuan tetapi untuk menyediakan justifikasi saintifik yang kukuh bagi meningkatkan strategi pengurusan dan pemuliharaan aset kepelbagaian spesies pokok unik di HSK Teluk Muroh, Perak.

3. Hasil dan Perbincangan

3.1 Komposisi dan Kepelbagaian Flora

Kajian inventori pokok dengan $DBH \geq 5$ cm di HSK Teluk Muroh, Perak merekodkan sejumlah 120 individu daripada 17 spesies, mewakili 12 famili, dalam keluasan 0.1 hektar (ha). Komposisi spesies mendapati tiga spesies utama yang mempunyai kelimpahan tertinggi, iaitu *Shorea glauca* ($n=36$), *Syzygium glaucum* ($n=20$) dan *Antidesma coriaceum* ($n=20$). Walaupun kekayaan spesies (S) secara keseluruhan adalah 17 spesies, heterogeniti flora mikro dikesan apabila data flora dibahagikan mengikut plot. Plot 1 merekodkan $S=12$ spesies (daripada 53 individu), manakala Plot 2 mencatatkan $S=11$ spesies (daripada 67 individu). Nilai keseluruhan spesies direkodkan bagi kawasan kajian adalah, $S=17$ yang mana enam (6) spesies yang dijumpai di kedua-dua plot.

Analisis kuantitatif bagi kepelbagaian spesies menunjukkan komuniti pokok di HSK Teluk Muroh, Perak secara keseluruhannya adalah tinggi ($H' = 2.305$), dengan nilai Kepelbagaian Simpson ($1-D$) yang tinggi (0.841), menandakan komuniti yang stabil. Kestabilan ini disokong oleh nilai Keseragaman Pielou ($J' = 0.811$). Plot 1 ($n = 53$, $S=12$) menunjukkan kepelbagaian Shannon ($H' = 2.210$) dan keseragaman ($J' = 0.887$) yang lebih tinggi berbanding Plot 2 ($n=67$, $S=11$, $H' = 1.708$, $J' = 0.712$). Walaupun Plot 1 lebih kaya dari segi komposisi ($S=12$), taburan kelimpahan individu di Plot 1 adalah jauh lebih sekata yang menyebabkan nilai H' dan J' yang lebih tinggi. Perbezaan nilai ini berkemungkinan disumbangkan oleh faktor tekanan persekitaran mikro seperti topografi, intensiti cahaya, atau gangguan setempat di antara kedua-dua plot.

Secara perbandingan, nilai H' kawasan kajian ini adalah sejajar dengan julat nilai H' yang lazim direkodkan dalam hutan Dipterokarpa tanah rendah ($H' = 1.8-3.5$; Magurran, 2004) dan menunjukkan tahap kepelbagaian yang setanding dengan beberapa hutan sekunder matang di Semenanjung Malaysia (Ahmad Fitri et al. 2022). Keputusan ini menunjukkan bahawa kelimpahan individu di strata pokok dewasa di HSK Teluk Muroh, Perak adalah seimbang, tidak menunjukkan dominasi spesies secara ekstrem, dan memaparkan kestabilan komuniti hutan walaupun kawasan kajian berskala kecil.

Jadual 1. Ringkasan Indeks Kepelbagaian Spesies Pokok DBH ≥ 5 cm di HSK Teluk Muroh, Perak.

Plot	Jumlah Individu (N)	Kekayaan Spesies (S)	H' (Kepelbagaian Shannon)	1-D (Kepelbagaian Simpson)	J' (Keseragaman Pielou)
Plot 1	53	12	2.210	0.865	0.887
Plot 2	67	11	1.708	0.784	0.712
Kawasan kajian (0.10 ha)	120	17	2.305	0.841	0.811

3.2 Status pemuliharaan spesies

Penilaian aspek pemuliharaan adalah kritikal, ditekankan oleh pengelasan spesies dalam Senarai Merah Kesatuan Pemuliharaan Alam Antarabangsa atau Senarai Merah IUCN (Jadual 2). Senarai Merah IUCN mengelaskan spesies kepada sembilan kategori utama berdasarkan kriteria kuantitatif yang ketat, merangkumi aspek seperti saiz populasi, kadar penurunan populasi, dan taburan geografi. Kategori-kategori ini termasuk kategori terancam seperti Kritikal Terancam (*Critically Endangered*, CR), Sangat Terancam (*Endangered*, EN), dan Rentan (*Vulnerable*, VU), yang menunjukkan tahap ancaman kepupusan yang berbeza-beza terhadap sesuatu spesies. Kajian ini mengesan satu spesies di bawah kategori Sangat Terancam (EN), iaitu *Shorea glauca* (n=36), dan satu spesies Rentan (VU) iaitu *Imbralyx unifoliatus* (n=3). *Canarium littorale* tidak direkodkan dalam data ini dan telah digugurkan daripada senarai spesies kawasan kajian. Tambahan pula, satu spesies direkodkan sebagai Hampir Terancam (*Near Threatened*, NT) iaitu *Gluta lanceolata* (n=1). Secara keseluruhan, komposisi flora terdiri daripada 13 spesies Kurang Membimbangkan (*Least Concern*, LC), 2 spesies Belum Dinilai (*Not Evaluate*, NE), 1 spesies Sangat Terancam (EN), 1 spesies Rentan (VU), dan 1 spesies Hampir Terancam (NT). Majoriti spesies yang dominan dalam komuniti ini dikategorikan sebagai Kurang Membimbangkan (*Least Concern*, LC). Tiga spesies utama yang dominan selepas *Shorea glauca*, iaitu *Antidesma coriaceum* (n=20), *Syzygium glaucum* (n=20), dan *Saraca declinata* (n=19), semuanya dikategorikan sebagai LC. Kehadiran spesies LC dalam kelimpahan tinggi ini menunjukkan kestabilan komuniti hutan dan ketiadaan tekanan ekologi yang ekstrem pada masa kini.

Aspek konservasi ini diperkukuh dengan penilaian keendemikan, yang sering dijadikan penunjuk penting dalam menilai status pemuliharaan sesebuah spesies (Nurhanim & Wan Juliana, 2018). Spesies endemik wujud secara terhad dalam julat geografi yang kecil (MacArthur & Wilson, 1972) dan menurut Rabinowitz et al. (1986), ia dicirikan oleh julat geografi yang sempit, keperluan habitat yang khusus, dan saiz populasi yang kecil. Kajian ini melaporkan satu spesies endemik Perak yang dijumpai iaitu *Imbralyx unifoliatus* (n=3). Kajian rujukan terdahulu oleh Ahmad Fitri et al. (2022) merekodkan satu spesies hiper-endemik iaitu *Fordia unifoliata* di Pulau Pangkor dalam strata anak pokok. Manakala penemuan *I. unifoliatus* di HSK Teluk Muroh, Perak ini walaupun dalam populasi yang kecil ia memberikan nilai konservasi unik. Penemuan ini mengukuhkan lagi bahawa HSK Teluk Muroh, Perak sebagai pusat perlindungan bagi spesies yang sangat terdedah kepada kepupusan. Secara keseluruhan, data ini menggariskan keperluan segera untuk melindungi habitat ini, bukan sahaja kerana ia melindungi flora Kurang Membimbangkan (LC) yang stabil, bahkan menampung flora endemik dan spesies yang menghadapi ancaman kepupusan di peringkat global.

Jadual 2. Senarai status pemuliharaan spesies pokok yang direkodkan di HSK Teluk Muroh, Perak.

No.	Nama Spesies	Famili	Bil. Ind. (n)	Status IUCN	Status Endemik
Spesies Terancam					
1	<i>Shorea glauca</i> King	Dipterocarpaceae	36	Sangat Terancam (EN)	Tidak endemik (Semenanjung Malaysia & Sumatera)
2	<i>Imbralyx unifoliatus</i> (Prain) Z.Q.Song	Fabaceae	3	Rentan (VU)	Endemik Perak (Semenanjung Malaysia)
3	<i>Gluta lanceolata</i> Ridl.	Anacardiaceae	1	Hampir Terancam (NT)	Tidak endemik
Spesies Tidak Terancam / Data Tidak Mencukupi					
4	<i>Syzygium glaucum</i> (King) P. Chantaranothai & J. Parn.	Myrtaceae	20	Kurang Membimbangkan (LC)	Endemik Semenanjung Malaysia & Singapura
5	<i>Antidesma coriaceum</i> Tul.	Phyllanthaceae	20	Kurang Membimbangkan (LC)	Tidak endemik
6	<i>Saraca declinata</i> (Jack) Miq.	Fabaceae	19	Kurang Membimbangkan (LC)	Tidak endemik
7	<i>Bouea oppositifolia</i> (Roxb.) Meisn.	Anacardiaceae	4	Kurang Membimbangkan (LC)	Tidak endemik
8	<i>Xerospermum noronhianum</i> (Blume) Blume	Sapindaceae	4	Kurang Membimbangkan (LC)	Tidak endemik
9	<i>Sindora echinocalyx</i> (Benth.) Prain	Fabaceae	3	Kurang Membimbangkan (LC)	Tidak endemik
10	<i>Huberantha jenkinsii</i> (Hook.f. & Thomson) Chaowasku	Annonaceae	2	Kurang Membimbangkan (LC)	Tidak endemik
11	<i>Ficus vasculosa</i> Wall. ex Miq.	Moraceae	2	Kurang Membimbangkan (LC)	Tidak endemik
12	<i>Alphonsea cylindrica</i> King	Annonaceae	1	NE (Belum dinilai)	Tidak endemik
13	<i>Knema patentinervia</i> (J. Sinclair) W.J. de Wilde	Myristicaceae	1	NE (Belum dinilai)	Tidak endemik
14	<i>Acronychia pedunculata</i> (L.)	Rutaceae	1	Kurang Membimbangkan (LC)	Tidak endemik

No.	Nama Spesies	Famili	Bil. Ind. (n)	Status IUCN	Status Endemik
15	Miq. <i>Lepisanthes senegalensis</i> (Poir.) Leenh.	Sapindaceae	1	Kurang Membimbangkan (LC)	Tidak endemik
16	<i>Garcinia brevirostris</i> Scheff.	Clusiaceae	1	Kurang Membimbangkan (LC)	Tidak endemik
17	<i>Diospyros venosa</i> Wall. ex A.DC. var. <i>venosa</i>	Ebenaceae	1	Kurang Membimbangkan (LC)	Tidak endemik

4. Kesimpulan

Kajian inventori flora di HSK Teluk Muroh, Perak telah berjaya merekodkan komposisi dan kepelbagaian komuniti pokok ($DBH \geq 5$ cm) di ekosistem hutan bukit pantai yang unik ini. Secara keseluruhan, komuniti ini menunjukkan tahap kepelbagaian spesies yang tinggi ($H' = 2.305$) dengan keseragaman taburan yang cemerlang ($J' = 0.811$), menunjukkan komuniti hutan yang mantap dan seimbang. Walaupun data menunjukkan heterogeniti flora di antara plot, dominasi kelimpahan oleh spesies utama seperti *Shorea glauca* dan *Antidesma coriaceum* tidak menjejaskan kestabilan kepelbagaian komuniti secara keseluruhan. Penemuan penting spesies endemik kepada Perak, *Imbralyx unifoliatus* (Fabaceae), di kawasan kajian memberikan justifikasi yang kukuh dan kritikal terhadap nilai pemeliharaan HSK Teluk Muroh, Perak. Oleh itu, hutan ini bukan sahaja berfungsi sebagai repositori penting bagi spesies hutan komersial (*Shorea glauca*), tetapi juga sebagai habitat utama yang memerlukan pengurusan pemeliharaan yang berfokus bagi menjamin kelangsungan spesies flora endemik dan sensitif dalam menghadapi tekanan persekitaran mikro.

Rujukan

- Ahmad Fitri, Z., Nik Norafida, N.A., Nik Hazlan, N.H., Nur 'Aqilah, M.B., Nizam, M.S. & Latiff, A. 2022. Composition and diversity of sapling in Pangkor Island, Perak, Malaysia. *Malayan Nature Journal* 74(4): 579–590.
- Chua, L. S. L., Suhaida, M., Hamidah, M. & Saw, L. G. 2010. *Malaysia Plant Red List: Peninsular Malaysian Dipterocarpaceae*. Research Pamphlet No. 129. Kepong: Forest Research Institute Malaysia (FRIM).
- Kiew, R., Chung, R.C.K., Saw, L.G. & Soepadmo, E. 2013. Flora of Peninsular Malaysia. Jil. 4. Series II: Seed Plants. Kepong: Forest Research Institute Malaysia (FRIM).
- Kiew, R., Chung, R.C.K., Saw, L.G. & Soepadmo, E. 2015. Flora of Peninsular Malaysia. Jil. 5. Series II: Seed Plants. Kepong: Forest Research Institute Malaysia (FRIM).
- Kiew, R., Chung, R.C.K., Saw, L.G. & Soepadmo, E. 2017. Flora of Peninsular Malaysia. Jil. 6. Series II: Seed Plants. Kepong: Forest Research Institute Malaysia (FRIM).
- Kiew, R., Chung, R.C.K., Saw, L.G. & Soepadmo, E. 2018. Flora of Peninsular Malaysia. Jil. 7. Series II: Seed Plants. Kepong: Forest Research Institute Malaysia (FRIM).
- Kiew, R., Chung, R.C.K., Saw, L.G. & Soepadmo, E. 2021. Flora of Peninsular Malaysia. Jil. 8. Series II: Seed Plants. Kepong: Forest Research Institute Malaysia (FRIM).
- Kiew, R., Chung, R.C.K., Saw, L.G., Soepadmo, E. & Boyce, P.C. 2010 (pnvt.). Flora of Peninsular Malaysia. Series II: Seed plants. Jilid 1. Kepong: Forest Research Institute Malaysia (FRIM).
- Kiew, R., Chung, R.C.K., Saw, L.G., Soepadmo, E. & Boyce, P.C. 2011 (pnvt.). Flora of Peninsular Malaysia. Series II: Seed plants. Jilid 2. Kepong: Forest Research Institute Malaysia (FRIM).
- Kiew, R., Chung, R.C.K., Saw, L.G., Soepadmo, E. & Boyce, P.C. 2012 (pnvt.). Flora of Peninsular Malaysia. Series II: Seed plants. Jilid 3. Kepong: Forest Research Institute Malaysia (FRIM).
- Laurance, W. F. 1999. Reflections on the tropical forest crisis. *Biological Conservation* 91(1): 109–117.
- MacArthur, R. H. & Wilson, E. O. 1972. The Theory of Island Biogeography. Princeton: Princeton University Press.
- Magurran, A. E. 2004. Measuring Biological Diversity. Malden, MA: Blackwell Science Ltd.
- Ng, F.S.P. 1978. Tree Flora of Malaya. Jil. 3. Kuala Lumpur: Longman Malaysia Sdn. Bhd.

- Ng, F.S.P. 1989. Tree Flora of Malaya. Jil. 4. Petaling Jaya: Longman Malaysia Sdn. Bhd.
- Nurhanim, M. N. & Wan Juliana, W.A. 2018. Penentuan tahap kelangkaan spesies tumbuhan hutan tropika sebagai langkah pemuliharaan di Rizab Biosfera UNESCO Malaysia. *Sains Malaysiana* 47(8): 1657–1664.
- Pielou, E. C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13(1): 131–144.
- Rabinowitz, D., Cairns, S. & Dillon, T. 1986. Seven Forms of Rarity and Their Frequency in The Flora of The British Isles. Dlm. *Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity*, US: Sinauer, Sunderland. hlm. 182-204.
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 163(4148): 688
- Spellerberg, I.F. & Fedor, P.J. 2003. A tribute to Claude Shannon (1916–2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity and the ‘Shannon–Wiener’ Index. *Global Ecology and Biogeography* 12: 177–179
- Symington, C.F. 2004. Foresters’ Manual of Dipterocarps. Ashton, P.S. & Appanah, S. (pnyt). Malayan Forest Record No. 16. Kepong. Forest Research Institute Malaysia.
- Turner, I. M. 1995. A catalogue of the vascular plant of Malaya. *Garden’s Bulletin Singapore* 47(1): 1-757
- Turner, I.M. 1995. A catalogue of the vascular plants of Malaya. *The Garden’s Bulletin Singapore* 47(1&2): 1-757.
- Whitmore, T. C. 1990. An Introduction to Tropical Rain Forest. New York: Oxford University Press.
- Whitmore, T. C. 1998. An Introduction to Tropical Rain Forests (2nd Ed.). Oxford: Oxford University Press.
- Whitmore, T.C. 1972. Tree of Malaya. Jil. 1. Kuala Lumpur: Longman Malaysia Sdn. Bhd.
- Whitmore, T.C. 1973a. Tree of Malaya. Jil. 2. Kuala Lumpur: Longman Malaysia Sdn. Bhd.
- Whitmore, T.C. 1973b. Euphorbiaceae. In: Whitmore, T.C. (ed.). *Tree Flora of Malaya*. Volume 2, pp.34-136. Kuala Lumpur: Longman Malaysia Sdn. Bhd.
- Yong, W.S.Y., Chua, L.S.L., Lau, K.H., Siti-Nur Fatinah, K., Cheah, Y.H., Yao, T.L., Rafidah, A.R., Lim, C.L., Syahida-Emiza, S., Ummul-Nazrah, A.R., Nor-Ezzawanis, A.T., Chew, M.Y., Siti-Munirah, M.Y., Julius, A., Phoon, S.N., Sam, Y.Y., Nadiah, I., Ong, P.T., Sarah-Nabila, R., Suhaida, M., Muhammad-Alif Azyraf, A., Siti-Eryani, S., Yap, J.W., Jutta, M., Syazwani, A., Norzielawati, S., Kiew, R. and Chung, R.C.K. 2021. Malaysia Red List: Plants of Peninsular Malaysia. Vol. 1, Part I. Research Pamphlet No. 151. Forest Research Institute Malaysia, Kepong. 107 pp.
- Yong, W.S.Y., Chua, L.S.L., Lau, K.H., Siti-Nur Fatinah, K., Cheah, Y.H., Yao, T.L., Rafidah, A.R., Lim, C.L., Syahida-Emiza, S., Ummul-Nazrah, A.R., Nor-Ezzawanis, A.T., Chew, M.Y., Siti-Munirah, M.Y., Julius, A., Phoon, S.N., Sam, Y.Y., Nadiah, I., Ong, P.T., Sarah-Nabila, R., Suhaida, M., Muhammad-Alif Azyraf, A., Siti-Eryani, S., Yap, J.W., Jutta, M., Syazwani, A., Norzielawati, S., Kiew, R. and Chung, R.C.K. 2021. Malaysia Red List: Plants of Peninsular Malaysia. Vol. 1, Part II. Research Pamphlet No. 151. Forest Research Institute Malaysia, Kepong. 753 pp.

Pengenalpastian Gen Biosintetik *Carica papaya* Menggunakan Analisis Bioinformatik

Amierul Fiqrie Azman Ahmad¹, Vinothienii Vengatharajuloo² & Sarahani Harun^{2*}

¹Department of Biological Sciences and Biotechnology, Faculty of Science and Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor, Malaysia

²Institute of Systems Biology (INBIOSIS), Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor, Malaysia

* E-mel pengarang koresponden: sarahani@ukm.edu.my

Abstrak: Glukosinolat (GSL) ialah metabolit sekunder tumbuhan yang mengandungi sulfur dan nitrogen, kebanyakannya terdapat dalam keluarga *Brassicales* seperti brokoli, kubis dan *Arabidopsis thaliana*. Sebatian aktif GSL memainkan peranan penting dalam pertahanan tumbuhan terhadap patogen serta memberikan manfaat kesihatan kepada manusia. Data omik yang semakin meluas bagi *A. thaliana* dapat digunakan untuk mengenal pasti gen dan sebatian baharu yang terlibat dalam biosintesis serta metabolisme GSL. Sebagai tumbuhan model, *A. thaliana* menjadi rujukan dalam kajian terhadap spesies lain seperti *Carica papaya* (betik), tanaman ekonomi penting yang sering terjejas akibat penyakit seperti *papaya dieback disease*. Walaupun GSL berpotensi meningkatkan mekanisme pertahanan terhadap serangan penyakit, gen biosintesis GSL dalam betik masih belum dicirikan sepenuhnya. Kajian ini bertujuan mengenal pasti gen ortolog biosintesis GSL dalam betik berdasarkan homologi dengan *A. thaliana*. Pangkalan data KEGG digunakan untuk mengenal pasti gen biosintetik GSL dalam *A. thaliana*, kemudian analisis BLASTp dilakukan untuk mencari gen ortolog dalam betik. Tujuh gen ortolog berjaya dikenal pasti iaitu *CYP79A2*, *CYP83B1*, *SUR1*, *UGT74B1*, *CYP79C1*, *CYP79C2* dan *ST5a*. Pokok filogenetik dibina menggunakan MEGA X dan motif terpelihara dikenal pasti melalui MEME Suite. Kajian ini menyediakan asas penting untuk pembangunan bioteknologi bagi meningkatkan daya tahan, produktiviti dan kualiti betik pada masa hadapan.

Kata kunci: Betik, gen, glukosinolat, filogenetik, tapak jalan

Abstract: Glucosinolates (GSLs) are secondary plant metabolites containing sulfur and nitrogen, commonly found in the *Brassicales* family, such as broccoli, cabbage, and *Arabidopsis thaliana*. The active form of GSL plays an important role in plant defence against pathogens and offers significant health benefits to humans. The expanding omics data for *A. thaliana* can be utilised to identify new genes and compounds involved in GSL biosynthesis and metabolism. *A. thaliana* is a model plant that provides a reference point for studying other species, including *Carica papaya* (papaya), which is an economically important crop often afflicted with diseases such as papaya dieback disease. However, the biosynthetic genes for GSLs in papaya have not been well characterised, despite the potential of GSLs to support the plant's defence mechanisms against pathogens. This study aimed to identify and characterise GSL biosynthetic orthologs in *C. papaya* based on homology with *A. thaliana*. The KEGG database was used to identify GSL biosynthetic genes in *A. thaliana*, providing reference sequences for finding orthologous genes in papaya through BLASTp analysis. Seven putative GSL biosynthetic gene orthologs were successfully identified, including *CYP79A2*, *CYP83B1*, *SUR1*, *UGT74B1*, *CYP79C1*, *CYP79C2*, and *ST5a*. A phylogenetic tree was constructed using MEGA X to verify ancestral relationships, and conserved protein motifs were found using MEME Suite to determine functional motifs. Motif analysis indicated that conserved catalytic sites necessary for the enzymatic functions in the GSL biosynthetic pathway are present. These data provide a basis for the functional characterisation of these genes and for the development of biotechnological methods to enhance future fruit quality, productivity, and disease resistance in papaya.

Keywords: Papaya, gene, glucosinolate, phylogenetic, pathway

1. Pengenalan

Betik atau nama saintifiknya, *Carica papaya*, merupakan tanaman tropika yang terkenal sebagai sumber makanan dan mempunyai pelbagai nilai nutrisi kepada manusia. Setiap bahagian pokok betik mempunyai nilai ekonomi dan ditanam pada skala komersial di seluruh dunia. Walau bagaimanapun, produktiviti tanaman betik sering terjejas akibat pelbagai serangan penyakit yang disebabkan oleh kulat dan virus. Antara patogen utama yang menyerang tanaman ini ialah kulat *Phytophthora palmivora* dan *Colletotrichum gloeosporioides*, serta virus seperti *Papaya Ring Spot Virus* dan *Papaya Mosaic Virus* (Sharma et al. 2022). Serangan penyakit ini mengakibatkan kerugian ekonomi yang besar dan mengurangkan kualiti buah.

Glukosinolat (GSL) merupakan metabolit sekunder yang mengandungi sulfur dan nitrogen, diketahui terlibat secara aktif dalam mekanisme pertahanan tumbuhan terhadap serangan patogen dan herbivor. GSL telah dikenal pasti dalam beberapa kumpulan tumbuhan seperti Brassicaceae, Caricaceae, Tovariaceae dan Capparaceae, yang kesemuanya berada dalam order Brassicales. Sehingga kini, lebih daripada 200 jenis GSL telah dilaporkan dan boleh diklasifikasikan kepada tiga kumpulan utama iaitu alifatik, indolik dan aromatik, berdasarkan struktur asid aminonya (Harun et al. 2020; Wittstock & Halkier 2000). Gangguan pada tisu tumbuhan, termasuk jangkitan patogen atau serangan herbivor, boleh mencetuskan hidrolisis GSL oleh enzim mirosinase dan menghasilkan pelbagai sebatian seperti isotiosianat, tiosianat, nitril, goitrin dan epitionitril, bergantung kepada pH dan keadaan persekitaran tertentu (Chhajer et al. 2020). Sebatian-sebatian ini bersifat toksik terhadap patogen dan herbivor, justeru memberikan perlindungan kepada tumbuhan.

Walaupun betik tergolong dalam keluarga Caricaceae yang merupakan sebahagian daripada order Brassicales, peranan GSL dalam sistem pertahanan betik masih kurang dikaji berbanding tanaman model seperti *Arabidopsis thaliana*. Kehadiran GSL dalam Caricaceae mencadangkan kemungkinan peranannya dalam pertahanan tumbuhan, namun mekanisme molekul dan fungsi biologi dalam *C. papaya* masih kurang difahami dan memerlukan kajian lanjut (Ruhaziat-Ooi et al. 2022; Williams et al. 2013). Selain itu, kajian terdahulu telah menemui gen mirosinase, *CpTGG1* yang berperanan dalam menghidrolisis GSL yang menghasilkan sebatian aktif dalam pertahanan tumbuhan *C. papaya* (Nong et al. 2010).

Sebagai tumbuhan model dalam kajian metabolit sekunder, *Arabidopsis* menyediakan maklumat komprehensif berkaitan enzim, gen, dan pengawalaturan tapak jalan GSL (Ashari et al. 2018; Harun et al. 2021b, 2021a, 2022). Pengenalpastian gen biosintesis GSL dalam betik adalah penting bagi membolehkan perbandingan dengan pemetaan tapak jalan biosintesis yang telah dicirikan dalam *A. thaliana*. Dengan mengenal pasti gen ortolog dalam betik, pemetaan tapak jalan biosintesis GSL dapat dijalankan, sekali gus membantu memahami fungsi dan kepentingan metabolit ini dalam spesies bukan model seperti betik. Oleh itu, kajian ini dijalankan bertujuan untuk mengenal pasti dan mencirikan gen biosintesis GSL dalam betik melalui analisis homologi dengan *A. thaliana*. Maklumat yang diperolehi daripada kajian ini dapat dijadikan asas untuk memahami peranan GSL dalam sistem pertahanan semula jadi betik terhadap serangan patogen serta membuka peluang untuk aplikasi bioteknologi dalam pembangunan varieti betik yang mempunyai daya tahan lebih tinggi terhadap penyakit.

2. Kaedah Kajian

2.1 Pengenalpastian Sebatian Glukosinolat (GSL) dalam *Carica papaya*

Pengenalpastian sebatian GSL telah dijalankan melalui pangkalan data KNApSack Core System dengan menggunakan *query* atau kata kunci “glucosinolate” dan “glucosinolate pathway”. KNApSack (http://kanaya.naist.jp/KNApSack_Family/) telah digunakan untuk mengenalpasti sebatian GSL dalam *Carica papaya* yang merupakan tumbuhan yang dikaji. KNApSack ialah pangkalan data sistematik spesies-metabolit untuk tumbuhan yang mengandungi 159,101 hubungan melibatkan 63,723 metabolit. Carian boleh dilakukan menggunakan nama metabolit, nama spesies atau formula molekul. (Nakamura et al. 2014).

2.2 Pengenalpastian Gen Biosintetik GSL Dalam *Arabidopsis thaliana* dan *Carica papaya*

Gen biosintesis GSL dalam *Arabidopsis thaliana* telah dikenal pasti melalui pangkalan data Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes (KEGG) (<https://www.genome.jp/kegg/>) yang menyediakan analisis sistematik fungsi gen dengan menghubungkan maklumat genomik kepada tapak jalan metabolik (Kanehisa et al. 2025). Tapak jalan biosintesis glukosinolat dicari menggunakan kata kunci “glucosinolate” dengan spesifikasi organisma “*Arabidopsis thaliana*” dalam perincian *PATHWAY* dalam pangkalan data KEGG. Senarai gen yang telah diperoleh, yang mengekodkan protein yang terlibat dalam tapak jalan GSL dalam *A. thaliana* digunakan sebagai rujukan dan analisis persamaan jujukan telah dijalankan menggunakan Phytozome BLASTp ke atas genom *C. papaya* dalam pengenalpastian gen ortolog (Goodstein et al. 2012).

2.2.1 Analisis Filogenetik Gen Biosintetik GSL

Analisis filogenetik telah dijalankan untuk mengenal pasti hubungan evolusi antara gen biosintetik GSL dalam *A. thaliana* dan *C. papaya*. Sebanyak 21 jujukan protein unik yang telah dikenal pasti melalui analisis BLASTp telah dipindahkan ke dalam perisian Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA X) (Tamura, Stecher & Kumar 2021). Jujukan protein diselaraskan menggunakan ClustalW, dan pokok filogenetik dibina dengan kaedah Neighbor-Joining berdasarkan model Poisson. Analisis *bootstrap* sebanyak 1000 ulangan dilakukan untuk menilai keteguhan topologi pokok. Cabang dengan nilai *bootstrap* melebihi 70% dianggap mempunyai sokongan statistik yang kukuh dan stabil (Lemoine et al. 2018).

2.2.2 Pengenalpastian Motif Terpelihara

Motif protein terpelihara telah dikenalpasti melalui perisian Multiple Em for Motif Elicitation (MEME Suite) yang boleh diakses melalui talian (<https://meme-suite.org/meme/>) (Bailey et al. 2009). Analisis motif ini bertujuan untuk mengesahkan fungsi gen ortolog GSL dalam *C. papaya* dengan mengenal pasti motif dan kawasan terpelihara yang penting untuk aktiviti enzim. Jujukan protein gen biosintetik GSL daripada kedua-dua spesies dalam format FASTA telah dimuat naik ke dalam perisian MEME. Parameter yang ditetapkan adalah seperti berikut: taburan tapak disetkan kosong ke satu (*zoops*) serta bilangan motif maksimum sebanyak 10 dipilih untuk memastikan analisis menyeluruh terhadap motif penting.

2.3 Pembinaan Tapak Jalan Biosintesis Glukosinolat dalam *Carica papaya*

Tapak jalan biosintesis dalam betik telah dibina dengan penggunaan pangkalan data KEGG. Tapak jalan baru ini telah dibina dengan menggunakan gen ortolog dalam *C. papaya* yang telah dipilih melalui beberapa analisis seperti analisis filogenetik melalui MEGA X dan analisis pencarian motif terpelihara melalui MEME. Tapak jalan yang dibina adalah berpandukan kepada tapak jalan biosintesis glukosinolat dalam *A. thaliana*.

3. Hasil dan Perbincangan

3.1 Sebatian GSL dalam *Carica papaya*

Melalui pencarian sebatian menggunakan pangkalan data KNApSack, sebatian glukosinolat (GSL) telah dikenalpasti dengan nombor akses C00007346. Data yang diperoleh merangkumi nama metabolit, formula kimia, struktur, serta senarai organisma yang mengandungi sebatian tersebut. Antara sebatian yang dijumpai dalam *C. papaya* ialah benzilglukosinolat dan glukotropaeolin, yang merupakan sebatian yang sama. Kedua-duanya mempunyai formula kimia $C_{14}H_{19}NO_9S_2$ dan telah dikaji dengan lebih lanjut kerana kepentingannya dalam kajian ini (Bennet, Kiddle & Wallsgrove 1997; Ruhaizat-Ooi et al. 2022).

3.2 Gen Biosintetik Benzilglukosinolat dalam *Arabidopsis thaliana* dan *Carica papaya*

Bagi mengenalpasti gen biosintetik bagi sebatian benzilglukosinolat (benzilGSL) dalam *A. thaliana*, pencarian dilakukan melalui pangkalan data KEGG. BenzilGSL dihasilkan daripada asid amino aromatik dan gen yang terlibat dalam menghasilkan benzilGSL ialah *CYP79A2*, *CYP83B1*, *SUR1*, *UGT74B1*, *CYP79C1*, *CYP79C2* dan *ST5a* (Harun et al. 2020). Tujuh gen biosintetik yang telah dikenalpasti dalam *A. thaliana* kemudiannya digunakan sebagai rujukan untuk mengenalpasti gen homolog dalam *C. papaya* melalui pangkalan data Phytozome BLASTp. Gen yang ditemui dalam *C. papaya* mempunyai nilai-e yang signifikan iaitu $1e-50$ dan ke bawah dan mempunyai peratusan identiti 40% ke atas dengan gen biosintetik yang mengekodkan protein dalam *A. thaliana* (Jadual 1). Hasil ini menunjukkan kemungkinan fungsi terpelihara biosintetik benzilGSL antara kedua-dua spesies.

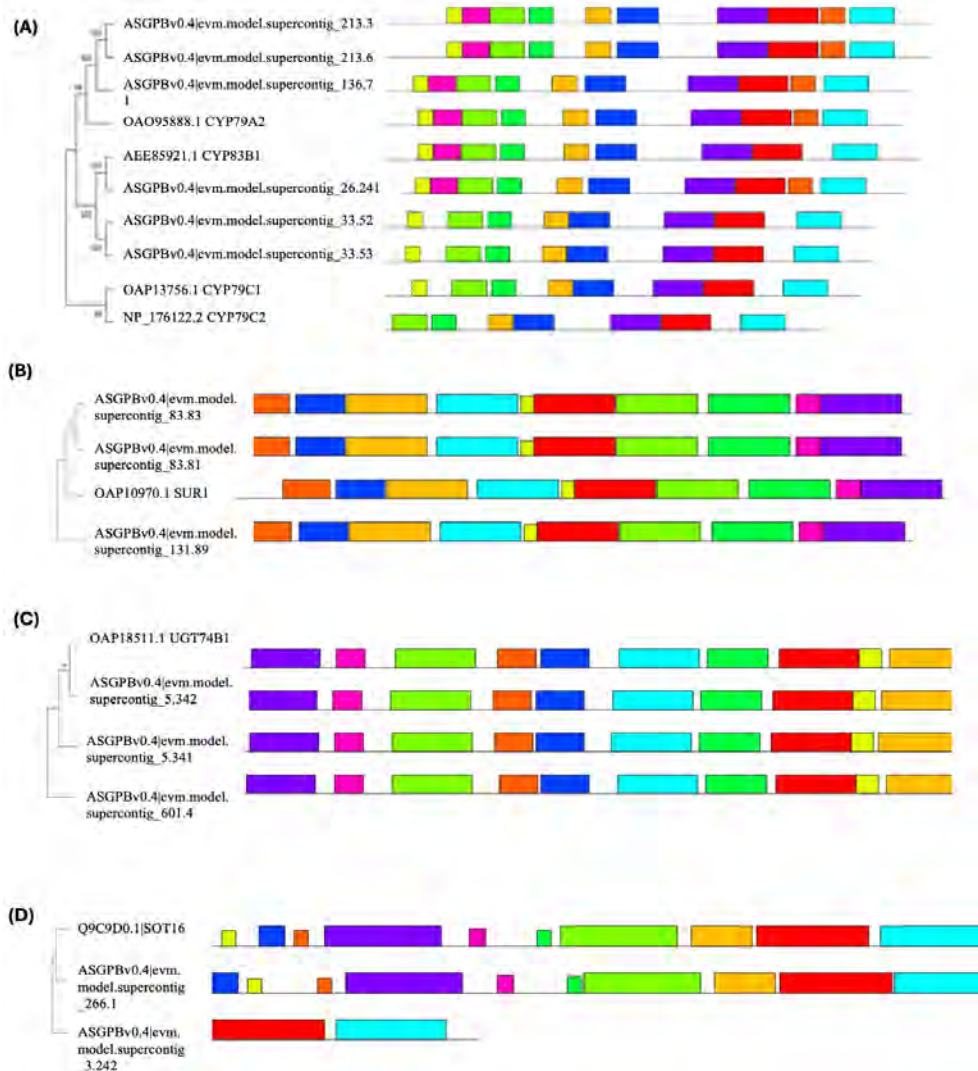
Jadual 1. Perbandingan persamaan jujukan di antara gen biosintetik *A. thaliana* dengan *C. papaya*.

Gen <i>A. thaliana</i>	Deskripsi gen	No. aksesori <i>A. thaliana</i>	No. aksesori (Phytozome) <i>C. papaya</i>	Nilai-e	Identiti (%)	Panjang (aa)
<i>CYP79A2</i>	Fenilalanin N-monooksigenase	OAO95888.1 <i>CYP79A2</i>	ASGPBv0.4 evm.model.s upercontig_1 36.71	0	56	502
			ASGPBv0.4 evm.model.s upercontig_2 13.3	0	58	488
			ASGPBv0.4 evm.model.s upercontig_2 13.6	0	54	484
<i>CYP83B1</i>	Aldoksim monooksigenase	AEE85921.1 sitokrom P450	ASGPBv0.4 evm.model.s upercontig_2 6.241	0	70	460
			ASGPBv0.4 evm.model.s upercontig_3 3.52	$6.96e-133$	44	459
			ASGPBv0.4 evm.model.s upercontig_3 3.53	$1.86e-132$	44	446
<i>SUR1</i>	Tirosine transaminase famili	OAP10970.1 <i>SUR1</i>	ASGPBv0.4 evm.model.s upercontig_8 3.83	0	61	408
			ASGPBv0.4 evm.model.s upercontig_8 3.81	$1.06e-177$	55	408
			ASGPBv0.4 evm.model.s upercontig_1 31.89	$2.46e-155$	54	404
<i>UGT74B1</i>	UDP-glucosil transferase 74B1	OAP18511.1 <i>UGT74B1</i>	ASGPBv0.4 evm.model.s upercontig_5. 342	$8.82e-180$	57	450
			ASGPBv0.4 evm.model.s upercontig_5. 341	$6.54e-162$	53	460

			ASGPBv0.4 evm.model.s upercontig_6 01.4	2.26e-122	44	463
<i>CYP79C1</i>	Sitrokrom P450, famili 79, subfamili C, polipeptida 1	OAP13756.1 CYP79C1	ASGPBv0.4 evm.model.s upercontig_1 36.71	5.14e-164	46	539
			ASGPBv0.4 evm.model.s upercontig_2 13.3	6.07e-159	46	492
			ASGPBv0.4 evm.model.s upercontig_2 13.6	7.15e-152	46	491
<i>CYP79C2</i>	Sitokrom p450 79c2	NP_176122.2 sitokrom p450 79c2	ASGPBv0.4 evm.model.s upercontig_1 36.71	4.37e-167	45	530
			ASGPBv0.4 evm.model.s upercontig_2 13.3	5.75e-159	45	528
			ASGPBv0.4 evm.model.s upercontig_2 13.6	2.19e-150	455	484
<i>ST5a</i>	Sulfotransfer ase 16	sp Q9C9D0.1 SOT16_AR ATH	ASGPBv0.4 evm.model.s upercontig_2 66.1	6.53e-74	42	304
			ASGPBv0.4 evm.model.s upercontig_3. 242	3.78e-35	67	102

3.3 Analisis Hubungan Filogenetik dan Pengenalpastian Motif Terpelihara dalam *Arabidopsis thaliana* dan *Carica papaya*

Analisis hubungan filogenetik dan pengenalpastian motif di antara *A. thaliana* dan *C. papaya* adalah penting untuk memahami hubungan evolusi antara kedua-dua tumbuhan ini. Lokasi motif yang dikenal pasti menunjukkan jujukan genetik yang spesifik yang terlibat dalam biosintesis sebatian benzilGSL. Gen biosintetik benzilGSL yang dianalisis menunjukkan motif yang serupa pada lokasi spesifik dalam *A. thaliana*, dan hasil ini menunjukkan bahawa *C. papaya* juga berpotensi menghasilkan benzilGSL melalui gen homolog yang telah dikenalpasti. Rajah 1 menunjukkan analisis perbandingan terperinci mengenai struktur dan taburan motif protein bagi gen yang terlibat dalam tapak jalan biosintetik benzilGSL. Perbandingan ini dibuat antara gen rujukan daripada *A. thaliana* dengan calon gen ortolog yang dikenal pasti dalam *C. papaya*. Hasil analisis menunjukkan bahawa corak taburan motif bagi gen ortolog dalam *C. papaya* yang merangkumi sitokrom P450, SUR1, UGT74B1, dan SOT16, adalah sangat terpelihara dan hampir menyamai corak pada gen *A. thaliana*. Keserupaan yang tinggi dalam seni bina motif ini memberikan bukti kukuh yang menyokong hipotesis bahawa fungsi gen ini dalam tapak jalan biosintetik benzilGSL adalah terpelihara secara evolusi antara kedua-dua spesies tersebut (Bennet, Kiddle & Wallsgrove 1997; Ruhaizat-Ooi et al. 2022).

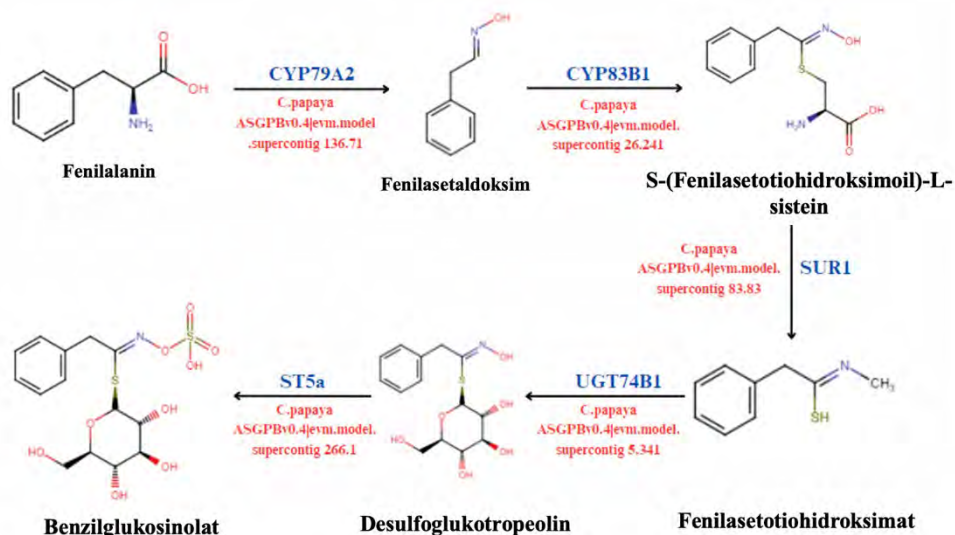


Rajah 1. Hubungan filogenetik dan motif dalam gen yang mengekodkan protein terlibat dalam tapak jalan biosintetik benzilGSL dalam *A. thaliana* dan gen ortolog dalam *C. papaya*. Antara gen-gen yang terlibat ialah gen yang mengekodkan (A) sitokrom P450, (B) SUR1, (C) UGT74B1 dan (D) ST5a/SOT16.

3.4 Pembinaan Tapak Jalan Biosintesis Glukosinolat dalam *C. papaya*

Tapak jalan biosintesis GSL melibatkan satu siri tindak balas enzimatik yang menukarkan asid amino kepada sebatian GSL yang kompleks. Berdasarkan analisis filogenetik dan organisasi motif dalam Rajah 1, beberapa gen mengekodkan protein dalam *C. papaya* dikenal pasti sebagai calon yang terlibat dalam setiap langkah biosintetik benzilGSL (glukotropaeolin). Dalam tapak jalan biosintesis benzilGSL, prekursor utama ialah fenilalanin, yang akan melalui beberapa langkah penukaran untuk membentuk struktur akhir benzilGSL. Seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2, tapak jalan ini telah dibina berpandukan tapak jalan biosintesis benzilGSL yang dikenal pasti dalam *A. thaliana*. Beberapa gen yang mengekodkan protein dalam betik menunjukkan pengelompokan dengan *CYP79A2* (fenilalanin N-monooksigenase), yang menunjukkan bahawa gen ini berpotensi mengkatalisis penukaran fenilalanin kepada fenilasetaldoksim (Harun et al. 2020; Wittstock & Halkier 2000).

Seterusnya, *CYP83B1* (aldoksim monooksigenase) memungkinkan penukaran fenilasetaldoksim kepada S-(fenilasetotiohidroksimoil)-L-sistein. Sebatian perantaraan ini kemudiannya dikatalisis oleh *SUR1* (C-S lyase) untuk menghasilkan fenilasetotiohidroksimat. Langkah seterusnya melibatkan pemindahan glukosa kepada sebatian tersebut oleh *UGT74B1* (UDP-glukosiltransferase) bagi membentuk desulfoglukotropaeolin. Akhir sekali, proses sulfatasi berlaku melalui tindakan enzim sulfotransferase (*ST5a*), yang menambahkan kumpulan sulfat pada desulfoglukosinolat tersebut untuk menghasilkan produk akhir benzilGSL yang lengkap dan aktif secara biologi (Harun et al. 2020). Secara keseluruhannya, pengelompokan gen homolog ini dalam *C. papaya* menyokong kewujudan tapak jalan biosintesis benzilGSL yang lengkap dalam spesies ini (Ruhaizat-Ooi et al. 2022).



Rajah 2. Tapak jalan biosintesis benzilglukosinolat dalam *C. papaya*. Tulisan berwarna biru merupakan gen biosintetik benzilGSL dalam *A. thaliana*, manakala tulisan berwarna merah pula adalah gen ortolog biosintetik yang terdapat dalam *C. papaya* melalui pangkalan data Phytozome BLASTp.

Gen ortolog biosintetik dalam *C. papaya* yang dikenal pasti melalui analisis BLASTp, MEGA X, dan MEME Suite, dengan mengambil kira kesamaan evolusi, kehadiran, dan kedudukan motif. Gen ini menunjukkan tahap kesamaan yang tinggi dengan gen biosintetik dalam *A. thaliana*, menunjukkan fungsi terpelihara dalam biosintesis benzilGSL.

4.0 Kesimpulan

Hasil perlombongan gen biosintetik GSL dalam *C. papaya* berjaya mengenal pasti tujuh gen utama, iaitu *CYP79A2*, *CYP83B1*, *SUR1*, *UGT74B1*, *CYP79C1*, *CYP79C2* dan *ST5a*, yang mengekodkan enzim penting dalam tapak jalan biosintesis benzilGSL. Analisis filogenetik menggunakan MEGA X dan pencarian motif melalui MEME Suite menunjukkan hubungan evolusi dan motif terpelihara

antara gen *C. papaya* dan *A. thaliana*, yang berfungsi sebagai model rujukan. Lima daripada gen tersebut, iaitu *CYP79A2*, *CYP83B1*, *SUR1*, *UGT74B1* dan *ST5a* didapati terlibat secara langsung dalam pembentukan tapak jalan biosintesis benzilGSL dalam *C. papaya*. Penemuan ini memberikan asas penting bagi pembangunan strategi penyuntingan genom dan aplikasi bioteknologi bagi meningkatkan kandungan GSL serta potensi ketahanan *C. papaya* terhadap tekanan biotik.

Rujukan

- Ashari, K.S., Mohamed-Hussein, Z.A., Abdullah-Zawawi, M.R. & Harun, S. 2018. Reconstruction of the transcriptional regulatory network in *Arabidopsis thaliana* aliphatic glucosinolate biosynthetic pathway. *Sains Malaysiana* 47(12): 2993–3002.
- Bailey, T.L., Boden, M., Buske, F.A., Frith, M., Grant, C.E., Clementi, L., Ren, J., Li, W.W. & Noble, W.S. 2009. MEME SUITE: tools for motif discovery and searching. *Nucleic Acids Research* 37: 202–208.
- Bennet, R.N., Kiddle, G. & Wallsgrove, R.M. 1997. Biosynthesis of benzylglucosinolates, cyanogenic glucosides and phenylpropanoids in *Carica papaya*. *Phytochemistry* 45: 59–66.
- Chhajed, S., Mostafa, I., He, Y., Abou-Hashem, M., El-Domiaty, M. & Chen, S. 2020. Glucosinolate Biosynthesis and the Glucosinolate–Myrosinase System in Plant Defense. *Agronomy* 2020, Vol. 10, Page 1786 10(11): 1786.
- Goodstein, D.M., Shu, S., Howson, R., Neupane, R., Hayes, R.D., Fazo, J., Mitros, T., Dirks, W., Hellsten, U., Putnam, N. & Rokhsar, D.S. 2012. Phytozome: A comparative platform for green plant genomics. *Nucleic Acids Research* 40(D1): 1178–1186.
- Harun, S., Abdullah-Zawawi, M.R., Goh, H.H. & Mohamed-Hussein, Z.A. 2020. A Comprehensive Gene Inventory for Glucosinolate Biosynthetic Pathway in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 68(28): 7281–7297.
- Harun, S., Afiqah-Aleng, N., Hadi, A., Lam, F.I., Mohamed-Hussein, S.D., Noutoshi, Y., Harun, S., Afiqah-Aleng, N., Izzati, F., Lam, S.D. & Mohamed-Hussein, Z.-A. 2022. Identification of Potential Genes Encoding Protein Transporters in *Arabidopsis thaliana* Glucosinolate (GSL) Metabolism. *Life* 2022, Vol. 12, Page 326 12(3): 326.
- Harun, S., Afiqah-Aleng, N., Karim, M.B., Amin, M.A.U., Kanaya, S. & Mohamed-Hussein, Z.-A. 2021a. Potential *Arabidopsis thaliana* glucosinolate genes identified from the co-expression modules using graph clustering approach. *PeerJ* 9: e11876.
- Harun, S., Rohani, E.R., Ohme-Takagi, M., Goh, H.-H. & Mohamed-Hussein, Z.-A. 2021b. ADAP is a possible negative regulator of glucosinolate biosynthesis in *Arabidopsis thaliana* based on clustering and gene expression analyses. *Journal of Plant Research*.
- Kanehisa, M., Furumichi, M., Sato, Y., Matsuura, Y. & Ishiguro-Watanabe, M. 2025. KEGG: biological systems database as a model of the real world. *Nucleic Acids Research* 53(D1): D672–D677.
- Lemoine, F., Domelevo Entfellner, J.B., Wilkinson, E., Correia, D., Dávila Felipe, M., De Oliveira, T. & Gascuel, O. 2018. Renewing Felsenstein’s Phylogenetic Bootstrap in the Era of Big Data. *Nature* 556(7702): 452.
- Nakamura, Y., Mochamad Afendi, F., Kawsar Parvin, A., Ono, N., Tanaka, K., Hirai Morita, A., Sato, T., Sugiura, T., Altaf-Ul-Amin, M. & Kanaya, S. 2014. KNApSACk metabolite activity database for retrieving the relationships between metabolites and biological activities. *Plant & Cell Physiology* 55(1): 1–9.
- Nong, H., Zhang, J.M., Li, D.Q., Wang, M., Sun, X.P., Zhu, Y.J., Meijer, J. & Wang, Q.H. 2010. Characterization of a novel β -thioglucosidase CpTGG1 in *Carica papaya* and its substrate-dependent and ascorbic acid-independent O- β -glucosidase activity. *Journal of integrative plant biology* 52(10): 879–890.
- Ruhaizat-Ooi, I.H., Zainal-Abidin, R.A., Ab Ghani, N.S., Afiqah-Aleng, N., Bunawan, H., Mohd-Assaad, N., Mohamed-Hussein, Z.A. & Harun, S. 2022. Understanding the Complex Functional Interplay between Glucosinolates and Cyanogenic Glycosides in *Carica papaya*. *Agronomy* 2022, Vol. 12, Page 2508 12(10): 2508.
- Sharma, C., Kumar, A., Sharma, V., Yadav, D., Jin, J.-O., Ayala-Zavala, F., Koul, B., Pudhuvai, B., Sharma, C., Kumar, A., Sharma, V., Yadav, D. & Jin, J.-O. 2022. *Carica papaya* L.: A Tropical Fruit with Benefits beyond the Tropics. *Diversity* 2022, Vol. 14, Page 683 14(8): 683.
- Tamura, K., Stecher, G. & Kumar, S. 2021. MEGA11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 11. *Molecular Biology and Evolution* 38(7): 3022–3027.
- Williams, D.J., Pun, S., Chaliha, M., Scheelings, P. & O’Hare, T. 2013. An unusual combination in

- papaya (*Carica papaya*): The good (glucosinolates) and the bad (cyanogenic glycosides). *Journal of Food Composition and Analysis* 29(1): 82–86.
- Wittstock, U. & Halkier, B.A. 2000. Cytochrome P450 CYP79A2 from *Arabidopsis thaliana* L. catalyzes the conversion of L -phenylalanine to phenylacetaldoxime in the biosynthesis of benzylglucosinolate. *The Journal of Biological Chemistry* 275(19): 14659–14666.

INSTRUCTION TO AUTHORS

Manuscripts

- Refer to the journal website for the manuscript template. The page layout has been set in this template. Submitting your manuscript in this format ensures it will be handled in the most efficient manner.
- The Journal publishes manuscripts written in Bahasa Malaysia and English.
- The length of the manuscript must not exceed 8 pages when the template is used. The manuscript should not contain more than a combined total of 8 figures and tables.
- The title of a manuscript should be concise and descriptive, preferably not exceeding 20 words. The title must be provided in both Bahasa Malaysia and English.
 - The main title (Bahasa Malaysia or English, depending on the language of the article) must be written in "Title Case," Times New Roman, bold, centred, 14-point font.
 - The translated title (English or Bahasa Malaysia, depending on the language of the article) must be provided beneath the main title, in "Title Case," in brackets, centred, 12-point font.
- The authors' names must be written in "Title Case," Times New Roman, 12-point font, centred and bold. Add an asterisk after the name of the corresponding author.
- The addresses of all authors and the email address of the corresponding author must be written in Times New Roman, 10-point font, italics.
- The manuscript must include an abstract describing its main points, not more than 200 words, in both Malay and English. If the article is written in Bahasa Malaysia, the Bahasa Malaysia abstract must precede the English abstract. If the article is written in English, the English abstract must precede the Malay abstract. Assistance will be provided by the editorial board for non-Malaysians to prepare the Bahasa Malaysia abstract.
- The abstract should be clear and informative when read in isolation. It should contain the problem statement, research objectives, methodology, results, and conclusion.
- Both abstracts must be single-spaced and in 10-point font.
- Provide 3–5 keywords after the abstract, separated by semicolons.
- Every page of the manuscript, including the references page, should be numbered at the lower right-hand corner.
- The manuscript should be divided into the following sections: 1. Introduction, 2. Materials and Methods, 3. Results and Discussion, Conclusion, Acknowledgements (if any), and References.
- If required, the Results and Discussion sections may be separated.
- The text of the manuscript should be single-spaced, in 11-point Times New Roman.
- Headings of sections should be in Title Case, numbered, bold, and flush left (e.g., 1. Introduction; 2. Materials and Methods).
- Subheadings should be in sentence case, numbered, italics, and flush left.
- The text should begin one line below the section heading/subheading.
- The first paragraph after a heading or subheading should be flush left. The second paragraph should begin with a tab.
- If symbols (e.g., $\times$, μ , η , v , $^{\circ}$) are used, they must be inserted using Word's "Insert Symbol" menu. Use the multiplication symbol ($\times$), not the letter "x" from the keyboard.
- Insert a space between numbers and units (e.g., 3 kg) as well as between numbers and mathematical symbols (+, $-$, $\times$, $=$, $<$, $>$). However, percentages and degrees Celsius should be written as 15% and 30°C, respectively.
- All abbreviations must be spelled out in full when first introduced in the manuscript.
- The conclusion must be written as a single paragraph.

Tables

- Authors should take note of the limitations imposed by the journal's size and layout. Large tables should be avoided.
- Insert each table in the manuscript at the location where the authors wish it to appear.
- Each table should have a brief, self-explanatory title.
- Table titles must be placed above the table, 10-point font, single-spaced, sentence case, bold, and centred. Table contents should be in 10-point font.
- If necessary, footnotes may be provided beneath the table in 10-point font.
- Do not use vertical lines to separate columns.

- Wherever possible, large data sets should be presented as two or more tables for clarity.
- Number tables as Table 1, Table 2, Table 3, ...

Illustrations

- Figures and photographs are to be labelled as Figures. Insert each figure in the manuscript at the location where the authors wish it to appear.
- The title of the illustration must be placed below the illustration, 10-point font, single-spaced, sentence case, bold, and centred.
- The figure legend must be placed beneath the title, 10-point font, single-spaced, sentence case, and centred.
- Illustrations should be numbered according to their sequence in the text. Each figure should be cited in the text before it appears.
- Line drawings and lettering should be bold enough to allow a reduction of up to 50% (if necessary) without becoming illegible.
- Fonts within illustrations should be standardised.
- Number figures as Figure 1, Figure 2, Figure 3, ...

Scientific Names, Units, Symbols, and Abbreviations

- Provide the complete Latin name (genus, species, and authority) in full for every organism when first mentioned in the text.
- Italicise Latin names of genera and species.
- Units, symbols, and abbreviations: only SI units should be used, e.g., gm (gram), mL (microlitre), kg (kilogram), cm (centimetre), ha (hectare), g (gravity), hr (hour), min (minute), sec (second), °C (centigrade). Centrifugation conditions must be specified in terms of relative centrifugal force (RCF) expressed in units of gravity (times gravity or $\times g$).
- Isotopes should be indicated as ^{14}C , ^{32}P (not C14 or P32), except in phrasing such as “carbon-14”.

References

- All references must follow the latest UKM reference style.
- The font size for the References section is 10-point.
- When multiple references are cited together in the text, arrange them alphabetically, not chronologically.
- References to unpublished work and personal communications should be kept to a minimum.
- All references cited in the text must appear in the References section, and all references listed must be cited in the text.
- The number of references must not exceed 25, and the majority should be recent publications (within the last ten years).
- In-text citations should be given in parentheses, e.g., (Child 2016; Smith & Cohen 2007; Yoshi et al. 2003), except when the author is mentioned in the sentence, e.g., “the study of Marion and Rooney (2015) and Muhammad et al. (2014)”.
- The reference list should be arranged alphabetically by authors’ surnames, and chronologically for each author.
- Papers with single authorship should be listed before joint authorship for the same author.
- Publications by the same author(s) in the same year should be listed as 2009a, 2009b, etc.
- Journal names should be written in full.
- Use the following system to arrange your references:

Periodicals

Amore, M.S. & Ariff, A.B. 2013. The treatment of oil palm empty fruit bunch fiber for subsequent use as substrate for cellulase production by *Chaetomium globosum* Kunze. *Bioresource Technology* 62: 1–9.

Matthew, N.M.E., Visser, J. & de Graaff, L.H. 2008. Isolation and analysis of xlnR, encoding a transcriptional activator co-ordinating xylanolytic expression in *Aspergillus niger*. *Molecular Microbiology* 27(1): 131–142.

Kuyau, A., Brown, B., Longbottom, A.B., Potter, I. & Gringer, M.N. 2003. Pelaksanaan sistem pengurusan keselamatan dan kesihatan pekerjaan (OHSAS 18001:1999) di Malaysia: isu dan cabaran. *Prosiding Pengurusan Persekitaran 2003*, pp. 107–115.

Yeo, S.L., Shazilah, K., Suhaila, S., Abu Bakar, F.D. & Murad, A.M.A. 2014. In-silico analysis of *Aspergillus niger* beta-glucosidases. *AIP Conference Proceedings — The 2014 UKM FST Postgraduate Colloquium* 1614: 537–543.

Books and Book Chapters

Corcoran, K. & Fischer, J. 2007. *Measures for Clinical Practice: Source Book*. New York: The Free Press.

Fleishman, I.A. 2011. Twenty years of consideration and structure. In Fleishman, I.A. & Hunt, J.G. (eds.). *Current Development in the Study of Leadership: Selected Readings*, pp. 1–37. Carbondale: Southern Illinois University Press.

Thesis and Online Article

Azitra Salam. 1999. Kerjasama dan potensi konflik dalam hubungan Indonesia–Malaysia 1966–1991. Thesis Dr. Phil, History Department, Universiti Kebangsaan Malaysia.

Medical Information Group. 2008. Arsenic contamination of drinking water. <http://www.angelfire.com/ak/medinet/arsenic.html> [accessed 4 July 2000].

Language and Editing

- Manuscripts containing many English typographical errors will not be published. Authors from non-English-speaking countries who have poor written English are advised to contact a professional language-editing company prior to submitting their manuscript to the journal. Manuscripts accepted for publication on condition that the English be corrected must provide proof from a professional language-editing company to ensure the manuscript is free from English typographical errors.

Publication Fee

- The publication fee is sponsored by the Department of Biological Sciences and Biotechnology for manuscripts submitted by authors under the Department
- For non-department authors, upon acceptance of the manuscript for publication, the corresponding author is required to remit RM200.00 to the Chief Editor. Payment should be made in favour of **BENDAHARI UKM**.

Galley Proofs

- When proofs are received, they should be corrected and returned to the Editor within 7 days. No changes other than editorial corrections will be permitted at this stage.

Submission of Articles

- Two potential reviewers should be suggested upon submission of the article. Manuscripts together with a cover letter should be emailed to: **urjbsbt@ukm.edu.my**

Dr. Mohammad Saiful Mansor

Department of Biological Sciences and Biotechnology
Faculty of Science and Technology
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi
Selangor, MALAYSIA
Tel: +603 89215954
Email: **urjbsbt@ukm.edu.my**