

PUBLIKASI ARTIKEL

**BOTANI, EKOLOGI, FITOKIMIA, BIOAKTIVITAS,
DAN PEMANFAATAN PUCUK MERAH (*Syzygium myrtifolium* Walp.)
DI INDONESIA: SUATU KAJIAN PUSTAKA**

Oleh:

**DIMAS ARIO SETIAWAN
NPM. 2001082003**



**Program Studi Tadris Biologi
Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan**

**INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI (IAIN)
METRO LAMPUNG
1445 H/2023 M**

**BOTANI, EKOLOGI, FITOKIMIA, BIOAKTIVITAS,
DAN PEMANFAATAN PUCUK MERAH (*Syzygium myrtifolium* Walp.)
DI INDONESIA: SUATU KAJIAN PUSTAKA**

Diajukan Untuk Memenuhi Tugas dan Memenuhi Sebagian Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd)

Oleh:
DIMAS ARIO SETIAWAN
NPM. 2001082003

Pembimbing: Nasrul Hakim, M.Pd

Program Studi Tadris Biologi
Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan

**INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI (IAIN)
METRO LAMPUNG
1445 H/2023**



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI METRO
FAKULTAS TARBIYAH DAN ILMU KEGURUAN**

Jalan Ki. Hajar Dewantara Kampus 15 A Inngmulyo Metro Timur Kota Metro Lampung 34111
Telepon (0725) 41507; Faksimili (0725) 47296; Website: www.tarbiyah.metrouniv.ac.id; e-mail: tarbiyah.ain@metrouniv.ac.id

NOTA DINAS

Nomor :
Lampiran : 1 (Satu) Berkas
Perihal : Pengajuan Munqosyah

Kepada Yth,
Dekan Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan
Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Metro
di-

Tempat

Assalamualaikum Wr. Wb.

Setelah kami mengadakan pemeriksaan dan bimbingan seperlunya, maka skripsi penelitian yang telah disusun oleh:

Nama : Dimas Ario Setiawan
NPM : 2001082003
Fakultas : Tarbiyah dan Ilmu Keguruan
Program Studi : Tadris Biologi
Judul Artikel : BOTANI, EKOLOGI, FITOKIMIA, BIOAKTIVITAS, DAN PEMANFAATAN PUCUK MERAH (*Syzygium myrtifolium* Walp.) DI INDONESIA: SUATU KAJIAN PUSTAKA

Sudah kami setuju dan dapat diajukan ke Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Metro untuk dimunqosyahkan.

Demikian Harapan kami dan atas perhatiannya saya ucapkan terimakasih.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Ketua Program Studi Tadris Biologi

Metro, 16 November 2023
Mengetahui,
Dosen Pembimbing


Nasrul Hakim, M.Pd
NIP. 19870418 201903 1 007


Nasrul Hakim, M.Pd
NIP. 19870418 201903 1 007

PERSETUJUAN

Judul Artikel : BOTANI, EKOLOGI, FITOKIMIA, BIOAKTIVITAS, DAN
PEMANFAATAN PUCUK MERAH (*Syzygium myrtifolium* Walp.)
DI INDONESIA: SUATU KAJIAN PUSTAKA
Nama : Dimas Ario Setiawan
NPM : 2001082003
Fakultas : Tarbiyah dan Ilmu Keguruan
Program Studi : Tadris Biologi

MENYETUJUI

Untuk dimunaqosyahkan dalam sidang munaqosyah Fakultas Tarbiyah dan Ilmu
Keguruan IAIN Metro.

Metro, 16 November 2023
Dosen Pembimbing



Nasrul Hakim, M.Pd
NIP. 19870418 201903 1 007



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI METRO
FAKULTAS TARBIYAH DAN ILMU KEGURUAN**

Jalan Ki. Hajar Dewantara Kampus 15 A Iningmulyo Metro Timur Kota Metro Lampung 34111

Telepon (0725) 41507; Faksimili (0725) 47296; Website: www.tarbiyah.metrouniv.ac.id, e-mail: tarbiyah.iain@metrouniv.ac.id

PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI

No: B-1213 /In.28.1 /D/PP.00-9/02/2024

Skripsi dengan judul: "BOTANI, EKOLOGI, FITOKIMIA, BIOAKTIVITAS, DAN PEMANFAATAN PUCUK MERAH (*Syzygium myrtifolium* Walp.) DI INDONESIA: SUATU KAJIAN PUSTAKA.", yang disusun oleh: Dimas Ario Setiawan, NPM: 2001082003, Jurusan: Tadris Biologi (TBIO), telah diujikan dalam Sidang Munaqosyah Fakultas: Tarbiyah dan Ilmu Keguruan pada hari/tanggal: Senin/27 November 2023.

TIM PENGUJI

Ketua/Moderator : Nasrul Hakim, M.Pd

Penguji I : Dr. Yudiyanto, M.Si

Penguji II : Anisatu Z. Wakhidah, M.Si

Sekretaris : Dwi Kurnia Hayati, M.Pd

Mengetahui
Dekan Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan

Dr. Zunairi, M.Pd
NIP. 196206121989031006

ORISINALITAS PENELITIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dimas Ario Setiawan
NPM : 2001082003
Program Studi : Tadris Biologi
Fakultas : Tarbiyah dan Ilmu Keguruan

Menyatakan bahwa publikasi artikel ini keseluruhan adalah asli hasil penelitian saya kecuali bagian-bagian yang ditujuk dari sumbernya dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Metro, 27 November 2023



DIMAS ARIO SETIAWAN
NPM. 2001082003

E-ISSN 2599 2856
P-ISSN 1410 5292

JURNAL BIOLOGI UDAYANA

volume 27 no. 1 Juni 2023



PENERBIT PRODI BIOLOGI FMIPA
UNIVERSITAS UDAYANA
DENPASAR

JURNAL BIOLOGI UDAYANA

e-ISSN: 1410-5292 p-ISSN: 2599-2856

EDITOR IN CHIEF

Ni Luh Arpiwi, S.Si., M.Sc., Ph.D. (Udayana University)

MANAGING EDITOR

I Made Saka Wijaya, S.Si., M.Sc. (Udayana University)

EDITOR

Prof. Dr. Drs. I Ketut Junitha, M.S. (Udayana University)

Prof. Dr. Dra Retno Kawuri, M.Phil. (Udayana University)

Prof. Dr. Drs. A. A. Ketut Darmadi, M.Si. (Udayana University)

Prof. Ir. Ida Ayu Astarini, M.Sc., Ph.D. (Udayana University)

Prof. Ir. Made Pharmawati, M.Sc., Ph.D. (Udayana University)

Dr. Dra. Anak Agung Sagung Alit Sukmaningsih, M.Repro. (Udayana University)

Dra. Luh Putu Eswaryanti Kusuma Yuni, M.Sc., Ph.D. (Udayana University)

Dr. Ni Made Suartini, S.Si., M.Si. (Udayana University)

Drs. Yan Ramona, M.App.Sc., Ph.D. (Udayana University)

Didik Priyandoko, S.Pd, M.Si., Ph.D. (UPI Bandung/ Indonesia University of Education)

Dr. Wawan Sujarwo (LIPI)

Dr. Febri Doni (University of Malaysia)

Dr. Ir. Made Ria Defiani, M.Sc. (Hons) (Udayana University)

Dr. Ir. Anak Agung Gde Raka Dalem M.Sc. (Hons) (Udayana University)

ALAMAT REDAKSI

Jl. Raya Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Jimbaran, Badung, Bali 80361

email: jbiologi@unud.ac.id

Website: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/BIO/index>

ARTIKEL

JURNAL BIOLOGI UDAYANA

Vol. 27 | No. 1 | Juni 2023

Keanekaragaman dan distribusi lumut terestrial di lereng selatan Gunung Lawu, Karanganyar, Jawa Tengah

Heri Sujadmiko, Adin Fikri Al Farabi 1-13

Kajian Kajian anatomi, histokimia, dan karakteristik epidermal daun sawo kecil (*Manilkara kauki* (L.) Dubard - Sapotaceae)

Nery Sofiyanti, Dyah Iriani 14-25

Jenis-jenis Araceae di lantai hutan Air Terjun Berambai, Samarinda, Kalimantan Timur

Linda Oktavianingsih, Nur Miati, Muhammad Fauzi Arif, Medi Hendra 26-35

Sintesis nanopartikel perak dengan *Punica granatum* L. dan uji aktivitasnya pada *Staphylococcus aureus* dan *Methicillin Resistant Staphylococcus aureus* (MRSA)

Adhie Massardi, Sandy Samsul Bahry, Dio Muhammad Fajri, Della Safitri, Merita Septyana Dewi, Elyn Tegar Monica, Lilis Nur Fatimah, Findi Indah Lestari, Syah Kalis, Ratna Setyaningsih 36-45

Keragaman kelelawar (Chiroptera) dan karakteristik lokasi bertenggernya di ekosistem gua lava, Gua Lawa dan Lorong Kereta

Sufraha Islamia, Dwinda Mariska Putri 46-55

Laju degradasi limbah masker medis surgical dengan menggunakan tingkatan instar larva *Tenebrio molitor* yang berbeda

Tri Alma Yunisa S, Novia Gesriantuti, Nofripta Herlina 56-64

Optimasi digesti enzim restriksi untuk deteksi mutasi daerah D-loop DNA mitokondria dengan metode PCR-RFLP

Ni Putu Senshi Septiasari, I Ketut Junitha, Ni Nyoman Wirasiti 65-72

Konsentrasi logam berat kadmium, kromium, tembaga, timbal dan seng pada ikan, kerang dan siput laut di Teluk Benoa, Bali

Gede Surya Indrawan, I Nyoman Giri Putra, I Putu Sugiana 73-83

Botani, ekologi, fitokimia, bioaktivitas, dan pemanfaatan pucuk merah (*Syzygium myrtifolium* Walp.) di Indonesia: Suatu Kajian Pustaka

Dimas Ario Setiawan, Anisatu Z. Wakhidah 84-94

Etnobotani pewarna alami kain tenun futus Suku Dawan di Kabupaten Timor Tengah Utara

Emilia Juliyanti Bria, Polikarpia Wilhelmina Bani, Dicky Frengky Hanas, Elinora Naikteas Bano, Yofrida Tefa 95-108

Bio efficacy of frog skin bacteria as biological control agents against chili anthracnose disease

Lela Susilawati, P. Afrizka Sari, Maulana Septiani, E.S. Purnomo 109-117

Keanekaragaman lalat buah (*Bactrocera* spp.) di Sumbawa Barat

Ika Rusmawati, Galuh Tresnani, I Wayan Suana 118-128

Keanekaragaman polen sebagai sumber pakan lebah *Trigona* sp. di Desa Sukawening Kecamatan Dramaga Kabupaten Bogor

Ryan Triyadi, Triastinurmiatiningsih Triastinurmiatiningsih, Moerfiah Moerfiah 129-140

SERTIFIKAT

Direktoral Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia



Kutipan dari Keputusan Direktoral Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia

Nomor 158/E/KP/2021
Peringkat Akreditasi Jurnal Ilmiah Periode 1 Tahun 2021

Nama Jurnal Ilmiah
Jurnal Biologi Udayana
E-ISSN: 25992856

Penerbit: Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana

Ditetapkan Sebagai Jurnal Ilmiah

TERAKREDITASI PERINGKAT 3

Akreditasi Berlaku selama 5 (lima) Tahun, yaitu
Volume 24 Nomor 1 Tahun 2020 Sampai Volume 28 Nomor 2 Tahun 2024

Jakarta, 09 December 2021
Plt. Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi,
Riset, dan Teknologi



Prof. Ir. Nizam, M.Sc., DIC, Ph.D., IPU, ASEAN Eng
NIP. 196107061987101001



JURNAL BIOLOGI UDAYANA

P-ISSN: 1410-5292 E-ISSN: 2599-2856

Volume 27 | Nomor 1 | Juni 2023

DOI: <https://doi.org/10.24843/JBIOUNUD.2023.v27.i01.p01>

Keanekaragaman dan distribusi lumut terestrial di lereng selatan Gunung Lawu, Karanganyar, Jawa Tengah

Diversity and distribution of terrestrial bryophytes on the southern slope of Mount Lawu, Karanganyar, Central Java

Heri Sujadmiko, Adin Fikri Al Farabi*

Program Studi Biologi, Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, Sleman, Yogyakarta-Indonesia, 55281

*Email: addinfikri@gmail.com

Diterima
4 Desember 2022

Disetujui
28 Februari 2023

INTISARI

Gunung Lawu merupakan gunung yang terletak di perbatasan antara Jawa Tengah yang memiliki iklim cenderung basah dan Jawa Timur yang cenderung kering. Kenyataan tersebut menjadikan Gunung Lawu memiliki kondisi lingkungan yang khas sebagai tempat tumbuhnya berbagai macam tumbuhan, khususnya tumbuhan lumut. Lumut memiliki peran penting dalam ekosistem hutan pegunungan. Penelitian mengenai keanekaragaman dan distribusi lumut terestrial di lereng timur Gunung Lawu telah ada publikasinya, sedangkan di lereng selatan belum ada publikasinya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mempelajari keanekaragaman dan distribusi lumut terestrial di lereng selatan Gunung Lawu. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penjelajahan untuk menentukan keanekaragaman lumut dan metode kuadrat dengan plot 15x15 cm untuk menentukan distribusi lumut. Analisis distribusi ditentukan berdasarkan Dominansi, Densitas, Frekuensi, dan Nilai Penting. Hasil identifikasi lumut yang dikoleksi yaitu *Marchantia palmata* Reinw., Nees & Blume, *Marchantia polymorpha* L., *Asterella limbata* D.G. Long & Grolle, *Reboulia hemisphaerica* (L.) Raddi, *Scapania javanica* Gottsche, *Heteroscyphus coalitus* (Hook.) Schiffn., *Bazzania tridens* (Reinw., Blume & Nees) Trevis., *Anthoceros fusiformis* Aust., *Fissidens zollingeri* Mont., *Polytrichum formosum* Hedw., *Thuidium plumulosum* Dozy & Molk., *Ectropothecium buitenzorgii* Mitt., *Acroporium lamprophyllum* Mitt., *Leucobryum javense* Mitt., *Campylopus umbellatus* Par., *Dicranoloma assimile* Par., *Dicranella setifera* Jaeg., *Plagiomnium rhynchophorum* (Hook.) T.J. Kop., *Philonotis mollis* Mitt., *Bryum billardieri* Schwagr., dan *Pyrrhobryum spiniforme* Mitt. Dari 21 spesies tersebut dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelas, yaitu Hepaticopsida, Anthocerotopsida, dan Bryopsida. Spesies lumut dengan distribusi yang luas dan merata yaitu *Acroporium lamprophyllum* dengan indeks nilai penting sebesar 60,14%.

Kata kunci: Bryophyta, Distribusi, Gunung Lawu, Keanekaragaman, Lumut terestrial

ABSTRACT

Mount Lawu is a mountain located on the border between Central Java, which has a wet climate and East Java, which tends to be dry. This fact makes Mount Lawu has a unique environmental condition as a place for the growth of various kinds of plants, especially Bryophyte. Bryophyte has an important role in the mountain forest ecosystem. Research on the diversity and distribution of terrestrial Bryophyte on the eastern slopes of Mount Lawu has been published, while on the southern slopes there has been no publication. Therefore, this study aims to study the diversity and distribution of terrestrial Bryophyte on the southern slopes of Mount Lawu. The method used in this research is the exploration method to determine the diversity of Bryophyte and the quadratic method with a plot of 15x15 cm to determine the distribution of Bryophyte. Distribution analysis is determined based on Dominance, Density, Frequency, and Importance Value Index. The results of the identification of Bryophytes collected were *Marchantia palmata*,

Marchantia polymorpha, Asterella limbata, Reboulia hemisphaerica, Scapania javanica, Heteroscyphus coalitus, Bazzania tridens, Anthoceros fusiformis, Fissidens zollingeri, Polytrichum formosum, Thuidium plumulosum, Ectropothecium buitenzorgii, Acroporium lamprophyllum, Leucobryum javense, Campylopus umbellatus, Dicranoloma assimile, Dicranella setifera, Plagiomnium rhynchophorum, Philonotis mollis, Bryum billardieri, and Pyrrhobryum spiniforme. Of the 21 species can be classified into three classes, namely Hepaticopsida, Anthocerotopsida, and Bryopsida. The species of Bryophyte with a wide and even distribution is Acroporium lamprophyllum with an important value index of 60.14%.

Keywords: Bryophyta, Distribution, Mount Lawu, Diversity, Terrestrial Bryophytes

PENDAHULUAN

Gunung Lawu merupakan gunung tertinggi ketiga di Jawa Tengah yang memiliki ketinggian 3265 mdpl. Secara geografis, Gunung Lawu terletak di perbatasan antara lingkungan Jawa Tengah yang cenderung basah dan lingkungan Jawa Timur yang cenderung kering. Sebagai kawasan peralihan, Gunung Lawu ditumbuhi vegetasi yang khas seperti Cemara gunung (*Casuarina junghuhniana*) (Steenis, 2010). Kompleks Gunung Lawu memiliki hutan seluas 24.187,5 ha. Kawasan hutan tersebut memiliki variasi tingkat kelembatan vegetasi (Rahayu & Seyo, 2006) dan variasi dominansi vegetasi pada ketinggian yang berbeda-beda sehingga dimanfaatkan untuk berbagai macam tujuan (Sari et al., 2015). Gunung Lawu memiliki bentangan topografi yang khas dan mampu mengkonsdensasi angin tenggara yang basah menjadi hujan sehingga menyebabkan lereng selatan menjadi relatif subur dengan vegetasi yang rapat, sekalipun musim kemarau (Setyawan & Sugiyarto, 2001). Kondisi iklim yang spesifik ini menyebabkan keunikan tersendiri pada kondisi habitat dan tumbuhan penyusun vegetasi di lereng selatan Gunung Lawu. Kenyataan ini membuat lereng selatan Gunung Lawu merupakan area yang sangat menarik untuk diteliti.

Penelitian mengenai vegetasi di Gunung Lawu masih sedikit dilakukan, khususnya pada tumbuhan lumut. Penelitian mengenai keanekaragaman jenis lumut terestrial di lereng timur Gunung Lawu telah ada publikasinya, sedangkan di lereng selatan masih belum dilakukan. Data penelitian Lusiani & Yuningsih (2018) melaporkan bahwa ditemukan 25 spesies lumut terestrial yang ditemukan di lereng timur Gunung Lawu.

Lumut merupakan tumbuhan tingkat rendah *nonvascular* karena tidak memiliki berkas pengangkut sehingga termasuk ke dalam divisi Bryophyta. Ciri habitus lumut yaitu memiliki talus yang berbentuk lembaran yang dimiliki oleh jenis lumut primitif, sedangkan lumut yang lebih maju memiliki talus yang dapat dibedakan menjadi *cauloid*, *filoid*, dan *rhizoid*. (Sujadmiko & Vitara, 2021). Lumut memiliki tahapan seksual yaitu fase gametofit yang menghasilkan gamet pada siklus hidupnya dan fase sporofit dengan organ penghasil spora yang disebut sporangium (Glime, 2013). Lumut bersifat kosmopolit, yang dapat ditemukan di berbagai macam habitat. Jumlah lumut diperkirakan memiliki 16.000 spesies yang dikelompokkan menjadi tiga kelas yaitu lumut hati (Hepaticopsida), lumut tanduk (Anthocerotopsida), dan lumut daun (Bryopsida). Jenis lumut dari kelas Bryopsida diperkirakan sebanyak 8000 spesies, Hepaticopsida memiliki diperkirakan sebanyak 5000 jenis, dan Anthocerotopsida diperkirakan sebanyak 3000 spesies (Fanani et al., 2019).

Lumut terestrial merupakan lumut yang tumbuh pada substrat tanah, bebatuan, maupun kayu yang lapuk. Lumut terestrial dapat tumbuh dan berkembang dengan baik di hutan hujan tropis terutama pada hutan pegunungan di atas 2000 mdpl yang memiliki karakteristik tanah yang mengandung banyak humus dan lembab (Mandl et al., 2009). Di hutan pegunungan, kerapatan pohon dan penutupan tajuk relatif tinggi, lantai hutan sangat teduh, sehingga lumut

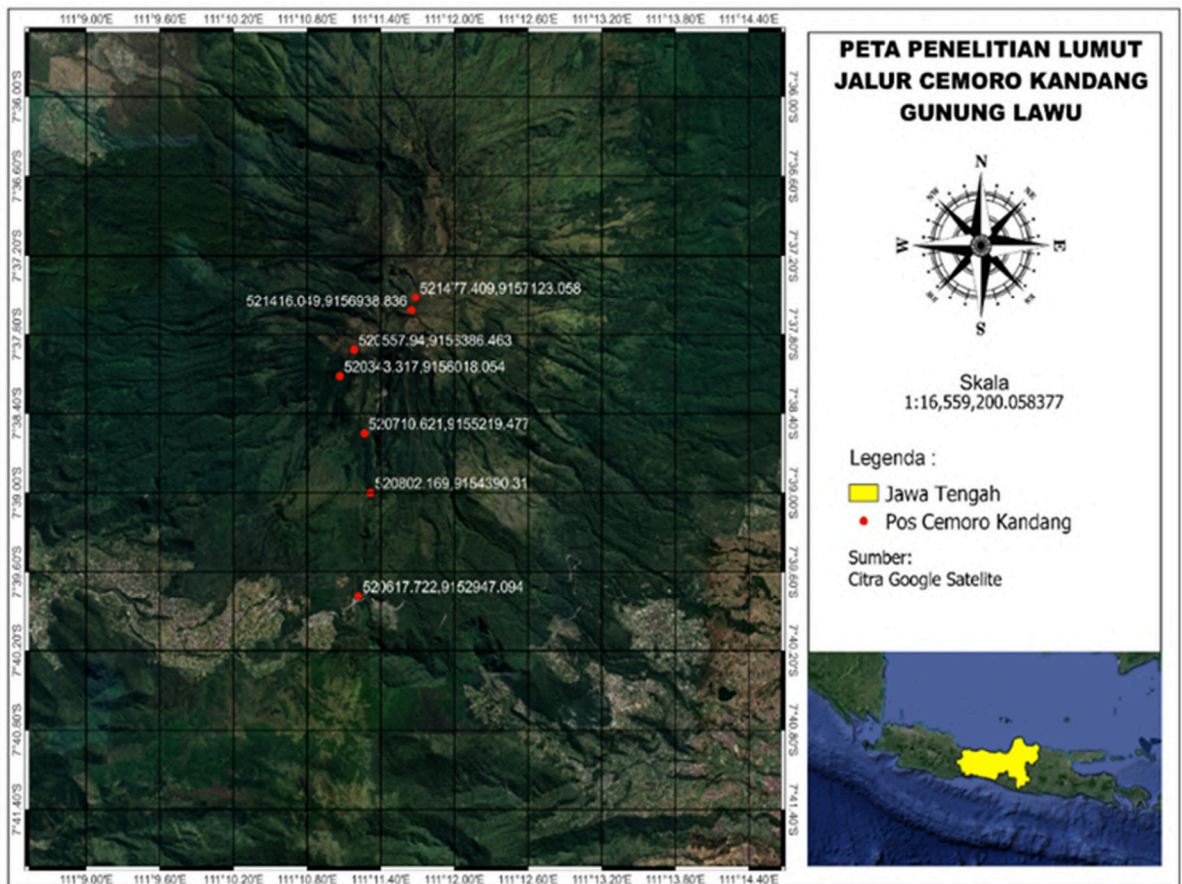
terrestrial mengalami periode lembab yang panjang. Lumut terrestrial memiliki toleransi fisiologis yang relatif sempit terhadap kekeringan, isolasi, dan suhu ekstrem (Proctor, 2000). Kehidupan lumut terrestrial tidak tergantung pada kondisi iklim makro lokal karena mampu mengeksploitasi iklim mikro. Oleh karenanya, lumut terrestrial dapat mencerminkan keragaman habitat mikro yang tersedia di hutan lereng pegunungan (Mandl et al., 2009). Lumut terrestrial yang tumbuh di hutan pegunungan memiliki peran penting dalam fungsi ekosistem, seperti retensi air, kolonisasi tumbuhan, dan keberlanjutan hutan. Lumut terrestrial memiliki distribusi yang lebih luas dan gradien ketinggian yang lebih panjang dibandingkan tumbuhan vaskular (Sun et al., 2013).

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka penelitian keanekaragaman lumut terrestrial di lereng selatan Gunung Lawu sangat penting dilakukan untuk mempelajari keanekaragaman dan distribusi lumut terrestrial yang ada di dalamnya. Lereng selatan (Jalur Cemoro Kandang) Gunung Lawu dipilih sebagai lokasi kajian karena memiliki lingkungan yang khas dan belum ada publikasi penelitian lumut terrestrial di lokasi kajian, sehingga hasil penelitian ini dapat melengkapi data keanekaragaman lumut di Gunung Lawu dan dapat mendukung penelitian selanjutnya.

MATERI DAN METODE

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan September 2021 hingga Mei 2022 di Jalur Pendakian Cemoro Kandang, Gunung Lawu, Karanganyar, Jawa Tengah (Gambar 1) dan Laboratorium Sistematika Tumbuhan Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada.



Gambar 1. Lokasi penelitian lumut terrestrial di lereng selatan Gunung Lawu

Bahan dan alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel lumut terestrial yang diambil di jalur pendakian Cemoro Kandang, Gunung Lawu. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah koleksi kit untuk pengambilan sampel lumut, *grid* plot 15x15 cm untuk penentuan distribusi lumut; thermohigrometer untuk mengukur suhu udara dan kelembaban udara; luxmeter untuk mengukur intensitas cahaya; altimeter untuk mengukur ketinggian lokasi; amplop kertas sebagai penyimpanan spesimen dan oven atau lemari pengering untuk pembuatan herbarium kering; mikroskop cahaya untuk pengamatan anatomi lumut; gelas benda, gelas penutup, pipet tetes untuk pembuatan preparat; kamera digital untuk dokumentasi; dan buku identifikasi lumut sebagai referensi untuk identifikasi jenis lumut.

Metode

Penelitian dilakukan dengan pengambilan sampel di lapangan, pembuatan spesimen herbarium kering, pengamatan morfologi dan anatomi, identifikasi spesies lumut, serta penghitungan distribusi setiap jenis lumut terestrial. Lokasi pengambilan sampel di Jalur Pendakian Cemoro Kandang Gunung Lawu dibagi menjadi 5 zona, yaitu: Zona I (1846 mdpl), Zona II (2237 mdpl), Zona III (2420 mdpl), Zona IV (2819 mdpl), dan Zona V (3153 mdpl).

Pengambilan sampel lumut dilakukan di 5 titik sampling pada masing-masing zona penelitian dengan metode penjelajahan, serta menggunakan metode kuadrat dengan plot ukuran 15 × 15 cm untuk menentukan distribusi lumut. Penentuan titik sampling dapat di tanah, batu, dan kayu yang lapuk/tumbang. Lumut yang diambil merupakan lumut yang sudah dewasa serta diusahakan lengkap gametofit dan sporofitnya. Sampel lumut yang ditemukan kemudian dimasukkan ke dalam amplop koleksi dan diberi label yang berisi kode spesies, tanggal, tempat koleksi, dan nama kolektor.

Pembuatan spesimen herbarium kering telah dilakukan dengan tujuan mengawetkan sifat dan ciri morfologi lumut yang digunakan untuk deskripsi dan identifikasi. Sampel lumut yang dibersihkan dari substrat dengan air mengalir dan dikering-anginkan. Sampel yang telah kering kemudian dimasukkan ke dalam amplop kertas kemudian dimasukkan ke dalam oven atau lemari pengering selama 3-7 hari. Herbarium kering yang telah dibuat diamati sifat dan ciri morfologinya. Pengamatan sifat dan ciri anatomi dilakukan dengan pembuatan preparat anatomi gametofit dan sporofit kemudian diamati dengan mikroskop.

Identifikasi dilakukan dengan pencocokan deskripsi, gambar, dan spesimen herbarium dengan kunci identifikasi lumut hingga mendapatkan nama jenis lumut yang benar. Buku identifikasi lumut yang digunakan yaitu *Guide to the Liverworts and Hornworts of Java* oleh Gradstein (2011), *Mosses and Liverworts of Hong Kong* oleh So (1995), *A Handbook of Malesian Mosses* oleh Eddy (1988), *Mosses of the Philippines* oleh E. B. Bartram (1972). Hasil identifikasi berupa nama-nama jenis lumut.

Analisis data

Analisis data kuantitatif dilakukan untuk mengetahui distribusi setiap spesies lumut terestrial yang ditemukan, yaitu meliputi Densitas, Densitas Relatif, Dominansi, Dominansi Relatif, Frekuensi, Frekuensi Relatif dan Nilai Penting. Selain itu, parameter lingkungan yang telah diukur juga dihitung menggunakan program *Microsoft Excel*.

Dominansi = $\frac{D_1+D_2}{4}\pi$, dimana: D1 = pengukuran diameter panjang, D2 = pengukuran diameter lebar

Dominansi Relatif = $\frac{\text{Dominansi suatu jenis}}{\text{Total dominansi seluruh jenis}} \times 100$

Densitas = $\frac{\text{Jumlah individu suatu jenis}}{\text{Luas area cuplikan}}$

Densitas Relatif = $\frac{\text{Densitas suatu jenis}}{\text{Total Densitas seluruh jenis}} \times 100$

Frekuensi = $\frac{\text{Jumlah plot terdapatnya jenis}}{\text{Total seluruh plot}}$

Frekuensi Relatif = $\frac{\text{Frekuensi suatu jenis}}{\text{Total frekuensi seluruh jenis}} \times 100$

Nilai Penting = Dominansi Relatif + Densitas Relatif + Frekuensi Relatif
(Ajayi & Obi, 2015).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini diperoleh 21 spesies lumut yang terdiri atas 8 ordo dan 16 familia. Lumut kelas Hepaticopsida terdiri atas 5 familia dengan 7 spesies, Anthocerotopsida terdiri atas 1 familia dengan 1 spesies, dan Bryopsida terdiri atas 10 familia dengan 13 spesies. Data keanekaragaman dan distribusi lumut terestrial dapat dilihat pada Tabel 1.

Lumut yang ditemukan di lereng selatan Gunung Lawu didominasi oleh anggota Kelas Bryopsida. Hal ini disebabkan karena Bryopsida memiliki talus yang lebih maju dibandingkan dengan kelas lainnya (Gradstein, 2011) sehingga lebih mampu untuk beradaptasi pada habitat yang beragam di lereng selatan Gunung Lawu. Bryopsida memiliki struktur gametofit tegak dan tubuhnya dapat dibedakan menjadi *rhizoid*, *cauloid*, dan *filoid* (Sujadmiko & Vitara, 2021). Selain itu, Bryopsida memiliki struktur filoid yang terdiri atas satu hingga beberapa lapis sel. Diferensiasi struktur *filoid* yang lebih maju tersebut memungkinkan Bryopsida untuk dapat beradaptasi terhadap kondisi lingkungan yang beragam (Lukitasari, 2018).

Distribusi suatu spesies dapat diketahui melalui perbandingan parameter vegetasi Dominansi Relatif (DomR), Densitas Relatif (DR), dan Frekuensi Relatif (FR) yang ditentukan sebagai Nilai Penting (NP) pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1. maka dapat diketahui bahwa *Acroporium lamprophyllum* merupakan spesies yang memiliki distribusi yang luas dan merata di lokasi penelitian dengan Nilai Penting 60,14%. Nilai penting yang tinggi ini ditentukan dari nilai DomR, DR, FR yang tinggi pada spesies ini. Tingginya distribusi *Acroporium lamprophyllum* yang mendominasi di lokasi penelitian disebabkan oleh beberapa faktor internal maupun faktor eksternal.

Faktor internal yang berpengaruh yaitu keberadaan sel alar yang khas yang dimiliki oleh *Acroporium lamprophyllum* maupun Familia Sematophyllaceae. *Acroporium lamprophyllum* memiliki sel alar dengan jumlah tiga atau empat sel hialin (Bartram, 1972). Sel alar merupakan sel-sel yang terletak di bagian pangkal daun dan bervariasi menurut ukuran, bentuk, dan warnanya (Crandall-Stotlerr & Bartholomew-Began, 2007). Sel alar berfungsi untuk menyerap air ke dalam daun, yang dilakukan secara eksternal di sepanjang batang oleh *rhizoid*

atau daun cekung (Frahm, 2003). Menurut Pollawatn (2008), spesies ini memiliki bentuk daun cekung yang berperan penting dalam fungsi kapilaritas untuk proses pengambilan air secara eksternal. Selain itu, *Acroporium lamprophyllum* memiliki arah pertumbuhan horizontal (*pleurocarpous*) dan *lifeform mats*. Kondisi tersebut menyebabkan spesies ini mempunyai luas permukaan yang besar sehingga mampu menyimpan lebih banyak air (Glime, 2017).

Tabel 1. Keragaman dan distribusi lumut terestrial di lereng selatan Gunung Lawu

Classis	Ordo	Familia	Spesies	DomR (%)	DR (%)	FR (%)	NP (%)
Anthocerotopsida	Anthocerotales	Anthocerotaceae	<i>Anthoceros fusiformis</i>	3.44	0.47	4.40	8.31
Hepaticopsida	Marchantiales	Marchantiaceae	<i>Marchantia palmata</i>	2.04	0.57	3.30	5.91
			<i>Marchantia polymorpha</i>	3.38	0.84	3.30	7.51
		Aytoniaceae	<i>Asterella limbata</i>	5.14	0.48	5.49	11.12
			<i>Reboulia hemisphaerica</i>	3.65	0.40	3.30	7.35
	Jungermanniales	Scapaniaceae	<i>Scapania javanica</i>	1.83	0.83	2.20	4.85
		Geocalyceaceae	<i>Heteroschypus coalitus</i>	3.93	5.19	5.49	14.61
		Lepidoziaceae	<i>Bazzania tridens</i>	4.91	6.23	5.49	16.64
Bryopsida	Fissidentales	Fissidentaceae	<i>Fissidens zollingeri</i>	4.35	2.84	5.49	12.68
	Polytrichales	Polytrichaceae	<i>Polytrichum formosum</i>	3.72	4.16	5.49	13.37
	Hypnales	Thuidiaceae	<i>Thuidium plumulosum</i>	3.82	6.58	4.40	14.80
			<i>Ectropothecium buitenzorgii</i>	4.32	14.12	3.30	21.74
		Sematophyllaceae	<i>Acroporium lamprophyllum</i>	26.05	22.00	12.09	60.14
	Dicranales	Dicranaceae	<i>Leucobryum javense</i>	4.16	3.61	5.49	13.26
			<i>Campylopus umbellatus</i>	3.57	2.90	4.40	10.87
			<i>Dicranoloma assimile</i>	3.76	6.92	4.40	15.07
			<i>Dicranella setifera</i>	2.29	2.63	3.30	8.22
	Bryales	Mniaceae	<i>Plagiomnium rhynchophorum</i>	3.86	1.54	3.30	8.69
			<i>Philonotis mollis</i>	2.94	2.84	5.49	11.28
		Bryaceae	<i>Bryum billardieri</i>	4.07	3.93	3.30	11.30
		Rhizogoniaceae	<i>Pyrrhobryum spiniforme</i>	4.79	10.90	6.59	22.28

Sementara itu, faktor eksternal yang dapat berpengaruh antara lain substrat untuk pertumbuhan *Acroporium lamprophyllum* seperti tanah dan kelembaban udara. Pada penelitian ini, *Acroporium lamprophyllum* ditemukan di empat zona penelitian yaitu Zona I hingga Zona IV. Spesies ini ditemukan pada substrat tanah, bebatuan, dan lahan humus baik pada lingkungan yang basah maupun kering. Habitat spesies ini berada di bawah kanopi yang rapat di sepanjang jalan dengan tanah di dalam hutan pegunungan bawah dan atas (Pollawatn, 2008). Dengan kondisi lingkungan di 4 zona penelitian yang didominasi oleh tanah dan bebatuan yang lembab maka sangat mendukung sebagai habitat untuk pertumbuhan *Acroporium lamprophyllum*, sehingga pada zona penelitian spesies ini sering ditemukan mendominasi substratnya.

Kanopi berperan dalam kehidupan lumut terestrial karena kerapatan kanopi akan membantu dalam pemenuhan unsur hara dan ketersediaan air bagi pertumbuhan lumut terestrial (Craine et al., 2012). Namun demikian, pada penelitian ini terdapat spesies lumut terestrial yang hanya ditemukan di Zona V

dengan kondisi kanopi yang terbuka dan intensitas cahaya tinggi, yaitu *Dicranella setifera* dengan Nilai Penting 8,22%. Spesies ini memiliki sistem penghantar air yang efisien dan dapat mempertahankan tekanan turgor hampir sepanjang tahun di habitatnya, sehingga toleran terhadap lingkungan dengan cahaya tinggi dan kering (Proctor, 2000). Menurut Suleiman et al., (2017), spesies ini umumnya ditemukan pada tempat yang terbuka, pada kondisi tanah dan bebatuan yang kering.

Berdasarkan data nilai DR dan FR, maka dapat ditentukan pola distribusi lumut. Pola distribusi acak (*random*) adalah apabila $DR < FR$, pola distribusi mengelompok (*clumped*) apabila $DR > FR$, dan pola distribusi homogen apabila $DR = FR$. Secara umum, lumut terestrial di lereng selatan Gunung Lawu umumnya memiliki pola distribusi acak. Pola distribusi acak adalah keberadaan individu pada suatu titik tidak mempengaruhi peluang adanya suatu individu yang sama pada suatu titik yang lain disekitarnya (Amalia, 2022). Hal ini dapat dilihat pada Tabel 1. Yang menunjukkan bahwa 14 dari 21 spesies lumut memiliki nilai FR lebih besar dibandingkan dengan nilai DR. Keempatbelas spesies tersebut adalah *Anthoceros fusiformis*, *Marchantia palmata*, *Marchantia polymorpha*, *Asterella limbata*, *Reboulia hemisphaerica*, *Scapania javanica*, *Heteroscyphus coalitus*, *Fissidens zollingeri*, *Polytrichum formosum*, *Leucobryum javense*, *Campylopus umbellatus*, *Dicranella setifera*, *Plagiomnium rhynchophorum*, dan *Philonotis mollis*. Sementara itu, terdapat tujuh spesies yang memiliki pola distribusi mengelompok. Ketujuh spesies tersebut adalah *Bazzania tridens*, *Thuidium plumulosum*, *Ectropothecium buitenzorgii*, *Acroporium lamprophyllum*, *Dicranoloma assimile*, *Bryum billardieri*, dan *Pyrrhobryum spiniforme*. Pola distribusi mengelompok adalah keberadaan individu pada suatu titik dapat meningkatkan peluang adanya suatu individu yang sama pada suatu titik yang lain disekitarnya (Amalia, 2022).

Adapun data parameter lingkungan yang ada di lereng selatan Gunung Lawu dapat dilihat pada Tabel 2. Penelitian ini dilakukan di lereng selatan Gunung Lawu melalui dengan melewati ketinggian yang berbeda-beda pada setiap zona penelitian. Menurut Enroth (1990) seiring dengan naiknya ketinggian 100 meter maka suhu akan menurun sebesar 0.4-0.7°C. Penurunan suhu yang terjadi akan berpengaruh terhadap kelembaban udara. Hal ini sangat berpengaruh terhadap keragaman lumut karena lumut sangat sensitif terhadap perubahan iklim mikro.

Tabel 2. Parameter lingkungan di lereng selatan Gunung Lawu

No	Parameter lingkungan	Rata-rata
1	Suhu udara (°C)	20,8
2	Kelembaban udara (%)	69,2
3	Intensitas cahaya (lux)	1.847,6

Pada penelitian ini rata-rata kelembaban udara cukup tinggi karena lokasi penelitian Zona I hingga Zona IV berada di dalam zona pegunungan bawah atas dengan vegetasi yang sangat rapat. Hal ini ditunjukkan oleh rata-rata kelembaban udara di lereng selatan Gunung Lawu yaitu 69,2%. Vegetasi yang rapat ini dapat mencegah penetrasi cahaya yang masuk ke dalam lantai hutan. Kondisi ini kemungkinan memberikan lingkungan yang baik untuk pertumbuhan lumut terestrial. Selain itu, di lereng selatan Gunung Lawu ditemukan adanya mata air dan air terjun. Hal ini dapat menyebabkan kelembaban di lereng selatan Gunung Lawu tetap terjaga sehingga lumut dapat bertahan hidup dengan baik.

Tabel 3. Perbandingan spesies lumut terestrial di lereng timur dan selatan Gunung Lawu

Jenis Lumut Terestrial	Lereng Gunung Lawu	
	Timur	Selatan
<i>Marchantia chenopoda</i>	√	-
<i>Marchantia emarginata</i>	√	-
<i>Marchantia palmate</i>	-	√
<i>Marchantia polymorpha</i>	√	√
<i>Marchantia streamannii</i>	√	-
<i>Marchantia streimannii</i>	√	-
<i>Marchantia treubii</i>	√	-
<i>Asterella limbata</i>	-	√
<i>Reboulia hemisphaerica</i>	-	√
<i>Dumortiera hirsute</i>	√	-
<i>Bazzania tridens</i>	-	√
<i>Heteroscyphus coalitus</i>	-	√
<i>Jungermania tetragona</i>	√	-
<i>Pallavicinia lyellii</i>	√	-
<i>Scapania javanica</i>	-	√
<i>Anthoceros fusiformis</i>	-	√
<i>Phaeroceros laevis</i>	√	-
<i>Fissidens zollingeri</i>	-	√
<i>Pogonatum contortum</i>	√	-
<i>Polytrichum commune</i>	√	-
<i>Polytrichum formosum</i>	-	√
<i>Thuidium furforosum</i>	√	-
<i>Thuidium furfurosum</i>	√	-
<i>Thuidium plumulosum</i>	-	√
<i>Thuidium recognitum</i>	√	-
<i>Thuidium tamariscinum</i>	√	-
<i>Ectropothecium buitenzorgii</i>	-	√
<i>Acroporium lamprophyllum</i>	-	√
<i>Dicranum scoparium</i>	√	-
<i>Campylopus intraflexus</i>	√	-
<i>Campylopus umbellatus</i>	-	√
<i>Dicranoloma assimile</i>	-	√
<i>Dicanella setifera</i>	-	√
<i>Leucobryum glaucum</i>	√	-
<i>Leucobryum javense</i>	√	√
<i>Octoblepharum albidum</i>	√	-
<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>	√	-
<i>Plagiomnium rhynchophorum</i>	-	√
<i>Philonotis mollis</i>	-	√
<i>Antitrichia curtispindula</i>	√	-
<i>Papillaria flavolimbata</i>	√	-
<i>Bryum billardieri</i>	√	√
<i>Pyrrhobryum spiniforme</i>	-	√

Sementara itu, rata-rata intensitas cahaya di lereng selatan Gunung Lawu sebesar 1.847,6 lux. Zona V memiliki intensitas cahaya yang tinggi karena berada di zona sub alpin dengan vegetasi yang sangat renggang sehingga memudahkan sinar matahari sampai hingga lantai hutan. Cahaya menjadi faktor yang penting bagi fotosintesis tumbuhan terutama pada tumbuhan lumut. Akan tetapi, intensitas cahaya yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada klorofil sehingga beberapa spesies lumut tidak mampu beradaptasi (Glime, 2017), serta intensitas cahaya yang berlebihan dapat mempercepat penguapan air pada daun lumut. Selain itu, intensitas cahaya yang tinggi kemungkinan dapat menyebabkan kelembaban udara lebih mudah hilang.

Penelitian mengenai keanekaragaman lumut di lereng timur Gunung Lawu telah dilakukan oleh Lusiani & Yuningsih (2018), sehingga dapat dilakukan perbandingan spesies yang ditemukan di lereng selatan dan lereng timur Gunung Lawu yang dapat dilihat pada Tabel 3. Penelitian keanekaragaman lumut terestrial di lereng timur Gunung Lawu tercatat ditemukan sebanyak 25 spesies (Lusiani & Yuningsih, 2018), sehingga dapat diketahui bahwa jumlah spesies lumut terestrial yang ditemukan di lereng selatan lebih rendah dibandingkan dengan lereng timur Gunung Lawu. Terdapat tiga spesies lumut terestrial yang ditemukan di kedua lereng tersebut. Ketiga spesies tersebut adalah *Marchantia polymorpha*, *Leucobryum javense*, dan *Bryum billardieri*. Lereng selatan dan lereng timur Gunung Lawu memiliki habitat yang hampir sama untuk pertumbuhan lumut terestrial. Namun demikian, menurut Setyawan & Sugiarto (2001) vegetasi yang ada di lereng selatan lebih rapat dibandingkan dengan lereng lainnya yang ada di Gunung Lawu.

Vegetasi yang lebih rapat di lereng selatan Gunung Lawu kemungkinan menciptakan kondisi iklim mikro dengan kelembaban udara yang lebih tinggi dan intensitas cahaya yang lebih rendah. Perbedaan iklim mikro yang terdapat di kedua lereng tersebut dapat menyebabkan komposisi spesies lumut terestrial yang ditemukan di kedua lereng tersebut berbeda pula. Hal ini karena kehidupan lumut terestrial tidak tergantung pada kondisi iklim makro lokal karena mampu mengeksploitasi iklim mikro. Oleh karenanya, lumut terestrial dapat mencerminkan keragaman habitat mikro yang tersedia di hutan lereng pegunungan (Mandl et al., 2009). Perbedaan komposisi tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3. maka dapat diketahui bahwa terdapat 18 spesies lumut terestrial di lereng selatan Gunung Lawu yang berbeda dibandingkan dengan spesies lumut terestrial yang ditemukan di lereng timur Gunung Lawu, sehingga penelitian ini dapat melengkapi data dari penelitian sebelumnya. Kedelapanbelas spesies tersebut adalah *Marchantia palmata*, *Asterella limbata*, *Reboulia hemisphaerica*, *Bazzania tridens*, *Heteroscyphus coalitus*, *Scapania javanica*, *Anthoceros fusiformis*, *Fissidens zollingeri*, *Polytrichum formosum*, *Thuidium plumulosum*, *Ectropothecium buitenzorgii*, *Acroporium lamprophyllum*, *Campylopus umbellatus*, *Dicranoloma assimile*, *Dicranella setifera*, *Plagiomnium rhynchophorum*, *Philonotis mollis*, dan *Pyrrohobryum spiniforme*.

Kunci Identifikasi

1. Tumbuhan berbentuk talus berupa lembaran, tumbuh merayap, bersifat dorsiventral jika berdaun tersusun dalam baris di kanan-kiri dan bawah batang, tebal daun satu lapis sel, dinding sel daun dijumpai *trigome*, kapsul sporofit tidak dijumpai operkulum (tutup kapsul) 2
1. Tumbuhan berupa talus seperti pohon, tumbuh tegak, tidak bersifat dorsiventral, daun tersusun spiral, tebal daun satu sampai beberapa lapis sel,

- dinding sel daun tidak dijumpai *trigome*, kapsul sporofit mempunyai operkulum 9
2. Gametofit bersifat *frondose* 3
2. Gametofit bersifat *foliose* 7
3. Talus berbentuk lembaran dan bercabang dikotomis. Sel mengandung banyak kloroplas kecil. Kapsul membulat hingga *ellipsoidal* dan berwarna hitam. Kapsul membuka pada satu waktu 4
3. Talus berbentuk lembaran pita dan tidak bercabang. Sel mengandung 1-2 kloroplas besar. Kapsul silindris vertikal seperti tanduk rusa. Kapsul membuka secara bertahap dari ujung ke bawah. Pada dinding kapsul dijumpai stomata. *Pseudoelatera* terdiri dari empat sel. ***Anthoceros fusiformis***
4. Reseptakel betina dan jantan memiliki tangkai 5
4. Reseptakel betina memiliki tangkai, reseptakel jantan *sessile* 6
5. *Gemmae cup* dengan tepi bergelombang. Permukaan dorsal talus dengan midrib. Tepi talus rata. Sisik segi empat di bagian ventral talus ***Marchantia palmata***
5. *Gemmae cup* dengan tepi bergerigi. Permukaan dorsal talus tanpa *midrib*. Tepi talus *crenulate*. Sisik oval, tersusun dalam 3 baris di bagian ventral talus..... ***Marchantia polymorpha***
6. *Arkegoniofor* terdiri atas tangkai dan reseptakel dengan adanya pseudoperianth yang berbentuk kerucut. Anteridiofor *sessile* pada tepi permukaan dorsal talus ***Asterella limbata***
6. *Arkegoniofor* terdiri atas tangkai dan reseptakel tanpa *pseudoperianth*. *Anteridiofor sessile* pada tepi permukaan dorsal talus ***Reboulia hemisphaerica***
7. Daun tersusun atas dua baris daun lateral dan satu baris daun ventral 8
7. Daun tersusun atas *lobus antical* dan *lobus postical*. *Lobus* daun berbentuk *ovate*. *Lobus antical* dengan bentuk sel segi empat hingga *oblong*. *Lobus postical* dengan bentuk sel *subrectangular*. Tepi daun bergigi pendek. ***Scapania javanica***
8. Daun lateral berbentuk *rectangular* dengan ujung daun bergigi dua panjang. Daun ventral berupa *amfigastrium* yang berbentuk seperti bintang. Bentuk sel daun *polygonal* dengan *trigome* ***Heteroscyphus coalitus***
8. Daun lateral berbentuk *triangular* dengan ujung daun bergigi 3 tajam. Daun ventral berupa *amfigastrium* yang berbentuk bulat bergelombang. Bentuk sel daun *ovate* dengan *trigome* ***Bazzania tridens***
9. Daun memiliki *lamina* tambahan/anak daun. Bentuk daun *ligulate-lanceolate* (tepi daun *serrulate*, bentuk sel daun heksagonal, warna daun hijau kekuningan, *lifeform short-turfs*) ***Fissidens zollingeri***
9. Daun tidak memiliki *lamina* tambahan/anak daun 10
10. Daun memiliki *lamela* yang memanjang. Bentuk daun *linear-lanceolate* (tepi daun bergigi *serrate* uniseluler, bentuk sel daun *hexagonal-orbicular*, warna daun hijau, *lifeform tall-turfs*) ***Polytrichum formosum***

10. Daun tidak memiliki *lamela* 11
11. Tidak memiliki daun batang 12
11. Memiliki daun batang. Kloroplas dalam sel berjumlah satu. (Bentuk daun *triangular-ovate*, ujung daun batang *short-acuminate*, ujung daun cabang tumpul, tepi daun *crenulate*, bentuk sel daun *pluripapillate*) ***Thuidium plumulosum***
12. Daun memiliki *costa* 13
12. Daun tidak memiliki *costa/ecostate* 14
13. Daun memiliki *costa tunggal/unicostate* 15
13. Daun memiliki *costa ganda/bicostate*. Bentuk sel daun linier *rhomboidal*. (Bentuk daun *ovate-lanceolate*. Tepi daun bagian atas *serrate*, tepi daun bagian bawah *serrulate*. Ujung daun *acuminate*. *Costa double* dan pendek) ***Ectropothecium buitenzorgii***
14. Bentuk daun *lanceolate*, tepi daun rata, bentuk sel daun linier. Sel alar terdiri dari 3-5 sel hialin, bentuk kapsul *ovate*, *liform mats* ***Acroporium lamprophyllum***
14. Bentuk daun *ovate-lanceolate*, tepi daun *serrate*, bentuk sel daun *rectangular*, ujung daun *acuminate*, bentuk kapsul *oblong*, *liform cushion* ***Leucobryum javense***
15. *Costa* sangat tebal 16
15. *Costa* tipis 18
16. Bentuk sel daun *linear-rectangular* 17
16. Bentuk sel daun *ovate-rhomboidal*. Sel alar berbentuk *rectangular* dan tidak berwarna. *Costa excurrent*. Bentuk daun *oblong-lanceolate*, tepi daun rata. Seta abu-abu ***Campylopus umbellatus***
17. Bentuk daun *ovate*. *Costa percurrent*. Tepi daun *serrulate*. Bentuk sel daun *rhomboidal*. Seta berwarna kemerahan. Sel alar berbentuk *auriculate* dan berwarna kemerahan ***Dicranoloma assimile***
17. Bentuk daun *oblong-ovate*. *Costa excurrent*. Tepi daun rata. Bentuk sel daun *rectangular-linear*. Seta kuning ***Dicranella setifera***
18. *Acrocarpous* 19
18. *Pleurocarpous* (Bentuk daun *rectangular-ligulate*, *costa* kokoh di pangkal dan sangat tipis di daerah apikal, tepi daun bergigi uniseluler, bentuk sel daun *oval-rhomboidal*) ***Plagiomnium rhynchophorum***
19. *Costa percurrent*, terdapat sel *mamillae* pada daun bagian *anterior* (Bentuk daun *lanceolate*, bentuk sel daun *rectangular*, seta kemerahan, kapsul menggantung, *liform short-turfs*) ***Philonotis mollis***
19. *Costa Excurrent*, sel *mamillae* tidak terdapat pada daun bagian *anterior* 20
20. Daun membentuk *roset*. *Border cell* tebal. Bentuk daun *spathulate*, ujung daun *acute*, tepi daun rata, tepi daun bagian atas bergerigi, bentuk sel daun heksagonal, kapsul *pyriform*, *liform short-turfs*) ***Bryum billardieri***

20. Daun tidak membentuk *roset*. *Border cell* tipis. Bentuk daun *linear-lanceolate*. Ujung daun *acuminate*. Tepi daun *serrate*. Bentuk sel daun *oval* atau *rounded*. Seta kecoklatan. Kapsul silindris *ovoid, lifeform short-turfs*)
 ***Pyrrhobryum spiniforme***

SIMPULAN

Lumut terrestrial yang ditemukan di lereng selatan Gunung Lawu terdiri atas 21 spesies yaitu *Marchantia palmata*, *Marchantia polymorpha*, *Asterella limbata*, *Reboulia hemisphaerica*, *Scapania javanica*, *Heteroscyphus coalitus*, *Bazzania tridens*, *Anthoceros fusiformis*, *Fissidens zollingeri*, *Polytrichum formosum*, *Thuidium plumulosum*, *Ectropothecium buitenzorgii*, *Acroporium lamprophyllum*, *Leucobryum javense*, *Campylopus umbellatus*, *Dicranoloma assimile*, *Dicranella setifera*, *Plagiomnium rhynchophorum*, *Philonotis mollis*, *Bryum billardieri*, dan *Pyrrhobryum spiniforme*. Lumut terrestrial yang ditemukan di lereng selatan Gunung Lawu dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelas, yaitu *Hepaticopsida*, *Anthocerotopsida*, dan *Bryopsida*. Spesies lumut terrestrial yang memiliki distribusi yang luas dan merata yaitu *Acroporium lamprophyllum* dengan nilai penting sebesar 60,14%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada pihak Perhutani KPH Surakarta, DISPARPORA Kabupaten Karanganyar Jawa Tengah, dan Basecamp Pendakian Jalur Cemoro Kandang Gunung Lawu yang telah memberikan izin penelitian ini; Hibah Kolaborasi Dosen Mahasiswa (KDM) Fakultas Biologi UGM 2021 yang telah memberikan dukungan dana untuk penelitian ini; serta segenap pihak Fakultas Biologi UGM yang telah memberikan dukungan untuk penelitian ini.

KEPUSTAKAAN

- Ajayi S, Obi RL. 2015. Tree Species Composition, Structure and Importance Value Index (IVI) of Okwangwo Division, Cross River National Park, Nigeria. *International Journal of Science and Research*, **5(12)**: 85-87.
- Amalia NA. 2022. Keanekaragaman Lumut di Candi Plaosan Jawa Tengah. *Skripsi*. Universitas Gadjah Mada.
- Bartram EB. 1972. *Mosses of the Philippines*. Lubrucht & Cramer Ltd: New York.
- Crandall-Stotler BJ, Bartholomew-Began, SE. 2007. Morphology of mosses (Phylum Bryophyta). *Flora of North America North of Mexico* **27**: 3-13.
- Craine JM, Engelbrecht BM, Lusk CH, McDowell NG, Poorter H. 2012. Resource limitation, tolerance, and the future ecological plant classification. *Frontiers in plant science*, **3(246)**: 1-10.
- Enroth J. 1990. Altitudinal zonation of bryophytes on the Huon Peninsula, Papua New Guinea. A floristic approach, with phytogeographic considerations. *Tropical Bryology*, **2(2-6)**: 61-90.
- Fanani MB, Afriyansyah, Haerida, I. 2019. Keanekaragaman Jenis Lumut (Bryophyta) Pada Berbagai Substrat di Bukit Muntai Kabupaten Bangka Selatan. *EKOTONIA: Jurnal Penelitian Biologi, Botani, Zoologi dan Mikrobiologi*, **4(2)**: 43-47.
- Frahm JP. 2003. Manual of Tropical Bryology. *An International Journal on The Biology of Tropical Bryophytes*, **23**: 39-57.
- Glime JM. 2013. *Bryophyte Ecology*. Vol 1. Michigan Technological University and International Association of Bryologist. Ch 2, 4, 5 & 7: 1-10.
- Glime JM. 2017. *Bryophyte Ecology*. Vol 1. Michigan Technological University and International Association of Bryologist. Ch 4-5: 2-18.
- Gradstein SR. 2011. *Guide to the Liverworts and Hornworts of Java*. Southeast Asian Regional Center for Tropical Biology: Bogor.
- Lukitasari M. 2018. *Mengenal Tumbuhan Lumut (Bryophyta) Deskripsi, Klasifikasi, Potensi, dan Cara Mempelajarinya*. AE Media Grafika: Magetan.

- Lusiani MS, Yuningsih A. 2018. Inventarisasi keanekaragaman lumut di kawasan lereng timur Gunung Lawu Magetan Jawa Timur. *Prosiding Seminar Nasional Sabuk Gunung Lawu*, **1(1)**:19-23.
- Mandl NA, Kessler M, Gradstein SR. 2009. Effects of environmental heterogeneity on species diversity and composition of terrestrial bryophyte assemblages in tropical montane forests of southern Ecuador. *Plant Ecology & Diversity*, **2(3)**: 313-321.
- Pollawatn R. 2008. Systematic treatment of Sematophyllaceae (Musci) in Thailand. *Doctoral dissertation, Bonn, Univ., Diss.*
- Proctor MCF. 2000. The bryophyte paradox: tolerance of desiccation, evasion and drought. *Plant Ecology*, **151**: 41–49.
- Rahayu KP, Seyo R. 2006. *Laporan Penelitian Profil Keanekaragaman Flora Fauna, Peta Penutupan Vegetasi, Kerusakan Lingkungan, dan Konsep Pengembangan Ekowisata di Gunung Lawu*. LPPM UNS. Surakarta.
- Sari DP, Karyanto P, Muzayyinah. 2015. Studi Avifauna Gunung Lawu berdasarkan Distribusi Altitudinal. *Biogenesis* **3(2)**: 81-86.
- Setyawan AD, Sugiyarto. 2001. Keanekaragaman Flora Hutan Jobolarangan Gunung Lawu: 1. Cryptogamae. *Biodiversitas* **2(1)**: 115-122.
- Steenis CGGJ. 2010. *Flora Pegunungan Jawa*. LIPI Press: Bogor.
- Sujadmiko H, Vitara PE. 2021. Tumbuhan Lumut di Kampus UGM. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Suleiman M, Masundang DP, Akiyama H. 2017. The mosses of crocker range park, Malaysian Borneo. *PhytoKeys*, **(88)**: 71-107.
- Sun SQ, Wu YH, Wang GX, Zhou J, Yu D, Bing HJ, Luo J. 2013. Bryophytes species richness and composition along an altitudinal gradient in Gongga Mountain, China. *PloS one*, **8(3)**: 1-10.

JURNAL BIOLOGI UDAYANA

P-ISSN: 1410-5292 E-ISSN: 2599-2856

Volume 27 | Nomor 1 | Juni 2023

DOI: <https://doi.org/10.24843/JBIOUNUD.2023.v27.i01.p02>

Kajian anatomi, histokimia, dan karakteristik epidermal daun sawo kecik (*Manilkara kauki* (L.) Dubard - Sapotaceae)

Anatomical, histochemical, and epidermal characteristic of sawo kecik (*Manilkara kauki* (L.) Dubard - Sapotaceae) leaves

Nery Sofiyanti*, Dyah Iriani

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau. Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Pekanbaru 28293 – Indonesia

*Email: nery.sofiyanti@lecturer.unri.ac.id

Diterima
9 November 2022

Disetujui
8 Maret 2023

INTISARI

Manilkara kauki (L.) Dubard (sawo kecik) merupakan salah satu jenis pohon penghasil buah dari genus *Manilkara* Adans. (Sapotaceae). Jenis ini termasuk jarang dijumpai di Sumatera, termasuk di Provinsi Riau. Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengetahui struktur anatomi dan histokimia daun *M. kauki* serta karakteristik epidermalnya. Pembuatan preparat anatomi dan histokimia dilakukan dengan menggunakan preparat segar dari 3 bagian daun *M. kauki* yaitu tangkai daun, ibu tulang daun dan helai daun. Senyawa metabolit sekunder yang diuji pada kajian histokimia adalah alkaloid, flavonoid, tanin dan lipid. Pembuatan preparat epidermal dilakukan dengan metode replika. Pengamatan struktur anatomi, histokimia dan karakteristik epidermal daun diamati dan didokumentasikan menggunakan mikroskop digital. Hasil kajian anatomi tangkai daun dan ibu tulang daun menunjukkan karakteristik pada setiap jaringan, yaitu kutikula, epidermis, berkas pengangkut utama yang tersusun dari sklereid, floem dan xilem, serta adanya *artificial laticifer* pada bagian tengah. Berkas pengangkut tambahan hanya dijumpai pada tangkai daun. Struktur anatomi helai daun menunjukkan adanya sklereid dan sel tanin pada mesofil. Hasil kajian histokimia menunjukkan hasil positif pada setiap organ yang diuji, namun konsentrasi setiap senyawa pada jaringan yang diamati berbeda-beda. Tipe stomata pada *M. kauki* adalah hipostomatik. Hasil kajian ini memberikan informasi tambahan pada struktur anatomi, histokimia dan epidermal dari genus *Manilkara*.

Kata kunci: anatomi, histokimia, *Manilkara kauki*, sawo kecik

ABSTRACT

Manilkara kauki (sawo kecik) is one of species producing fruit within genus *Manilkara* (Sapotaceae). This species is rarely found in Sumatera, including in Riau Province. The aims of this study are to investigate the anatomical structure and histochemical of *M. kauki* leaf, as well as examined its epidermal characteristic. The anatomical and histochemical specimens were prepared using fresh specimens of three parts of *M. kauki* leaf, i.e. petioles, mid rib and laminae. The secondary metabolites examined in histochemical study are alkaloid, flavonoid, tannin and lipid. The epidermal specimen was prepared using replica method. Anatomical structure, histochemical data and epidermal observation and documentation had been carried out using digital microscope (Olympus). Anatomical structure of petioles and mid rib of *M. kauki* leaf show their characteristic on cuticula, epidermis, main vascular bundle that consisted of sklereid, phloem and xylem and artificial laticifer in the center. The accessory vascular bundle is only found in petioles. Anatomical structure of laminae shows the presence of sclereid and tannin cells on mesophyll. The result histochemical tests show the presence of alkaloid, flavonoid, tannin and lipid at petioles, mid rib and laminae. However, the concentration in each tissue is different. Stomata of *M. kauki* is hypostomatic (only found in abaxial side). The result of this

study gave additional information on anatomical structure, histochemical data and epidermal characteristic of *Manilkara* genus.

Keywords: anatomy, histochemistry, Manilkara kauki, sawo kecil

PENDAHULUAN

Genus *Manilkara* Adans. merupakan golongan tumbuhan penghasil buah dari familia Sapotaceae. Jenis *Manilkara* yang paling banyak dibudidayakan di Indonesia adalah *M. zapota* (L.) P. Royen (sawo Manila). Sedangkan jenis *Manilkara* lain, seperti *M. kauki* (L.) Dubbard (sawo kecil atau sawo Jawa) termasuk jarang dibudidayakan sebagai tanaman penghasil buah komersial. Pada umumnya, jenis ini hanya dijadikan sebagai tanaman hias atau peneduh (Sudrajat & Megawati, 2010), karena buahnya yang kurang komersial sebagai buah komsumsi. Karakteristik *M. kauki* yang membedakan dengan *M. zapota* adalah habitus, morfologi daun, dan buah. *Manilkara kauki* memiliki habitus pohon, berdaun bulat telur terbalik dan bentuk buah bulat telur, kulit buah berkilat, warna buah matang jingga kemerahan sampai merah. Sedangkan *M. zapota* mempunyai habitus perdu atau pohon kecil dengan daun lanset, buah oval sampai bulat, kulit buah kasar dengan warna buah masak coklat (Tamsir et al. 2020).

Kajian anatomi pada suatu tumbuhan bertujuan untuk mengetahui struktur dalam suatu organ. Hasil kajian ini sangat bermanfaat dalam mendukung studi taksonomi suatu taksa karena dapat membantu dalam proses identifikasi dan klasifikasi. Kajian anatomi pada familia Sapotaceae telah dilaporkan pada beberapa genus seperti *Manilkara* (Javelle et al., 2011), *Mimusops* (Madhak et al., 2013), *Chrysophyllum* (Prasawang & Srinual, 2020) dan *Palaquium* (Wulansari et al., 2020). Untuk genus *Manilkara*, kajian anatomi telah diteliti pada jenis *M. bidentata* (A. DC.) A. Chev., *M. cavalcantei* Pires and W.A. Rodrigues ex T.D. Penn., *M. dardanoi* Ducke, *M. decrescens* T.D. Penn., *M. elata* (Allemañõ ex Miq.) Monach., *M. huberi* (Ducke) Chevaliera, *M. longifolia* (A. DC.) Dubard, *M. maxima* T.D. Penn., *M. multifida* T.D. Penn., *M. paraensis* (Huber) Standl, *M. rufula* (Miq.) H.J. Lam, *M. salzmännii* (A. DC.) H.J. Lam dan *M. triflora* (Allemañõ) Monach. (Javelle et al., 2011). Kajian Moura et al. (2019) juga telah melaporkan struktur anatomi dari *M. zapota*. Namun kajian mengenai anatomi, termasuk karakteristik epidermal daun *M. kauki* belum pernah dilaporkan sebelumnya.

Kajian histokimia bertujuan untuk mengetahui posisi suatu senyawa metabolit sekunder pada jaringan tumbuhan. Salah satu manfaat dari hasil kajian histokimia adalah untuk mengetahui potensi taksa tumbuhan sebagai sumber pengobatan tradisional. Seperti halnya kajian anatomi, kajian histokimia juga sangat terbatas pada genus *Manilkara* dan belum ada laporan mengenai kajian ini pada jenis *M. kauki*. Oleh karena itu, kajian ini bertujuan untuk mengetahui struktur anatomi dan histokimia daun, serta karakteristik epidermalnya. Sehingga dapat memberikan informasi tambahan pada genus *Manilkara*.

MATERI DAN METODE

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan April sampai Juli 2022. Sampel daun sawo kecil (*Manilkara kauki*) diambil dari hutan kampus Universitas Riau. Pembuatan preparat anatomi, histokimia dan epidermal dilakukan di laboratorium Mikroteknik Tumbuhan Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau.

Metode

Anatomi dan histokimia

Bagian yang dibuat preparat anatomi dan histokimia adalah tangkai daun (*petiolus*), ibu tulang daun (*mid rib*) dan helai daun (*laminae*). Sampel yang digunakan adalah daun dewasa yang mempunyai kondisi baik. Sampel kemudian dicuci sampai bersih dan dikeringkan menggunakan tisu laboratorium. Sampel kemudian diiris menggunakan *cutter* atau *hand microtome* dengan ketebalan sekitar 7 μm . Pengamatan anatomi dilakukan pada irisan segar. Untuk uji histokimia mengikuti protokol Sofiyanti et al. (2022) dengan membagi setiap bagian menjadi 3 irisan pada setiap uji (Tabel 1). Irisan sampel diletakan pada gelas benda, kemudian sampel ditetesi dengan larutan uji, dan ditutup dengan gelas penutup. Pengamatan dan dokumentasi dilakukan menggunakan mikroskop digital Olympus CX-23.

Tabel 1. Senyawa, larutan uji dan bagian daun sawo kecil dalam uji histokimia

No	Senyawa	Larutan uji	Jumlah irisan yang diamati			Indikator positif
			TD	ITD	HD	
1.	Alkaloid	Wagner	3	3	3	Coklat kemerahan
2.	Flavonoid	NaOH 10%	3	3	3	Kuning
3.	Tanin	FeCl ₃	3	3	3	Biru Kehitaman
4.	Lipid	Sudan III	3	3	3	Merah muda
Jumlah			12	12	12	

Keterangan : TD = tangkai daun, ITD = ibu tulang daun, HD = helai daun.

Preparat epidermal

Pembuatan preparat epidermal dengan menggunakan metode replika (Sofiyanti et al., 2022). Bagian daun yang akan diamati diolesi dengan kutek bening dan dibiarkan sampai kering. Kemudian bagian ini ditempel dengan selotip bening dan ditarik. Selotip ditempelkan pada gelas benda dan diamati dan didokumentasikan menggunakan mikroskop

Analisis data

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui karakteristik anatomi, histokimia, dan epidermal pada tangkai daun (*petiolus*), ibu tulang daun (*mid rib*) dan helai daun (*laminae*) dari sawo kecil. Data kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan gambar.

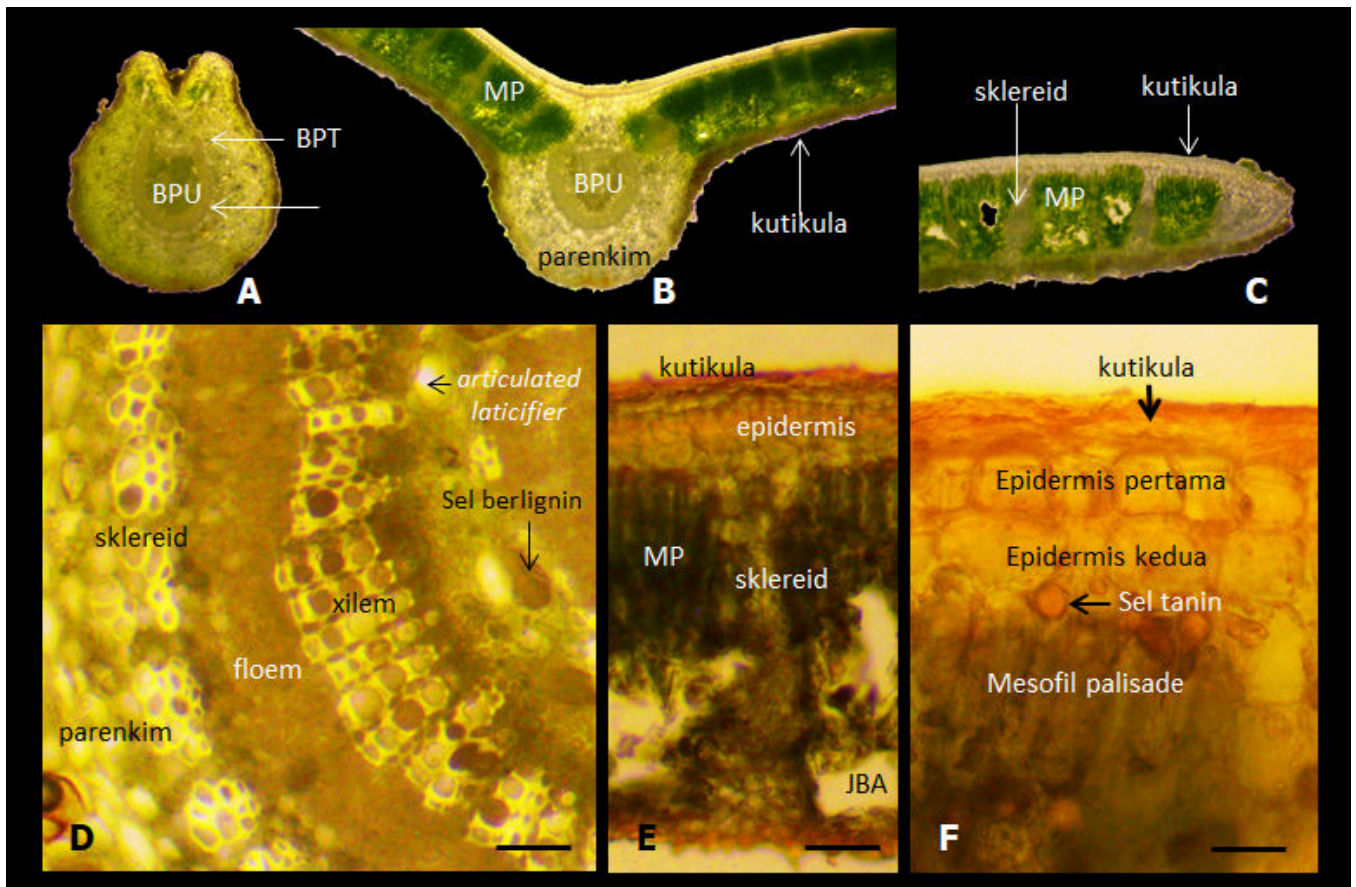
HASIL

Hasil kajian ini memberikan informasi mengenai struktur anatomi daun dan histokimianya. Bagian daun yang diamati meliputi tangkai daun (*petiolus*), ibu tulang daun (*mid rib*) dan helai daun (*laminae*).

Anatomi daun

Gambar 1 menyajikan struktur anatomi daun *M. kauki*. Penampang melintang tangkai daun *M. kauki* berbentuk buah pear dengan bagian dorsal berlekuk di tengah dengan bentuk lekukan menyerupai huruf "V" dan bagian kanan dan kiri lekukan membentuk dua buah tonjolan, sedangkan bagian ventral tangkai daun berbentuk membulat (Gambar 1A). Gambar 1B menunjukkan

struktur anatomi ibu tulang daun *M. kauki*, yang berbentuk menyerupai sayap, sedangkan Gambar 1C merupakan irisan vertikal ujung helai daun.



Gambar 1. Struktur anatomi daun *M. kauki*. (A) tangkai daun; (B) ibu tulang daun; (C) helai daun; (D) detil anatomi tangkai daun; (E dan F) detil irisan vertikal helai daun.

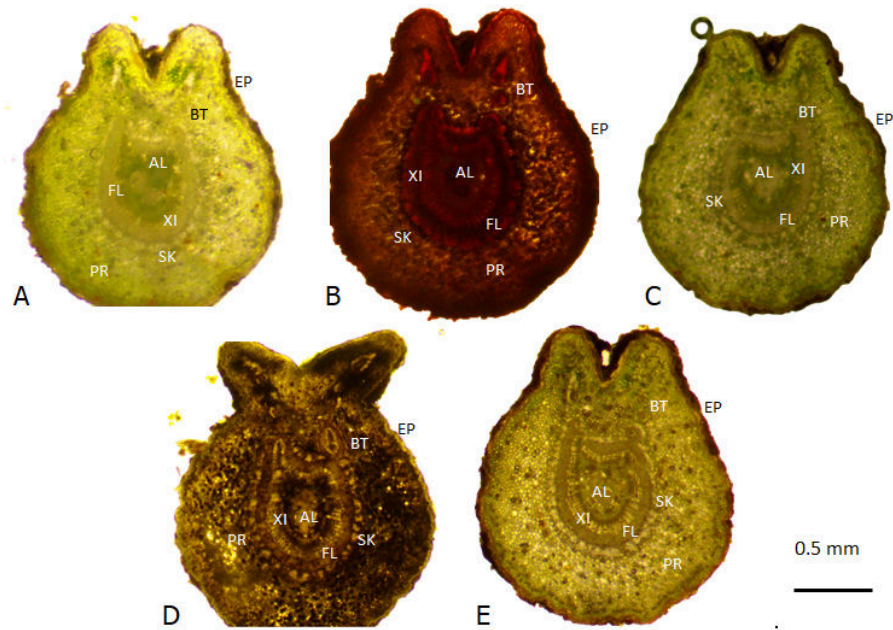
Keterangan: BPU = berkas pengangkut utama, BPT = berkas pengangkut tambahan, MP = mesofil palisade, JBA = jaringan bunga karang. Skala D = 50 μm , E = 100 μm , F = 50 μm .

Gambar 1A menunjukkan bahwa struktur anatomi tangkai *M. kauki* dari bagian luar ke arah dalam adalah kutikula, epidermis, jaringan parenkim dan berkas pengangkut utama yang berbentuk menyerupai hati. Selain berkas pengangkut utama, pada tangkai daun juga ditemukan berkas pengangkut tambahan dengan ukuran yang lebih kecil dan yang posisinya sebelah kanan dan kiri bagian lekukan dorsal. Berkas pengangkut utama terdiri dari sklereid, floem dan xilem. Di bagian tengah pada berkas pengangkut utama dijumpai *artificial laticifer* (Gambar 1D). Secara umum struktur anatomi ibu tulang daun hampir sama dengan tangkai daun, tetapi tidak dijumpai berkas pengangkut tambahan. Selain itu di bagian kanan dan kiri terdapat struktur yang membentuk helai daun. Struktur anatomi helai daun *M. kauki* dapat dilihat pada Gambar 1C, E dan F. Bagian terluar dilapisi dengan kutikula, dan diikuti dengan epidermis biseriat (2 lapisan epidermis) (Gambar 1F). Mesofil palisade tersusun dari sel-sela yang memanjang di bawah epidermis. Pada bagian ini dijumpai sklereid yang memanjang dari bagian adaksial ke bagian abaksial (Gambar 1E). Jaringan bunga karang terdapat pada bagian bawah mesofil palisade.

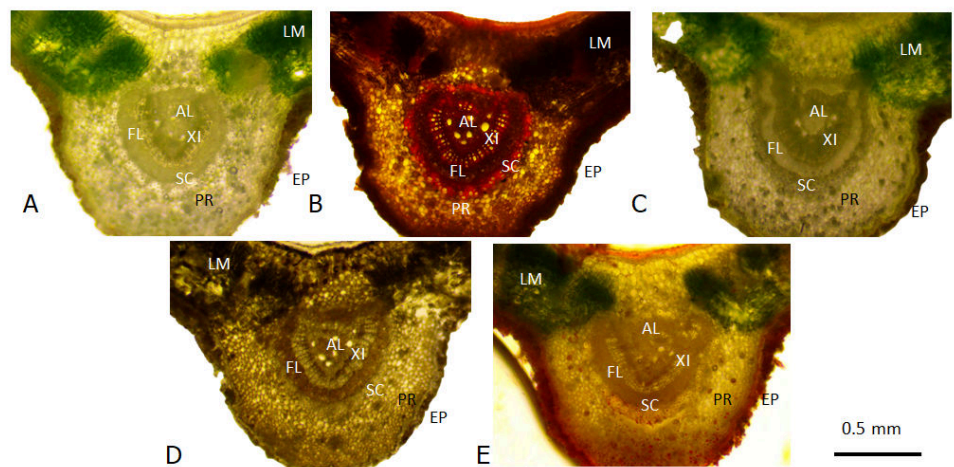
Histokimia daun

Pada kajian ini telah dilakukan uji histokimia pada tangkai daun, ibu tulang daun dan helai daun (Gambar 2 – 4). Senyawa yang diuji adalah alkaloid,

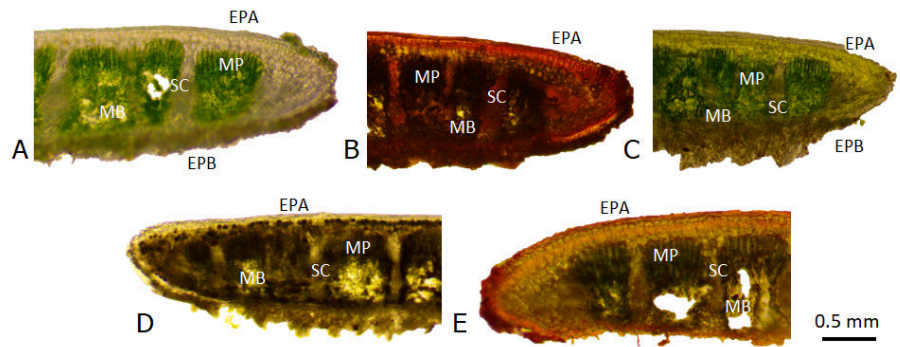
flavonoid, tanin dan lipid. Gambar irisan dari tangkai daun, ibu tulang daun dan helai daun yang tidak dilakukan uji histokimia disajikan pada Gambar 2A, 3A dan 4A, yang berfungsi sebagai kontrol untuk membandingkan ada tidaknya perubahan warna jaringan pada masing-masing uji yang dilakukan. Keberadaan senyawa alkaloid ditandai dengan perubahan warna jaringan menjadi cokelat kemerahan seperti ditunjukkan pada Gambar 2B, 3B dan 4B. Sedangkan senyawa flavonoid ditandai dengan munculnya warna kuning (Gambar 2C, 3C dan 4C). Perubahan warna menjadi biru kehitaman menandakan adanya kandungan tanin pada suatu jaringan, seperti yang diamati pada Gambar 2D, 3D dan 4D. Sedangkan kandungan lipid ditandai dengan munculnya warna merah muda (Gambar 2E, 3E dan 4E).



Gambar 2. Penampang melintang tangkai daun *M. kauki* pada uji histokimia. A. Kontrol, B. Alkaloid, C. Flavonoid, D. Tanin, E. Lipid. (EP= epidermis, PR = parenkim, SK = sklereid, FL = floem, XI = xilem, AL = articulated laticifer, BT = berkas pengangkut tambahan).



Gambar 3. Penampang melintang ibu tulang daun *M. kauki* pada uji histokimia. A. Kontrol, B. Alkaloid, C. Flavonoid, D. Tanin, E. Lipid. (AL = articulated laticifer, EP= epidermis, PR = parenkim, SK = sklereid, FL = floem, XI = xilem, LM = lamina).



Gambar 4. Penampang vertikal helai daun *M. kauki* pada uji histokimia. A. Kontrol, B. Alkaloid, C. Flavonoid, D. Tanin, E. Lipid (EPA= epidermis atas, EPB = epidermis bawah, MP = mesofil palisade, MB = mesofil bunga karang, SC = sklerenkim).

Berdasarkan Gambar 2, 3 dan 4 dapat diketahui bahwa konsentrasi senyawa alkaloid, flavonoid, tanin dan lipid pada setiap jaringan dan organ yang diamati menunjukkan perbedaan. Semakin pekat perubahan warna yang muncul pada masing-masing uji histokimia, maka semakin tinggi konsentrasi senyawa yang diuji. Tabel 2 menyajikan hasil uji histokimia pada tangkai daun, ibu tulang daun dan helai daun *M. kauki*.

Tabel 2. Hasil uji histokimia daun *M. kauki*

Hasil uji histokimia tangkai daun					
No.	Jaringan	Alkaloid	Flavonoid	Tanin	Lipid
1	Kutikula	++++	+++	++	++++
2	Epidermis	++++	+++	++	++++
3	Parenkim	+++	+++	++++	+
4	Berkas sklereid	++++	+++	+++	+
5	Floem	++++	+++	++	+
6	Xylem	++++	+++	++	+
7	Berkas pengangkut tambahan	++++	+++	++	+
8	Articulated laticifier	++++	+++	++	+
Hasil uji histokimia ibu tulang daun					
No.	Jaringan	Alkaloid	Flavonoid	Tanin	Lipid
1	Kutikula	++++	+++	++	++++
2	Epidermis	++++	+++	++	++++
3	Parenkim	+++	+++	++++	+
4	Berkas sklereid	++++	+++	+++	+
5	Floem	++++	+++	++	+
6	Xilem	++++	+++	++	+
7	Articulated laticifier	++++	+++	++	+
Hasil uji histokimia helai daun					
No.	Jaringan	Alkaloid	Flavonoid	Tanin	Lipid
1	Kutikula	+++	+++	++	++++
2	Epidermis	+++	+++	++	++++
3	Mesofil palisade	++++	++++	++++	+
4	Mesofil bunga karang	++++	++++	+++	+
5	Berkas sklereid	+++	+++	++	+
6	Floem	+++	+++	++	+
7	Xilem	+++	+++	++	+

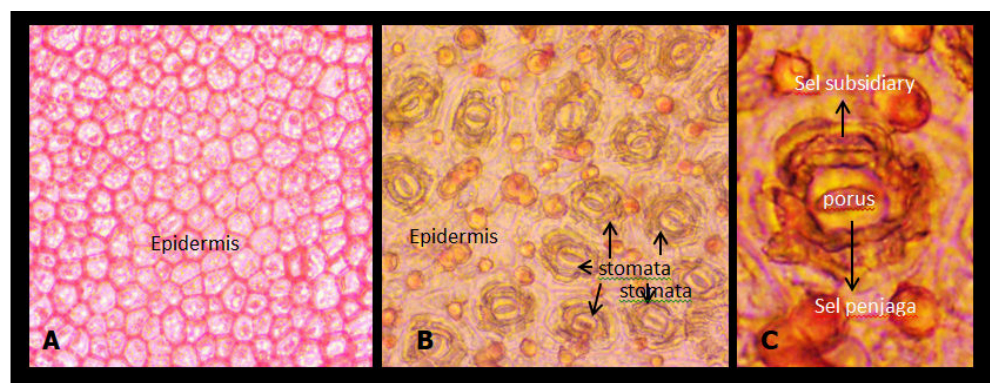
Keterangan : ++++ = sangat tinggi, +++ = tinggi, ++ = sedang, + rendah

Berdasarkan hasil uji histokimia yang disajikan pada Tabel 2, dapat diketahui bahwa kandungan senyawa alkaloid pada jaringan di tangkai daun, ibu

tulang daun dan helai daun *M. kauki* menunjukkan konsentrasi sangat tinggi (++++) pada sebagian besar jaringan yang diamati. Konsentrasi alkaloid yang tinggi (+++) ditemukan pada parenkim tangkai daun dan ibu tulang daun, sedangkan pada helai daun konsentrasi tinggi ditunjukkan oleh bagian kutikula, epidermis dan sklereid, floem dan xilem. Konsentrasi flavonoid pada umumnya tinggi pada tangkai daun dan ibu tulang daun. Pada helai daun, uji histokimia flavonoid menunjukkan bahwa konsentrasi sangat tinggi hanya ditemukan pada jaringan mesofil palisade dan bunga karang. Kandungan tanin menunjukan variasi konsentrasi pada jaringan dan organ yang berbeda, yaitu sedang (++) pada semua jaringan kecuali jaringan mesofil bunga karang konsentrasi tanin tinggi (+++), dan pada jaringan parenkim sangat tinggi (++++). Konsentrasi lipid yang sangat tinggi hanya dijumpai pada lapisan kutikula dan epidermis, sedangkan bagian lain menunjukkan konsentrasi yang rendah (+).

Struktur epidermal

Epidermal daun *M. kauki* telah diamati pada bagian dorsal (adaksial) dan ventral (abaksial). Gambar 5 menunjukkan dokumentasi epidermal daun pada penelitian ini. Gambar 5A menunjukkan karakteristik epidermal daun *M. kauki* pada sisi dorsal, sedangkan Gambar 5B dan C menunjukkan epidermis abaksial atau ventral. Berdasarkan Gambar 5A, dapat diketahui bahwa permukaan adaksial daun *M. kauki* tersusun dari sel epidermis yang berbentuk poligonal dan tidak dijumpai stomata. Sedangkan stomata hanya dijumpai pada bagian abaksial (Gambar 5B dan C). Berdasarkan Gambar 5B dan 5C dapat diketahui bahwa *M. kauki* mempunyai sel penjaga berbentuk ginjal.



Gambar 5. Karakteristik epidermal daun sawo kecil. A. Epidermis adaksial tanpa stomata, B. Epidermis abaksial dengan stomata, C. Bagian-bagian stomata.

PEMBAHASAN

Anatomi tangkai daun

Bagian terluar dari struktur anatomi tangkai daun dari *M. kauki* adalah lapisan kutikula yang merupakan penebalan pada dinding sel epidermis bagian luar. Menurut Yeats & Rose (2013), lapisan kutikula bersifat hidrofobik, dan menutupi bagian luar epidermis sehingga dapat berfungsi melawan desikasi dan tekanan lingkungan luar. Kutikula merupakan lapisan lipofitik yang tersusun atas kutin dan lilin (Stepinski et al. 2020). Pada tanaman, kutikula juga berfungsi sebagai pelindung tanaman karena merupakan bagian terluar, mengurangi transpirasi serta untuk merefleksikan cahaya matahari sehingga dapat mencegah radiasi sinar ultraviolet. Hal ini disebabkan karena adanya kandungan senyawa fenol pada kutikula (Moreno et al. 2022). *Manilkara kauki* mempunyai tipe

epidermis biserial yang terdiri dari dua lapisan sel (Gambar 1F). Tipe ini juga ditemukan pada jenis *Manilkara* lainnya, seperti *M. salzmannii*, *M. dardanoi*, dan *M. rufula* (Javelle et al., 2011). Sel-sel epidermis pada tangkai daun, ibu tulang daun dan helai daun *M. kauki* berbentuk persegi panjang, dan pada umumnya epidermis pertama mempunyai ukuran lebih kecil dibandingkan epidermis kedua. Epidermis berfungsi sebagai jaringan pelindung tanaman.

Pada bagian bawah lapisan epidermis terdapat jaringan parenkim yang mengelilingi berkas pengangkut. Parenkim merupakan salah satu jaringan dasar yang tersusun dari banyak lapisan sel. Jaringan parenkim tangkai daun *M. kauki* tersusun dari sekitar 25 lapisan sel berdinding tipis yang berbentuk bulat, oval ataupun poligonal. Pada tanaman, parenkim berfungsi untuk ketahanan, kekuatan pada tanaman (Morris et al. 2015). Setelah parenkim, di bagian dalam struktur anatomi tangkai daun dan ibu tulang daun *M. kauki* terdapat berkas pengangkut utama (Gambar 1A dan B) yang berbentuk menyerupai hati. Bentuk berkas pengangkut seperti ini juga dijumpai pada jenis *Manilkara* lainnya (Javelle et al., 2011) ataupun genus lain dalam famili Sapotaceae, seperti *Chrysophyllum* (Prasawang & Srinual, 2020). Jaringan pengangkut ini merupakan jaringan pengangkut utama pada tangkai daun *M. kauki*, yang tersusun dari lapisan sklereid, floem dan xilem.

Pada penelitian ini, sklereid yang ditemukan pada tangkai daun *M. kauki* tersusun dari 2 – 5 lapis sel yang berdinding tebal (Gambar 1D). Sel-sel sklereid merupakan derivat dari sklerenkim yang berdinding tebal dan berlignin. Oleh karena itu, fungsi utama sklereid adalah untuk kekuatan bagian tanaman (Schneidera et al., 2021). Di bagian dalam lapisan sklereid, terdapat lapisan floem yang tersusun dari sel-sel kecil dan rapat. Floem pada tangkai daun *M. kauki* mengelilingi xilem yang mempunyai sel berukuran lebih besar. Sel-sel xilem tersusun rapi dan menyerupai barisan ke arah dalam. Floem dan xilem pada tanaman berfungsi sebagai jaringan pengangkut. Pada tangkai daun *M. kauki* dijumpai dua buah berkas pengangkut tambahan (*accessory vascular bundle*) (Gambar 1A), yang posisinya sebelah kanan dan kiri bagian lekukan dorsal. Berkas pengangkut ini terdiri dari lapisan floem yang menyelubungi xilem. Namun berkas pengangkut ini tidak dijumpai pada bagian ibu tulang daun atau *mid rib* (Gambar 1B).

Pada bagian tengah berkas pengangkut utama terdapat *artificial laticifer* yang merupakan karakteristik dari jenis-jenis dalam familia Sapotaceae (Prasawang & Srinual, 2020). Struktur ini tidak dijumpai pada bagian tengah berkas pengangkut tambahan. Menurut Medina et al. (2021), *artificial laticifer* berfungsi untuk menghasilkan lateks. Pada bagian dorsal tangkai daun, terdapat 2 buah berkas pengangkut tambahan (*accessory vascular bundle*) yang berukuran kecil. Posisi berkas pengangkut ini di kanan dan kiri ujung lekukan pada bagian dorsal.

Anatomi ibu tulang daun

Ibu tulang daun merupakan perpanjangan dari tangkai daun. Oleh karena itu, secara umum struktur anatomi ibu tulang daun dari *M. kauki* menunjukkan persamaan dengan tangkai daun. Perbedaan yang terlihat jelas adalah pada bagian samping kanan dan kiri karena terdapat struktur yang menyatu dengan helai daun (Gambar 2). Pada bagian ventral, susunan epidermis sampai ke *artificial laticifer* yang ditemukan pada ibu tulang daun menyerupai struktur pada tangkai daun. Bagian terluar adalah lapisan kutikula, diikuti dengan epidermis biserial, lapisan parenkim dengan sel-sel yang berdinding tipis kemudian berkas pengangkut. Berkas pengangkut utama ini terdiri dari lapisan sklereid (2 – 5 lapisan), floem dan xilem. Sedangkan bagian tengah terdapat

artificial laticifer yang menghasilkan latek. Namun pada ibu tulang daun, hanya ditemukan berkas pengangkut utama yang berbentuk hati, sedangkan berkas pengangkut tambahan tidak ditemukan. Pada bagian kanan dan kiri sisi dorsal, terdapat struktur anatomi helai daun yang menunjukkan susunan yang berbeda.

Anatomi helai daun

Gambar 4 menunjukkan struktur anatomi helai daun *M. kauki*. Bagian terluar merupakan lapisan kutikula yang melindungi jaringan di dalamnya. Gambar 4A sampai 4E menunjukkan susunan epidermis biserial, yang tersusun dari dua lapisan sel. Sel-sel epidermis pertama dan kedua berbentuk rektangular, dengan sel-sel kedua di bagian dalam mempunyai ukuran lebih besar dari sel-sel pada lapisan pertama. Jaringan mesofil terdiri dari mesofil palisade, yang tersusun dari sel-sel memanjang tersusun perpendikular. Setiap sel palisade mengandung kloroplas (Vogelmann & Martin, 2006), sehingga fungsi utama dari mesofil palisade adalah untuk tempat berlangsungnya fotosintesis (Gotoh et al., 2018). Diantara sel-sel mesofil palisade ini dijumpai sel tanin yang merupakan struktur berbentuk bulat. Struktur ini juga dilaporkan oleh Javelle et al. (2011) pada jenis *Manilkara* lainnya. Pada tanaman, tanin merupakan astringent, senyawa metabolit sekunder yang dapat berfungsi sebagai proteksi tanaman dari herbivora (Tong et al., 2022).

Pada jaringan mesofil bagian adaksial, dijumpai jaringan bunga karang yang tersusun dari sel-sel tidak beraturan dengan banyak rongga udara. Oleh karena itu, jaringan bunga karang mempunyai fungsi sebagai tempat pertukaran gas. Jaringan bunga karang juga mendukung proses fotosintesis (Borsuk et al., 2022). Jaringan sklereid juga ditemukan pada mesofil palisade dan bunga karang. Bagian terbawah adalah epidermis abaksial yang dilapisi kutikula.

Uji histokimia

Uji histokimia pada *M. kauki* telah dilakukan untuk mengetahui lokasi senyawa alkaloid, flavonoid, tanin dan lipid. Hasil uji histokimia telah disajikan pada Tabel 2. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa semua senyawa yang diuji ditemukan pada tangkai daun, ibu tulang daun dan helai daun *M. kauki*. Namun konsentrasi masing-masing senyawa menunjukkan perbedaan pada bagian yang diteliti. Senyawa alkaloid merupakan senyawa yang ditemukan dengan konsentrasi tertinggi, diikuti flavonoid dan tanin. Sedangkan lipid menunjukkan konsentrasi yang rendah pada semua bagian.

Hasil positif alkaloid ditandai dengan adanya perubahan warna jaringan menjadi coklat kemerahan karena adanya reaksi Wagner. Pada tangkai dan ibu tulang daun, konsentrasi alkaloid sangat tinggi pada hampir semua jaringan (kutikula, epidermis dan berkas pengangkut). Hal ini ditandai dengan adanya warna merah kecokelatan yang pekat. Sedangkan pada parenkim warnanya sedikit lebih terang dibandingkan jaringan lain. Pada irisan transversal helai daun, warna pada jaringan mesofil, baik mesofil palisade maupun bunga karang, sangat pekat dibandingkan jaringan lain. Namun secara keseluruhan, alkaloid cukup tinggi pada ketiga bagian daun yang diamati. Pada tumbuhan, senyawa alkaloid merupakan senyawa metabolit sekunder yang ditemukan pada yaitu sekitar 20 – 30 % tumbuhan tingkat tinggi (Sofiyanti et al., 2021). Senyawa ini merupakan senyawa alkalin (Matsuura & Fett-Neto 2015) yang mempunyai gugus dasar nitrogen (Sangi et al. 2008). Istilah alkali berasal dari bahasa Arab yaitu al-qali yang mempunyai arti berasal dari debu (Gutiérrez-Grijalva et al., 2020). Alkaloid mempunyai fungsi sebagai pestisida alami karena tingkat toksitasnya (Sharma et al., 2021). Senyawa ini mempunyai fungsi penting

dalam sistem pertahanan tanaman untuk melawan patogen maupun herbivora (Matsuura & Fett-Neto 2015).

Pada penelitian ini, semua jaringan pada tangkai daun, ibu tulang daun dan helai daun menunjukkan uji positif pada flavonoid, yang ditandai dengan perubahan warna jaringan menjadi kuning. Namun konsentrasinya masih lebih rendah dibanding alkaloid, kecuali pada jaringan mesofil daun yang menunjukkan warna yang lebih pekat. Flavonoid merupakan kelompok fenol yang merupakan senyawa bioaktif pada tanaman (Panche et al. 2016) dan berfungsi dalam pertumbuhan akar dan batang, mendukung terbentuknya hormon auksin dan berperan dalam polinasi (Weston & Mathesius 2013).

Tanin merupakan kelompok asam galat yang menghasilkan astringent (Pizzi 2019) rasa pahit (Ashok & Uphadyaya 2012). Pada umumnya, kandungan tanin yang tinggi menunjukkan kandungan nutrisi yang rendah (Chung et al. 2010). Tanin biasanya berwarna putih, transparan, berkilat ataupun merah (Okuda & Ito, 2011). Reaksi $FeCl_3$ pada jaringan akan menghasilkan warna biru kehitaman apabila mengandung senyawa tanin. Konsentrasi tertinggi pada tangkai daun dan ibu tulang daun *M. kauki* dijumpai pada parenkim, sedangkan pada helai daun pada mesofil palisade.

Senyawa lipid merupakan senyawa yang mempunyai konsentrasi paling rendah pada semua bagian yang diteliti, kecuali pada kutikula dan epidermis tangkai daun, ibu tulang daun dan helai daun. Pada bagian ini, lipid mempunyai konsentrasi paling tinggi yang ditunjukkan dengan adanya warna merah jambu yang kuat. Hasil uji positif lipid ditandai dengan perubahan warna jaringan menjadi merah jambu / merah muda. Pada tumbuhan, lipid berfungsi sebagai penyusun membran sel dan sumber energi serta berperan dalam metabolisme tumbuhan (Kim, 2020).

Karakteristik epidermal

Hasil pengamatan epidermal daun *M. kauki* menunjukkan adanya sel-sel epidermis tersusun rapat dan berbentuk poligonal dengan dinding rata. Bentuk sel epidermis pada *M. kauki* berbeda dengan *M. zapota* yang mempunyai bentuk poligonal dengan dinding berlekuk-lekuk seperti yang dilaporkan oleh Moura et al. (2019). Pada sisi dorsal daun *M. kauki* tidak ditemukan stomata (Gambar 5A). Bentuk Stomata hanya ditemukan pada sisi ventral / bagian abaksial daun (Gambar 5B dan C). Oleh karena itu, tipe stomata *M. kauki* berdasarkan posisinya adalah hipostomatik. Bentuk sel penjaga adalah bentuk ginjal (Gambar 5C).

Hasil kajian ini memberikan informasi penting mengenai karakteristik struktur anatomi daun yang meliputi tangkai daun, ibu tulang daun dan helai daun, serta karakteristik epidermal yang mempunyai stomata hipostomatik. Kajian histokimia daun merupakan kajian pertama pada jenis *M. kauki* dari Provinsi Riau.

SIMPULAN

Struktur anatomi pada tangkai daun dan ibu tulang daun *M. kauki* menunjukkan karakteristik pada susunan sklereid yang menyelubungi floem dan adanya *artificial laticifer* di bagian tengah. Hasil uji histokimia pada tangkai daun, ibu tulang daun dan helai daun menunjukkan hasil positif terhadap alkaloid, flavonoid, tanin dan lipid, namun konsentrasi pada setiap jaringan berbeda-beda. Karakteristik epidermal *M. kauki* menunjukkan tipe stomata hipostomatik karena hanya dijumpai pada bagian bawah permukaan daun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh dari KEMNDIKBUD RISTEK melalui hibah PDUPT 2022 (No kontrak: 1608/UN19.5.1.3/PT.01.03/2022). Penulis mengucapkan terima kasih kepada Asri Ria L. sebagai asisten peneliti.

KEPUSTAKAAN

- Ashok PK, Upadhyaya K. 2012. Tannins are Astringent. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* **1(3)**: 45-50. DOI: https://www.phytojournal.com/vol11ssue3/Issue_sept_2012/8.1.pdf.
- Borsuk AM, Roddy AB, Rancourt GT, Brodersen Cr. 2022. Structural organization of the spongy mesophyll. *New Phytologist* **234(3)**: 946 – 960. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.17971>
- Chung K, Wong TY, Wei C, Huang Y, Lin Y. 2020. Tannins and human Health: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **38(6)**: 421 – 464.
- Gotoh E, Noriyuki S, Takeshi H, Tomonao M, Hirokazu T, Masamitsu W. 2018. Palisade cell shape affects the light-induced chloroplast movements and leaf photosynthesis. *Scientific Reports* 8. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19896-9>.
- Gutiérrez-Grijalva E, Leticia L, Laura C, Cristina E, José H. 2020. Plant Alkaloids: Structures and Bioactive Properties. In: Swamy, M. (eds) *Plant Derived Biocative*. Springer, singapore. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-15-2361-8_5.
- Javelle M, Vernoud V, Rogowsky PM, Ingram GC. 2011. Epidermis: the formation and functions of a fundamental plant tissue. *New Phytologist* **189**: 17–39. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03514.x>
- Kim H. 2020. Lipid Metabolism in Plants. *Plants* **9** : 871. 10.3390/plants9070871.
- Matsuura HN, Fett-Neto AG. 2015. Plant Alkaloids: Main Features, Toxicity, and Mechanisms of Action. In: Gopalakrishnakone P., Carlini C., Ligabue-Braun R. (eds) *Plant Toxins. Toxinology*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6728-7_2-1.
- Mardhak S, Savsani JD, Pandya DJ. 2013. Comparative Pharmacognostical and Phytochemical Study of Leaves of Different Species of Mimosops. *IJPSR*. **4(3)**: 1074-1078.
- Moura BIV, Araujo BPL, Sa RD, Randau KP. 2019. Pharmacobotanical study of *Manilkara zapota* (L.) P.Royen (Sapotaceae). *Braz. J. Pharm. Sci.* **55**: 1–10.. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s2175-97902019000117227>.
- Moreno G, Cózar, A., Prieto P. 2022. Radiationless mechanism of UV deactivation by cuticle phenolics in plants. *Nat Commun* **13(1786)**: 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29460-9>.
- Morris H, Lenka P, Patrick C, Esther F, Mark G, Hugo M, Daniel M, Elisabeth W, Jingming Z, Kasia Z, Steven J. 2015. A global analysis of parenchyma tissue fractions in secondary xylem of seed plants. *New phytologist* **209**: 1553-1565. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.13737>.
- Okuda T, Ito H. 2011. Tannins of constant structure in medicinal and food plants—hydrolyzable tannins and polyphenols related to tannins. *Molecules* **16(3)**: 2191–2217. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules16032191>.
- Pizzi A. 2019. Tannins: Prospectives and Actual Industrial Applications. *Biomoleculs* **344**: 1–30. DOI: <https://doi.org/10.3390/biom9080344>.
- Prasawang S, Srinual A. 2020. Comparative leaf and wood anatomical characteristics of *Chrysophyllum* (Sapotaceae) relate to taxonomy of the species in Thailand. *Biodiversitas* **21(4)**: 1578-1587. DOI: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210439>.
- Sangi M, Runtuwene MRJ, Simbala HEI, Makang VMA. 2008. Analisis Fitokimia Tumbuhan Obat Di Kabupaten Minahasa Utara. *Chem. Prog.* **1(1)**: 47-53.
- Schneidera HM, Strocka CF, Hanlona MT, Vanheesb DJ, Perkinsa AC, Ajmeraa IB, Sidhua JS, Mooneyb SJ, Browna KM, Lynch JP. 2021. Multiseriate cortical sclerenchyma enhance root penetration in compacted soils. *PNAS* **118(6)**: 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2012087118>.
- Sharma K, Kumar V, Kaur J, Tanwar B, Goyal A, Sharma R. 2021. Health effects, sources, utilization and safety of tannins: a critical review. *Toxin Reviews* **40(4)**: 432-444. DOI: <https://doi.org/10.1080/15569543.2019.1662813>.
- Sofiyanti N, Isda MN, Fitmawati, Agesti ARA, Taufik I, Sari M, Pranata S. 2021. Phytochemical Contents of Underutilized Edible Plant from Riau Province, Ridan (*Nephelium maingayi* Hiern – Sapindaceae). *Jurnal Biologi Tropis* **21(2)**: 354 – 360.

- Sofiyanti N, Wahyuni PI, Iriyani D. 2022. Stomatal Characteristics of 5 *Citrus* L. Species (Rutaceae) from Pekanbaru, Riau Province. *Jurnal Biologi Tropis*. **22(1)**: 173-178. DOI: <https://doi.org/10.29303/jbt.v22i1.3100>.
- Stepinski D, Kwiatkowska M, Wojteczak A, Polit JT, Domínguez E, Heredia A, Popłońska K. 2020. The Role of Cutinsomes in Plant Cuticle Formation. *Cells*. **259(8)**: 1778. DOI: <https://doi.org/10.3390/cells9081778>.
- Sudrajat D, Megawati. 2010. Keragaman Morfologi Dan Respon Perlakuan Pra Perkecambahan Benih Dari Lima Populasi Sawo Kecil (*Manilkara kauki* (L.) Dubard). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman* **7**: 67-76. DOI: <https://doi.org/10.20886/jpht.2010.7.2.67-76>.
- Tamsir M N, Norhaizan ME, Nurul S. 2020. *Manilkara zapota* (L.) P. Royen: Potential Source of Natural Antioxidants. *Malaysian Journal of Medicine and Health Sciences* **16**: 193-201.
- Tong Z, He W, Fan X, Guo A. 2022. Biological Function of plant Tannin and Its Application in animal Health. *Front. Vet. Sci. Sec. Animal Nutrition and Metabolism* **8(803657)**: 1-7. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.803657>
- Trimanto, Dwiyantri D, Indriyani S. 2018. Morfologi, anatomi dan uji histokimia rimpang *Cucurma aeruginosa* Roxb., *Cucurma longa* L. dan *Cucurma heyneana* Valenton and Zijp. *Berita Biologi* **17(2)**: 123 – 132.
- Weston AL, Mathesius U. 2013. Flavonoids: Their Structure, Biosynthesis and Role in the Rhizosphere, Including Allelopathy. *Journal of Chemical Ecology* **39**: 283-287. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10886-013-0248-5>
- Wulansari TYI, Agustiani EL, sunaryo, Tihurua EF, Widoyanti. 2020. Struktur Anatomi Daun Sebagai Bukti Dalam Pembatasan Takson Tumbuhan Berbunga: Studi Kasus 12 Suku Tumbuhan Berbunga Indonesia. *Buletin Kebun Raya* **23(2)**: 146–16. DOI: <https://doi.org/10.14203/bkr.v23i2.266146>
- Vogelmann T, Martin G. 2006. The functional significance of palisade tissue: penetration of directional versus diffuse light. *Plant, Cell and Environment* **16**: 65-72. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.1993.tb00845.x>.
- Yeats T, Rose J. 2013. The Formation and Function of Plant Cuticles. *Plant Physiology* **163(1)**: 5-20. . DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.113.222737>.

JURNAL BIOLOGI UDAYANA

P-ISSN: 1410-5292 E-ISSN: 2599-2856

Volume 27 | Nomor 1 | Juni 2023

DOI: <https://doi.org/10.24843/JBIOUNUD.2023.v27.i01.p03>

Jenis-jenis Araceae di lantai hutan Air Terjun Berambai, Samarinda, Kalimantan Timur

Araceae on the forest floor of Berambai Waterfall, Samarinda, East Kalimantan

Linda Oktavianingsih^{1*}, Nur Miati², Muhammad Fauzi Arif³, dan Medi Hendra⁴

¹⁾ *Laboratorium Anatomi Hewan dan Mikroteknik, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, Jl. Barong Tongkok no.4, Gunung Kelua, Indonesia, 75242*

²⁾ *Program Sarjana, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, Jl. Barong Tongkok no.4, Gunung Kelua, Indonesia, 75242*

³⁾ *Laboratorium Mikrobiologi dan Genetika Molekuler, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, Jl. Barong Tongkok no.4, Gunung Kelua, Indonesia, 75242*

⁴⁾ *Laboratorium Sistematika dan Anatomi Tumbuhan, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, Jl. Barong Tongkok no.4, Gunung Kelua, Indonesia, 75242*

*Email: lindaoktavianingsih@fmipa.unmul.ac.id

Diterima
19 Desember 2022

Disetujui
25 Februari 2023

INTISARI

Araceae merupakan herba dengan berbagai macam manfaat etnobotani yg dikenali dengan bunganya yang berbentuk tongkol dan tumbuh subur di kawasan hutan tropis. Hutan Air Terjun Berambai merupakan salah satu kawasan hutan sekunder dataran rendah yang sangat baik untuk pertumbuhan dan perkembangan familia Araceae. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis dan karakteristik tumbuhan familia Araceae yang hidup di kawasan lantai hutan Air Terjun Berambai, Samarinda, Kalimantan Timur. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksplorasi yaitu dengan menjelajahi kawasan Hutan Air Terjun Berambai. Hasil pengamatan menunjukkan terdapat delapan jenis Araceae yang yaitu *Pichinia disticha* S.Y. Wong & P.C. Boice, *Rhaphidophora australasica* F.M. Bailey, *Alocasia princeps* W. Bull., *Schismatoglottis calyptata* (Roxb.) Zoll. & Moritzi, *Colocasia esculenta* (L.) Schott, *Aridarum* sp., *Amorphophalus paeoniifolius* (Dennst.) Nicolson, dan *Philodendron crassinervium* Lindl. dengan karakter sintesis berupa berbatang basah, bunga berbentuk tongkol, dan berseludang. Tumbuhan familia Araceae yang ditemukan di Hutan Air Terjun Berambai tumbuh secara epifit maupun terestrial. Penelitian ini menjadi landasan data inventarisasi tumbuhan famili Araceae yang ada di lantai hutan Air Terjun Berambai, Samarinda, Kalimantan Timur yang belum ada sebelumnya.

Kata kunci: Tanaman Herba, Araceae, Hutan Air Terjun Berambai, Tumbuhan Hutan Tropis

ABSTRACT

Araceae is one of the herbs with many ethnobotanical applications known for its spadix-shaped flowers. It is growing well in tropical forest areas. Berambai Waterfall Forest is classified as the potential lowland secondary forest area for the growth and development of Araceae. The purpose of this study was to determine the species and characteristics of the Araceae family living in the forest area of the Berambai Waterfall Forest, Samarinda. The exploration method was used to observe the forest area. We found eight Araceae species identified as *Pichinia disticha* S.Y. Wong & P.C. Boice, *Rhaphidophora australasica* F.M. Bailey, *Alocasia princeps* W. Bull., *Schismatoglottis calyptata* (Roxb.) Zoll. & Moritzi, *Colocasia esculenta* (L.) Schott, *Aridarum* sp., *Amorphophalus paeoniifolius* (Dennst.) Nicolson, and *Philodendron crassinervium* Lindl. Herbs, spadix-shaped and wrapped flowers were the observed synthetic characteristics. Araceae family in this area grew both epiphytes and terrestrial. This study provides the inventory data of

the Araceae family on the forest floor of Berambai Waterfall, Samarinda, East Kalimantan, which has yet to be available.

Keywords: Araceae, Berambai Waterfall Forest, Herbs, Tropical Forest Plants

PENDAHULUAN

Familia Araceae merupakan salah satu jenis tumbuhan herba yang dapat ditemukan di wilayah hutan tropis. Familia ini terdiri dari 144 genus dan 3.654 spesies telah dipublikasi yang umumnya terkonsentrasi di kawasan tropis seperti di Asia Tenggara, Amerika, dan Papua Nugini (Boyce & Sin Yeng, 2018; Croat & Ortiz, 2020). Di Indonesia, setidaknya terdapat 31 genus atau sekitar 25% dari total genus yang tercatat di seluruh dunia dengan wilayah persebaran di pulau-pulau utama meliputi Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Papua, serta pulau-pulau sekitarnya (Hutasuhut, 2020). Kalimantan menjadi salah satu pulau dengan keanekaragaman Araceae yang tinggi, telah tercatat terdapat 670 spesies (Boyce et al., 2010). Walaupun begitu, masih banyak wilayah di Kalimantan yang masih belum diketahui dan belum dipelajari data keanekaragaman hayatinya.

Karakter morfologi tanaman familia Araceae adalah perbungaan yang tersusun dalam bentuk tongkol (*spadix*) yang dikelilingi oleh seludang (*spathe*) dengan bentuk yang bervariasi yaitu tertutup, terkulai, datar, tergulung, terputar dan lain sebagainya (Boyce et al., 2010). Selain itu, batang di bawah tanah membentuk struktur umbi yang beragam seperti kerucut, membulat, silindris, elips, halter, memanjang, datar, dan tandan. Tipe tepi daun pada tumbuhan familia ini juga memiliki banyak variasi seperti berombak, bergerigi, dan lain sebagainya. Bentuk helai daun juga bervariasi yaitu perisai, jantung tombak maupun anak panah (IPGRI, 1999; Tjitrosoepomo, 1996). Pertumbuhan struktur vegetatif Araceae sangat baik bahkan membuat beberapa spesies lebih bergantung pada struktur vegetatifnya untuk reproduksi (Ortiz et al., 2019). Hal tersebut membuat anggota Araceae cenderung ditemukan hidup secara berkoloni (Ortiz et al., 2019; Royo & Carson, 2005).

Familia Araceae dapat hidup di berbagai macam habitat dari lingkungan air tawar sampai dengan gurun serta hampir ditemukan di seluruh wilayah di bumi kecuali di Antartika (Boyce & Sin Yeng, 2018; Mayo et al., 1997). Hal tersebut menjadikan familia ini termasuk ke dalam golongan yang memiliki toleransi yang cukup tinggi khususnya di lingkungan tropis. Persebaran dan kemelimpahannya dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan seperti temperatur, intensitas cahaya, kelembapan, ketinggian, struktur tanah, dan struktur vegetasi (Acebey & Krömer, 2008; Leimbeck et al., 2004; Leimbeck & Balslev, 2001; Mayo et al., 1997; Sungkajantranon et al., 2018). Selain di hutan, familia ini juga umum ditemukan di pekarangan rumah penduduk lokal dan dimanfaatkan sebagai makanan, obat dan tanaman hias (Oktavianingsih et al., 2017).

Hutan Air Terjun Berambai merupakan salah satu kawasan hutan sekunder dataran rendah yang berpotensi dalam pertumbuhan dan perkembangan Araceae. Struktur bebatuan penyusunnya sebagian besar terdiri dari batuan kapur yaitu batuan sedimen yang mengandung senyawa karbonat (Megawati et al., 2019). Pada umumnya batu kapur yang terdapat di alam ialah batu kapur yang mengandung kristalkalsit (Yang et al., 2014). Warna dari batu kapur ini bervariasi seperti putih, putih kekuningan, abu-abu hingga hitam (Atmoko et al., 2018a; Yang et al., 2014). Bagi tumbuhan, lingkungan berkapur merupakan lingkungan yang baik bagi pertumbuhan dan perkembangannya. Tingginya potensi keberadaan tumbuhan familia Araceae di kawasan Hutan Air Terjun

Berambai ini membuat perlunya dilakukan penelitian mengenai jenis-jenis Araceae di kawasan ini yang belum pernah dilakukan sebelumnya.

Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui jenis dan karakteristik morfologi tumbuhan familia Araceae yang tumbuh di kawasan Hutan Air Terjun Berambai, Samarinda, Kalimantan.

MATERI DAN METODE

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April sampai Juni 2020. Lokasi penelitian dilakukan di kawasan Hutan Air Terjun Berambai, Samarinda Utara, Kalimantan Timur (117°11'42.93" BT dan 00°20'00.83" LS). Identifikasi dan pengolahan data dilakukan di Laboratorium Anatomi dan Sistematika Tumbuhan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, Samarinda, Kalimantan Timur.



Gambar 1. Lokasi penelitian lumut terestrial di lereng selatan Gunung Lawu

Bahan dan alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu parang, gunting tanaman, meteran kain, GPS, kamera, sasak, oven dan alat tulis sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu alkohol 70%, kertas label, kertas koran, kertas duplek, plastik bening, benang jahit, solatip kertas, lem kertas dan buku catatan lapangan.

Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksplorasi yaitu dengan menjelajahi, mengamati jenis dan karakteristik tumbuhan familia Araceae yang tumbuh di sepanjang jalur jelajah Hutan Air Terjun Berambai, Samarinda serta mencatatnya. Setiap individu yang ditemukan dicatat, didokumentasikan dengan pengambilan gambar, dicatat koordinat lokasinya, diberi label, dan dicatat karakteristik morfologinya. Tumbuhan hasil eksplorasi dikelompokkan berdasarkan karakter morfologinya dan dikoleksi untuk keperluan pembuatan herbarium. Pembuatan herbarium dilakukan dengan beberapa tahapan. Pertama dilakukan pengumpulan spesimen. Setelah itu, dilakukan pengawetan spesimen dengan menggunakan alkohol 70%. Setelah diawetkan, kemudian dilakukan pengeringan spesimen menggunakan inkubator pada suhu 60°C. Selanjutnya, setelah spesimen kering, kemudian dilakukan penempelan spesimen pada kertas herbarium menggunakan selotip dan benang jahit. Setelah spesimen ditempel, kemudian dilakukan pemberian label yang berisi keterangan klasifikasi serta identitas koleksi. Identifikasi dilakukan dengan mendeskripsikan jenis Araceae berdasarkan karakteristik morfologi.

Penentuan jenis dilakukan dengan pencocokan spesimen dengan literatur, spesimen pembanding, gambar, serta pendapat dari ahli taksonomi. Selanjutnya data dikumpulkan secara sistematis dan disajikan secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

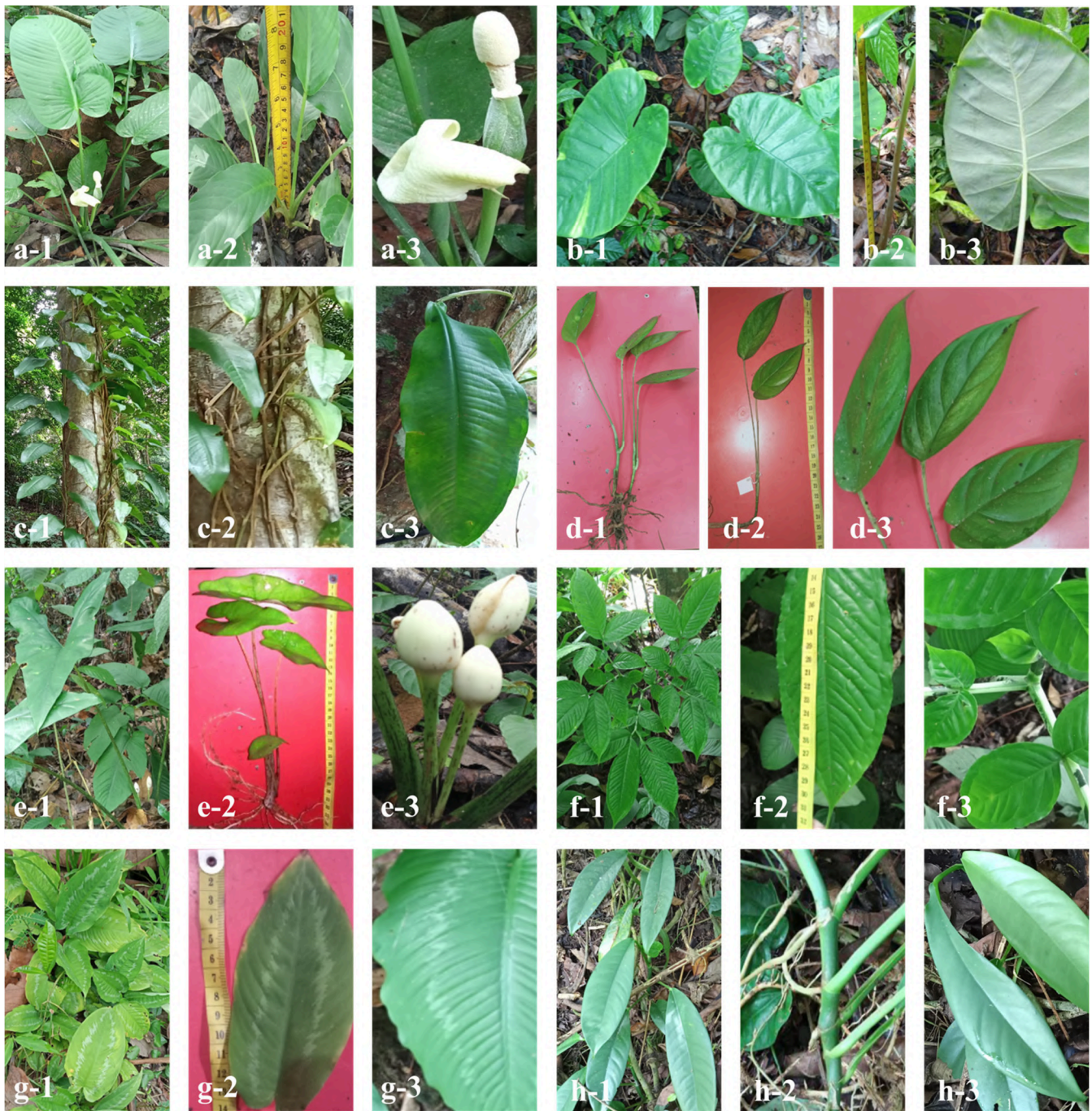
Hutan Air Terjun Berambai, Samarinda, Kalimantan Timur merupakan kawasan hutan sekunder yang masih memiliki vegetasi pepohonan, perdu, terna, maupun herba yang relatif tinggi dengan kondisi tutupan cukup rapat. Hasil eksplorasi dan pengamatan berhasil menemukan delapan spesies tumbuhan familia Araceae yang ada di lantai hutan. Familia araceae yang ditemukan memiliki dua cara hidup yaitu terrestrial dan epifit (Tabel 1). Kondisi lingkungan hutan Air Terjun Berambai cukup baik karena memiliki vegetasi yang cukup rapat, suhu udara sejuk, kelembapan yang tinggi, lantai hutan ditutupi serasah dengan suhu 23°C sampai dengan 27°C, dan pH tanah yang netral (Jusmaldi et al., 2019). Hasil observasi dan eksplorasi berhasil menemukan delapan jenis tumbuhan familia Araceae yang disajikan pada Tabel 1, sedangkan dokumentasi setiap spesies pada beberapa karakter morfologis ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 1. Jenis-jenis familia Araceae di Hutan Air Terjun Berambai, Samarinda

No	Spesies	Cara Hidup
1.	<i>Pichinia disticha</i> S.Y. Wong & P.C. Boice	Terrestrial
2.	<i>Rhaphidophora australasica</i> F.M. Bailey	Epifit
3.	<i>Alocasia princeps</i> W. Bull.	Terrestrial
4.	<i>Schismatoglottis calyptrata</i> (Roxb.) Zoll. & Moritzi	Terrestrial
5.	<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott	Terrestrial
6.	<i>Aridarum</i> sp.	Terrestrial
7.	<i>Amorphophalus paeoniifolius</i> (Dennst.) Nicolson	Terrestrial
8.	<i>Philodendron crassinervium</i> Lindl.	Epifit

Hutan Air Terjun Berambai merupakan suatu kawasan wisata alam yang terletak di daerah Batu Besaung, Kelurahan Sempaja Utara, Kecamatan Samarinda Utara, kota Samarinda, Kalimantan Timur. Kawasan ini merupakan salah satu destinasi yang banyak dikunjungi oleh wisatawan. Selain sebagai objek wisata, kawasan ini juga memiliki fungsi ekologis. namun kawasan ini perlahan-lahan mulai mengalami degradasi akibat adanya aktivitas masyarakat sehingga terjadi perubahan habitat dan penurunan tingkat keanekaragaman hayati baik flora maupun fauna.

Hutan Air Terjun Berambai tersusun dari struktur batuan berkapur. Hal tersebut menjadikannya tempat yang sangat berpotensi untuk ditumbuhi berbagai macam tumbuhan. Lingkungan berkapur mampu menaikkan pH tanah agar pH tanah menjadi netral dan tidak ada kecenderungan asam yang dapat menyebabkan tingginya larutan aluminium (Al), mangan (Mg) serta besi (Fe) dan mengakibatkan buruknya pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan (Ameyu, 2019). Warna dari batu kapur ini bervariasi seperti putih, putih kekuningan, abu-abu hingga hitam (Atmoko et al., 2018). Warna ini terbentuk dari campuran yang ada di dalam batu kapur tersebut, seperti lempung, kwarts, oksida besi, mangan dan unsur-unsur organik. Batu kapur terbentuk dari sisa-sisa kerang di laut maupun dari proses presipitasi kimia.



Gambar 2. Jenis-jenis Araceae di Hutan Air Terjun Berambai: a. *Pichinia disticha* S.Y. Wong & P.C. Boice, (1. habitus, 2. batang, 3. bunga dan seludang bunga); b. *Colocasia esculenta* (L.) Schott (1. habitus, 2. tangkai dan pelepah daun, 3. pertulangan daun), c. *Rhaphidophora australasica* F.M. Bailey (1. habitus, 2. akar dan tangkai daun, 3. helai daun), d. *Aridarum* sp. (1. habitus, 2. tangkai daun, 3. helai daun), e. *Alocasia princeps* W.Bull. (1. habitus, 2. tangkai dan helai daun, 3. bunga), f. *Amorphophalus paeoniifolius* (Dennst.) Nicolson (1. habitus, 2. helai daun, 3. tangkai sekunder), g. *Schismatoglottis calyptrata* (Roxb.) Zoll. & Moritzi (1. habitus, 2. helai daun, 3. corak daun), h. *Philodendron crassinervium* Lindl. (1. habitus, 2. tangkai daun dan akar, 3. bentuk daun).

Tumbuhan familia Araceae yang ditemukan di Air Terjun Berambai, Samarinda banyak dimanfaatkan oleh masyarakat lokal di Indonesia. Masyarakat lokal memanfaatkan tumbuhan ini sebagai bahan makanan, bahan pakan peliharaan, bahan obat tradisional, dan tanaman hias (Mutaqin et al., 2018). Masyarakat Jawa Barat sangat umum memanfaatkan *Colocasia esculenta* sebagai pendamping makanan pokok dengan secara langsung menanak daun dan pelepahnya untuk dikonsumsi (Iskandar et al., 2017; Mutaqin et al., 2018). Masyarakat di Kalimantan juga memanfaatkan daun dan pelepah *C. esculenta*

untuk dimasak sebagai sayuran konsumsi pendamping makanan pokok (Oktavianingsih et al., 2017; Matthews et al., 2012). Jenis *Amorphophalus paeoniifolius* umumnya dimanfaatkan untuk konsumsi. Umbi *A. paeoniifolius* dapat diolah dengan cara digoreng atau dikukus sebelum dikonsumsi (Jayanti et al., 2017). Genus *Alocasia* banyak dimanfaatkan umbinya untuk diolah sebagai bahan tambahan pakan ikan karena mengandung glukomanan (Chairul & Chairul, 2006). Kandungan glukomanan ini sangat baik untuk manusia karena memberikan banyak manfaat seperti dapat menurunkan berat badan, menurunkan lemak tubuh, serta menurunkan kadar kolesterol dalam tubuh tanpa mengurangi lemak dan kepadatan tulang (Ekowati et al., 2015; Kaats et al., 2015). Araceae dari genus *Schismatoglottis* seperti *Schismatoglottis calyptrata* juga banyak dimanfaatkan daunnya oleh penduduk lokal Indonesia untuk bahan pembuatan obat herbal (Lense, 2012). Selain itu, masyarakat Indonesia juga memanfaatkan tumbuhan-tumbuhan ini sebagai tanaman hias untuk menghias pekarangan rumahnya. Beragamnya manfaat yang diberikan membuat seluruh pihak harus ikut berperan menjaga kelestarian tumbuhan ini.

Deskripsi morfologi jenis Araceae di Hutan Air Terjun Berambai

Pichinia disticha S.Y. Wong & P.C. Boice

Perawakan herba terrestrial, tinggi mencapai 1 m. **Akar** serabut berwarna kecoklatan, panjang 1-10 cm. **Batang** bentuk bulat, termodifikasi menjadi umbi dan berwarna hijau keputihan, panjang 1-4 cm. **Daun** tunggal, simetris, terdiri atas helaian, tangkai, dan upih. Helai berbentuk jantung, ujung meruncing, tepi rata, pangkal berlekuk, berukuran 1-36 x 1-17 cm. Permukaan helai licin, bertekstur tipis atau mengertas. Permukaan atas hijau muda hingga pekat, permukaan bawah hijau keputihan. Pertulangan daun menyirip, tangkai berwarna hijau muda hingga pekat, panjang 1-35 cm, panjang upih 1-19 cm. **Bunga** majemuk tak terbatas, berbentuk tongkol dan berseludang. Seludang berwarna putih dan sangat mudah luruh setelah mekar. Bunga pada bagian ujung tongkol berukuran panjang 3-5 cm dan berwarna putih hingga kekuningan. Tangkai memiliki panjang 14 cm, berwarna hijau muda hingga hijau tua.

Rhaphidophora australasica F.M. Bailey

Perawakan herba epifit. **Akar** serabut, bulat berwarna putih kecoklatan hingga coklat pekat, panjang berkisar 10-30 cm. **Batang** bulat, pertumbuhan memanjat menggunakan akar pelekat yang tumbuh dari buku-buku batang, panjang batang mencapai 10 cm, warna coklat pekat. **Daun** tunggal, simetris, terdiri atas helaian dan tangkai. Helai bentuk jorong, pangkal meruncing, tepi rata, pangkal runcing. Panjang helai berkisar 15-27 cm, lebar 7-12 cm. Permukaan helai licin mengkilat, tekstur kaku keras. Permukaan berwarna hijau muda hingga hijau pekat, pertulangan daun menyirip yang memanjang dari tangkai. Tangkai berwarna hijau pekat dan beralur, panjang 10-17 cm. **Bunga** berbentuk togkol dan berseludang. Panjang tongkol mencapai 7 cm, tongkol dan seludang berwarna hijau.

Alocasia princeps W. Bull.

Perawakan herba teresterial, tinggi kurang dari 1 m. **Akar** serabut berwarna putih pucat hingga kuning kotor berukuran 1-13 cm. **Batang** semu berbentuk bulat, berukuran 1-6 cm, warna coklat keputihan hingga hijau. **Daun** tunggal dan simetris, terdiri atas helaian, tangkai, dan upih. Helai berbentuk perisai, ujung meruncing, tepi rata, pangkal berlekuk. Helai bertekstur kaku keras, permukaan licin mengkilat, berukuran 1-53 x 1-18 cm. Permukaan atas

berwarna hijau pekat, permukaan bawah berwarna hijau keputihan. Pertulangan daun menyirip, memanjang dari ujung tangkai di mana ujungnya terletak pada bagian tepi lekukan helai. Tangkai berwarna putih dengan garis-garis coklat kemerahan. Panjang tangkai 1-18 cm, panjang upih 1-7cm. **Bunga** majemuk tak terbatas berupa tongkol berseludang yang membulat, berwarna putih dengan garis-garis vertikal berwarna coklat kemerahan dan tersebar pada tangkainya. Tongkol tersusun atas bunga jantan dan bunga betina.

Schismatoglottis calyptrata (Roxb.) Zoll. & Moritzi

Perawakan herba terrestrial, tinggi mencapai 1 m. **Akar** serabut berwarna hijau kecoklatan hingga putih pucat, panjang 3-19 cm. **Batang** semu berbentuk bulat, licin, berwarna hijau, panjang 1-5 cm. **Daun** tunggal, simetris, terdiri atas helai, tangkai, dan upih. Helai berbentuk jantung, ujung daun meruncing, tepi rata, pangkal berlekuk, ukuran 5-20 x 2,5-11 cm. Permukaan helai licin, bertekstur tipis atau mengertas. Permukaan atas berwarna hijau muda hingga hijau pekat dengan struktur warna belang putih yang mengelilingi ibu tulang daun. Permukaan bawah berwarna hijau keputihan. Pertulangan menyirip yang memanjang dari tangkai daun. Tangkai daun berwarna hijau, panjang 1-6 cm, upih duduk memeluk batang, panjang 5-8 cm. **Bunga** berupa tongkol, terdiri dari 3-8 tajuk dengan seludang yang menggembung berwarna hijau kekuningan hingga putih. Umumnya seludang akan mudah luruh ketika bunga telah matang. Bagian tongkol berukuran 3/4 dari panjang seludang dan menyempit di bagian tengah serta berwarna keputihan.

Colocasia esculenta (L.) Schott

Perawakan herba terrestrial, tinggi mencapai 1-1,5 m. **Akar** serabut berwarna putih pucat hingga kuning kotor dengan panjang berkisar 7-22 cm. **Batang** bulat, semu, berbentuk umbi, berwarna coklat keputihan. Panjang batang berkisar 3-8 cm. **Daun** tunggal, simetris, terdiri atas helaian, tangkai dan upih. Helai berbentuk bangun perisai membulat, ujung runcing, tepi rata, pangkal berlekuk, berukuran 30-48 x 15-29 cm. Permukaan helai licin mengkilat, tekstur kaku agak sedikit tebal. Permukaan atas berwarna hijau pekat, permukaan bawah putih kehijauan. Pertulangan daun menyirip memanjang dari tangkai. Tangkai berbentuk bulat, licin berwarna hijau kecoklatan, ujung tangkai terletak agak ketengah dari tepi lekukan daun, panjang berkisar 20-30 cm. Upih berwarna coklat kehijauan, duduk memeluk batang, panjang 10-18 cm. **Bunga** berupa tongkol, berwarna kekuningan dan berseludang berukuran 10-30 cm.

Aridarum sp.

Perawakan herba terrestrial, tinggi mencapai 1 m. **Akar** serabut dan berwarna coklat keputihan hingga pekat, panjang 3-14 cm. **Batang** bulat tegak lurus, berwarna hijau keputihan, panjang 4-6 cm. **Daun** tunggal, simetris, terdiri dari helaian, tangkai, dan upih. Helai berbentuk lanset, ujung meruncing. Tepi daun rata, pangkal berlekuk, berukuran 10-17 x 5-7 cm. Permukaan helai licin mengkilat, tekstur kaku keras. Permukaan atas berwarna hijau pekat, permukaan bawah berwarna hijau keputihan. Pertulangan daun menyirip. Tangkai berbentuk bulat, kaku, panjang 10-13 cm. Ujung tangkai berwarna putih pucat, pangkal berwarna hijau muda hingga pekat. Upih berwarna putih pucat dengan duduk daun memeluk batang, panjang 2-3 cm. **Bunga** majemuk tak terbatas berwarna kuning, bentuk tongkol dan memiliki seludang berwarna putih.

Amorphophalus paeoniifolius (Dennst.) Nicolson

Perawakan herba terrestrial. **Akar** serabut, berwarna putih pucat hingga kuning kotor dengan panjang berkisar 1-20 cm. **Batang** bulat dan semu dalam bentuk umbi yang tumbuh di bawah permukaan tanah. Batang berwarna kecoklatan dengan panjang berkisar 2-5 cm, diameter 1-3 cm. **Daun** majemuk menjari, terdiri atas helaian dan tangkai. Helai berbentuk lanset memanjang, ujung meruncing, pangkal membulat. Bagian tepi helaian terbagi menjari, berukuran 5-28 x 3-11 cm. Permukaan helaian licin mengkilat, tekstur kaku agak sedikit tebal. Permukaan atas berwarna hijau cerah, permukaan bawah putih kehijauan. Pertulangan daun menjari yang memanjang dari tangkai daun. Memiliki tangkai sekunder yang terbagi atas 2 hingga 3 bagian cabang dengan tangkai daun primer yang menopangnya. Tangkai daun primer tumbuh tegak lurus, berwarna hijau pucat hingga kehitaman dengan panjang mencapai 100 cm. Menurut (Sulistiyo et al., 2015), tumbuhan ini memiliki karakteristik khusus yaitu tipe daunnya yang majemuk menjari dengan bentuk yang sama sehingga tidak ditemukan keberagaman pada helaian daunnya.

Philodendron crassinervium Lindl.

Perawakan herba epifit. **Akar** serabut berwarna putih pucat hingga kehijauan yang keluar dari buku-buku batang, panjang berkisar 1-49 cm. **Batang** bulat, permukaan licin dan menjalar di atas permukaan tanah. Warna batang hijau kepekatan dengan panjang mencapai 20-300 cm. **Daun** tunggal simetris, terdiri atas helaian dan tangkai. Helai berbentuk lanset memanjang dengan ujung meruncing, tepi rata, pangkal runcing. Panjang helaian berkisar 6-21 cm, lebar 3,5 hingga 5,7 cm. Permukaan helaian licin mengkilat, tekstur kaku agak sedikit tebal. Permukaan atas berwarna hijau pucat, permukaan bawah hijau keputihan. Pertulangan daun menyirip yang memanjang dari tangkai. Tangkai berwarna hijau tua cerah dan beralur dengan panjang berkisar 4-6 cm.

Kunci indentifikasi Araceae di Hutan Air Terjun Berambai

1. a. Herba terrestrial 2
b. Herba epifit 4
2. a. Pertulangan daun menjari *Amorphophalus paeoniifolius*
b. Pertulangan daun menyirip 3
3. a. Helai daun bangun jantung 5
b. Helai daun jorong atau perisai 6
4. a. Permukaan daun hijau tua, bertekstur tipis atau mengertas *Rhaphidophora australasica*
b. Permukaan daun hijau keputihan, bertekstur kaku agak sedikit tebal.....
..... *Philodendron crassinervium*
5. a. Daun hijau belang keputihan di sepanjang ibu tulang daun *Schismatoglottis calyptata*
b. Daun hijau tidak bercorak, seludang bunga mudah luruh *Pichinia disticha*
6. a. Daun lanset, ujung meruncing < 20 cm *Aridarum sp.*
b. Daun perisai > 20 cm 7
7. a. Seludang bunga membulat, tangkai daun dan bunga bercorak garis-garis vertikal kemerahan, lamina perisai menyempit *Alocasia princeps*
b. Seludang bunga meruncing, tangkai daun tidak bercorak, lamina perisai membulat *Colocasia esculenta*

SIMPULAN

Tumbuhan familia Araceae yang ditemukan dikawasan Air Terjun Berambai, Samarinda terdiri dari delapan jenis yaitu *Pichinia disticha* S.Y. Wong & P.C. Boice, *Rhaphidophora australasica* F.M. Bailey, *Alocasia princeps* W. Bull., *Schismatoglottis calyptata* (Roxb.) Zoll. & Moritzi,

Colocasia esculenta (L.) Schott, *Aridarum* sp, *Amorphophalus paeoniifolius* (Dennst.) Nicolson, *Philodendron crassinervium* Lindl., dengan karakteristik berbatang basah, bunga berbentuk tongkol dan berseludang. Familia Araceae yang ditemukan hidup secara terrestrial dan epifit. Penelitian ini dapat menjadi landasan data dokumentasi dan inventarisasi tumbuhan familia Araceae yang ada di lantai hutan Air Terjun Berambai, Samarinda, Kalimantan Timur yang belum ada sebelumnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam proses pelaksanaan penelitian ini dari proses survey, pengumpulan sampel, karakterisasi sampel sampai dengan proses identifikasi khususnya kepada pengelola kawasan Air Terjun Berambai serta segenap pihak Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, Samarinda, Kalimantan Timur.

KEPUSTAKAAN

- Acebey A, Krömer T. 2008. Diversidad y distribución de Araceae de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, Veracruz, México Diversity and distribution of Araceae of the Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico.
- Asih NPS, Waseno T, Kurniawan A. 2015. Studi inventarisasi Araceae di Gunung Seraya (Lempuyang), Karangasem, Bali. Prosiding Seminar Nasional Biodiversitas . Masyarakat Biodiversitas Indonesia, 521–527. DOI: 10.13057/psnmbi/m010324
- Atmoko DD, Titisari AD, Idrus A. 2018a. Geochemical characteristics of limestone of Wonosari-Punung formation, Gunungkidul Regency, Yogyakarta, Indonesia. Indonesian Journal on Geoscience **5(2)**: 179–197. DOI: 10.17014/ijog.5.2.179-197
- Atmoko DD, Titisari AD, Idrus A. 2018b. Geochemical characteristics of limestone of Wonosari-Punung formation, Gunungkidul Regency, Yogyakarta, Indonesia. Indonesian Journal on Geoscience **5(2)**: 179–197. DOI: 10.17014/ijog.5.2.179-197
- Boyce PC, Sin Yeng W. 2018. Recent changes to generic delimitations in the Schismatoglottideae Recent changes to generic delimitations in the Schismatoglottideae. Journal of the International Aroid Society **41(1)**: 149–234
- Boyce PC, Wong SY, Ting APJ, Low SE, Low SL, Ng KK. 2010. The Araceae of Borneo-The genera. Journal of Aroideana **33**: 3–73
- Chairul, Chairul SM. 2006. Isolation of glucomannan from two species of Araceae: Talas (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) and Iles-iles (*Amorphophallus campanulatus* Blumei). Berita Biologi **8(3)**: 171–178
- Croat TB, Ortiz OO. 2020. Distribution of araceae and the diversity of life forms. Acta Societatis Botanicorum Poloniae **89(3)**: 1–23. DOI: 10.5586/ASBP.8939
- Ekowati G, Yanuwidi B, Azrianingsih R, Magister Pengelolaan Sumberdaya Alam P, Pascasarjana P, Brawijaya U, Biologi J, Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam F. 2015. Sumber Glukomanan Dari Edible Araceae Di Jawa Timur. Jurnal Pembangunan dan Alam Lestari **6(1)**: 32–41
- Hutasuhut MA. 2020. Inventarisasi Araceae di Hutan Sibayak 1 Kecamatan Sibolangit Kabupaten Deli Serdang Sumatera Utara. Jurnal Biolokus **3(1)**: 288–292
- IPGRI. 1999. Descriptors for Taro (*Colocasia esculenta*). International Plant Genetic Resources Institute: Rome
- Iskandar J, Iskandar BS, Partasasmita R. 2017. Introduction of *Paraserianthes falcataria* in the traditional agroforestry ‘huma’ in Karangwangi Village, Cianjur, West Java, Indonesia. Biodiversitas **18(1)**: 295–303. DOI: 10.13057/biodiv/d180139
- Jayanti ED, Jumari, Wiryani E. 2017. Talas-talasan (Araceae) sumber pangan lokal di kawasan karst Kecamatan Pracimantoro Kabupaten Wonogiri. Bioma **19(2)**: 119–124
- Jusmaldi, Setiawan A, Hariani N. 2019. Keanekaragaman dan sebaran ekologis amfibi di Air Terjun Berambai Samarinda, Kalimantan Timur. Berita Biologi **18(3)**: 295–303
- Kaats GR, Bagchi D, Preuss HG. 2015. Konjac glucomannan dietary supplementation causes significant fat loss in compliant overweight adults. Journal of the American College of Nutrition **22**: 1–7. DOI: 10.1080/07315724.2015.1009194

- Leimbeck RM, Balslev H. 2001. Species richness and abundance of epiphytic Araceae on adjacent floodplain and upland forest in Amazonian Ecuador. *Biodiversity and Conservation* **10(9)**: 1579–1593. DOI: 10.1023/A:1011865611683
- Leimbeck RM, Valencia R, Balslev H. 2004. Landscape diversity patterns and endemism of Araceae in Ecuador. *Biodiversity and Conservation* **13**: 1755–1779
- Lense O. 2012. The wild plants used as traditional medicines by indigenous people of Manokwari, West Papua. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* **13(2)**: 98–106. DOI: 10.13057/biodiv/d130208
- Matthews PJ, Agoos EMG, Tandang DN, Madulid DA. 2012. Ethnobotany and ecology of wild taro (*Colocasia esculenta*) in the Philippines: Implications for domestication and dispersal. *Senri Ethnological Studies* **78**: 307–340
- Mayo SJ, Bogner J, Boyce PC. 1997. *The Genera of Araceae*. Royal Botanic Garden, Kew: Belgium
- Megawati M, Alimuddin A, Abdul Kadir L. 2019. Komposisi kimia batu kapur alam dari industri kapur Kabupaten Kolaka Sulawesi Tenggara. *Saintifik* **5(2)**: 104–108. DOI: 10.31605/saintifik.v5i2.230
- Mutaqin AZ, Fatharani M, Iskandar J, Partasmita R. 2018. Utilization of Araceae by local community in Cisoka village, Cikijing sub-district, Majalengka district, West Java, Indonesia. *Biodiversitas* **19(2)**: 560–570. DOI: 10.13057/biodiv/d190236
- Oktavianingsih L, Suharyanto E, Daryono BS, Purnomo P. 2017. Traditional usages of taro (*Colocasia* spp.) by ethnic communities in Borneo. *Biosaintifika: Journal of Biology and Biology Education* **9(2)**: 248–256. DOI: 10.15294/biosaintifika.v9i2.9956
- Ortiz OO, de Stapf MS, Croat TB. 2019. Diversity and distributional patterns of aroids (*Alismatales: Araceae*) along an elevational gradient in Darién, Panama. *Webbia* **74(2)**: 339–352. DOI: 10.1080/00837792.2019.1646465
- Royo AA, Carson WP. 2005. The herb community of a tropical forest in central Panamá: Dynamics and impact of mammalian herbivores. *Oecologia* **145(1)**: 66–75. DOI: 10.1007/s00442-005-0079-3
- Sulistiyo RH, Soetopo L, Damanhuri. 2015. Eksplorasi dan identifikasi karakter morfologi porang (*Amorphophallus muelleri* B.) di Jawa Timur. *Jurnal Produksi Tanaman* **5(3)**: 353–361
- Sungkajanttranon O, Marod D, Thanompun K. 2018. Diversity and distribution of family Araceae in Doi Inthanon National Park, Chiang Mai province. *Agriculture and Natural Resources* **52(2)**: 125–131. DOI: 10.1016/j.anres.2018.06.009
- Tjitrosoepomo G. 1996. *Morfologi Tanaman*. Universitas Gadjah Mada Press: Yogyakarta
- Widiyanti DN, Mukarlina, Turnip M. 2017. Inventarisasi tumbuhan Araceae di hutan Desa Subah Kecamatan Tayan Hilir Kabupaten Sanggau Kalimantan Barat. *Protobiont* **6(3)**: 207–214
- Yang YJ, Jegal YJ, Nam SY, Kim J, Ahn JW. 2014. An exploratory research on PCC application of crystalline limestone: Effects of limestone crystallographic characteristics on hydraulic activity. *Journal of the Korean Ceramic Society* **51(2)**: 115–120. DOI: 10.4191/kcers.2014.51.2.115

JURNAL BIOLOGI UDAYANA

P-ISSN: 1410-5292 E-ISSN: 2599-2856

Volume 27 | Nomor 1 | Juni 2023

DOI: <https://doi.org/10.24843/JBIOUNUD.2023.v27.i01.p04>

Sintesis nanopartikel perak dengan *Punica granatum* L. dan uji aktivitasnya pada *Staphylococcus aureus* dan *Methicillin Resistant Staphylococcus aureus* (MRSA)

Synthesis of silver nanoparticles with *Punica granatum* L. and their activity test of *Staphylococcus aureus* and *Methicillin Resistant Staphylococcus aureus* (MRSA)

Adhie Massardi*, Sandy Samsul Bahry, Dio Muhammad Fajri, Della Safitri, Merita Septyana Dewi, Elyn Tegar Monica, Lilis Nur Fatimah, Findi Indah Lestari, Syah Kalis, Ratna Setyaningsih

Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami No.36, Ketingan, Jebres, Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia – 57126

*Email: adhiemassardi_01@student.uns.ac.id

Diterima
22 Oktober 2022

Disetujui
1 Maret 2023

INTISARI

Nanopartikel perak memiliki potensi dijadikan sebagai antibakteri. Koloid perak diketahui memiliki sifat antibakteri dan kemampuan antibakteri perak dapat membunuh semua mikroorganisme patogenik. Sementara, kulit buah delima memiliki kandungan senyawa flavonoid, saponin, dan tanin yang dapat menghambat pertumbuhan suatu bakteri. Penelitian ini bertujuan untuk karakterisasi nanopartikel perak yang disintesis dari ekstrak kulit buah delima merah (*Punica granatum* L.) dan menguji aktivitas antibakterinya terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Methicillin Resistant Staphylococcus aureus* (MRSA). Ekstraksi simplisia kulit buah delima menggunakan metode *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE) dengan pelarut berupa aquades. Sintesis nanopartikel perak dilakukan pada suhu ruang tanpa pengadukan. Karakterisasi nanopartikel perak dilakukan dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis dan *Particle Size Analyzer* (PSA). Uji aktivitas antibakteri menggunakan metode difusi cakram kertas yang terdiri dari 4 perlakuan yaitu kontrol positif (erythromycin dan negatif, ekstrak kulit buah delima, serta nanopartikel perak dengan ekstrak kulit buah delima (AgNPs-PG). Hasil penelitian diperoleh nanopartikel perak berukuran 123,1 nm dengan puncak absorbansi sebesar 0,567 pada panjang gelombang 436 nm. Nanopartikel perak yang disintesis dengan ekstrak kulit buah delima memiliki aktivitas antibakteri yang lebih tinggi dibandingkan dengan ekstrak kulit buah delima. AgNPs-PG memiliki aktivitas antibakteri pada *S. aureus* dan *MRSA*. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dan bermanfaat dalam pengembangan obat antibakteri.

Kata kunci: AgNPs, *Punica granatum*, antibakteri, *Staphylococcus aureus*, *Methicillin Resistant Staphylococcus aureus*

ABSTRACT

Pomegranate peel has the potential to be employed as a reducing agent in the production of antibacterial compounds using silver nanoparticles. The goal of this study was to characterize silver nanoparticles made from red pomegranate (*Punica granatum* L.) peel extract and test their antibacterial efficacy against *Staphylococcus aureus* and *Methicillin Resistant Staphylococcus aureus* (MRSA) bacteria. Making red pomegranate peel extract with aquades as a solvent using the *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE) method. The production of silver nanoparticles was carried out at room temperature without stirring. UV-Vis spectrophotometry and a Particle Size Analyzer were used to characterize silver nanoparticles (PSA). The antibacterial activity test was conducted using a paper disc diffusion method that included four treatments: positive and negative controls, pomegranate peel extract, and silver nanoparticles with pomegranate peel extract (AgNPs-PG). The investigation yielded silver nanoparticles with a diameter of 123,1 nm.

Silver nanoparticles produced with pomegranate peel extract demonstrated antibacterial activity comparable to antibiotics and higher than pomegranate peel extract. AgNPs-PG has antibacterial activity on *S. aureus* and MRSA. The findings of this study are expected to aid in the development of antibacterial medications.

Keywords: AgNPs, Punica granatum, antibakteri, Staphylococcus aureus, Methicillin Resistant Staphylococcus aureus

PENDAHULUAN

Infeksi bakteri menjadi ancaman global bagi kesehatan manusia terutama di Indonesia. Salah satu jenis bakteri yang menginfeksi tubuh manusia adalah *Staphylococcus aureus*. Infeksi *S. aureus* ditandai dengan kerusakan jaringan pada infeksi ringan maupun berat. Bakteri *S. aureus* dapat menimbulkan infeksi nosokomial pada bayi, infeksi bekas operasi caesar, pasien dengan luka bakar, dan infeksi pada organ reproduksi perempuan. Berbagai penyakit yang disebabkan oleh bakteri *S. aureus* dilakukan dengan pemberian antibiotik. Namun, pada saat ini kasus resistensi bakteri di Indonesia semakin meningkat. Menurut data Komite Pengendalian Resistensi Antimikroba (KPRA), di tahun 2019 terjadi peningkatan bakteri resisten dari 40% menjadi 60%. Bakteri *Methicillin Resistant Staphylococcus aureus* (MRSA) telah resisten terhadap berbagai jenis antibiotik β -laktam termasuk penicillin dan turunannya methicillin. Infeksi MRSA dapat menyebabkan infeksi nosokomial dan infeksi sporadik (Erlin et al., 2020). Hal ini menyebabkan angka kematian akibat infeksi serius oleh MRSA menjadi tinggi, sehingga pengembangan alternatif antibiotik terhadap infeksi MRSA perlu dilakukan.

Nanopartikel perak memiliki potensi dijadikan sebagai antibakteri. Berdasarkan penelitian Prasetya et al. (2019), nanopartikel ZnO-Ag pada konsentrasi 70 $\mu\text{g/ml}$ efektif menghambat pertumbuhan MRSA. Proses sintesis nanopartikel dapat dilakukan dengan metode fisika maupun kimia, tetapi dapat berbahaya bagi lingkungan dan biologis (Behravan et al., 2019). Menurut Qais et al. (2019), sintesis nanopartikel perak dapat ditingkatkan melalui pendekatan sintesis biologis. Sintesis nanopartikel perak melalui sistem biologis memiliki keunggulan yaitu laju sintesis yang lebih cepat; nanopartikel yang dihasilkan dari tanaman lebih beragam; serta kandungan senyawa bioaktif pada tanaman dapat berperan dalam bioremediasi, pembentukan dan stabilitas nanopartikel perak (Selim et al., 2020).

Berdasarkan penelitian sebelumnya bagian tanaman kulit buah delima merah mengandung senyawa flavonoid, saponin, dan tanin yang dapat menghambat pertumbuhan *Candida albicans* (Zakiah et al., 2021). Ekstrak kulit buah delima pada konsentrasi 25% dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Streptococcus sanguinis* (Diniasti et al., 2020). Penelitian Rahayuni dan Putra (2019) menunjukkan bahwa minyak biji buah delima memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Propionibacterium acnes* dengan KHM (Konsentrasi Hambat Minimum) sebesar 12,5 mg/mL. Selain itu, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Jyoti (2018), sintesis nanopartikel perak dengan ekstrak kulit buah *Punica granatum* L. (AgNPs-PG) dapat membunuh bakteri *E. coli* pada konsentrasi 20%.

Berdasarkan hal tersebut, kulit buah delima memiliki potensi sebagai biorekduktor dalam pembuatan nanopartikel perak sehingga dapat dijadikan sebagai antibakteri. Penelitian ini bertujuan untuk karakterisasi nanopartikel perak (AgNPs) yang disintesis dari ekstrak kulit buah delima merah dan menguji aktivitas antibakterinya terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Methicillin*

Resistant Staphylococcus aureus. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif obat dalam infeksi bakteri resisten maupun tidak resisten.

MATERI DAN METODE

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan di UPT Laboratorium Terpadu dan Laboratorium Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret. Kegiatan penelitian dilaksanakan pada bulan September – November 2021.

Bahan dan alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu kulit buah delima merah (*Punica granatum* L.); aquadest; AgNO₃; aquabidest; media berupa Nutrient Agar (NA); Nutrient Broth (NB); Mueller Hinton Agar (MHA); bakteri *S. aureus* dan MRSA. Alat yang digunakan yaitu Spektrofotometri UV-Vis; Biology Safety Cabinet (BSC); rotary evaporator; cawan petri; Larutan standar McFarland; Sonikator, mikrotip dan mikropipet.

Metode

Preparasi dan ekstraksi kulit buah delima

Buah delima merah (*Punica granatum* L.) diperoleh di Kelurahan Mojosongo, Kecamatan Jebres, Surakarta dengan titik koordinat - 7.548371974173159, 110.85212243378793. Buah delima sebanyak 2,5 kg tersebut dicuci hingga bersih menggunakan air mengalir. Buah delima dikupas dan dipisahkan dari kulitnya kemudian kulit buah delima dipotong kecil-kecil lalu dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50 °C selama $\pm 2 \times 24$ jam. Setelah kering, kulit buah delima dihaluskan dengan menggunakan grinder hingga berbentuk serbuk bertujuan agar proses ekstraksi lebih optimal. Simplisia kulit buah delima sebanyak 10 gram dilarutkan ke dalam 250 mL akuades dan diekstraksi dengan metode yang dilakukan oleh Dewi et al. (2019) dengan sedikit modifikasi yaitu menggunakan metode *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE) selama 20 menit. Hasil ekstraksi kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring kasar. Filtrat diambil sebanyak 5 mL dan ditambahkan akuades hingga 100 mL sehingga menjadi konsentrasi 5% (v/v) yang digunakan sebagai ekstrak uji. Konsentrasi ekstrak yang terlalu rendah dapat mengakibatkan rendemen AgNP yang terbentuk tidak optimal akan tetapi apabila terlalu tinggi dapat berakibat tidak stabilnya bentuk dan ukuran nanopartikel yang dihasilkan (Dwiastuti et al., 2022). Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan konsentrasi ekstrak 5% (v/v) kulit buah delima.

Sintesis nanopartikel perak dengan ekstrak kulit buah delima

Ekstrak uji sebanyak 10 mL ditambah 90 mL AgNO₃ 10 mM. Proses sintesis dilakukan pada suhu ruang tanpa pengadukan. Larutan diamati absorbansinya setiap 30 menit dengan spektrofotometri UV-Vis. Selain itu, pengamatan secara visual juga dilakukan untuk mengamati perubahan warna yang terbentuk. Purifikasi larutan nanopartikel perak dilakukan dengan sentrifugasi pada 2800 xg selama 15 menit untuk menghilangkan pengotor. Supernatan yang diperoleh disentrifugasi kembali pada 8100 xg selama 20 menit untuk mengumpulkan nanopartikel. Pelet yang dihasilkan dicuci dengan menggunakan akuabides. Sebanyak 5 gram nanopartikel yang telah diperoleh digunakan untuk karakterisasi nanopartikel.

Karakterisasi AgNPs-PG

Karakterisasi nanopartikel perak dilakukan dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 350-600 nm (Junaidi, 2017). Ukuran partikel diamati dengan metode *Particle Size Analyzer* (PSA) (Putri et al., 2018).

Uji aktivitas antibakteri

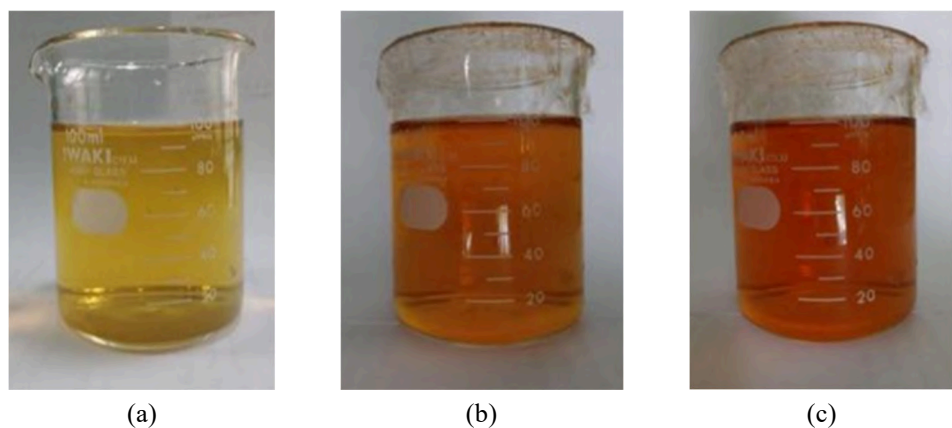
Bakteri yang digunakan dalam penelitian ini adalah *S. aureus* dan MRSA dari golongan bakteri Gram positif yang diperoleh dari Laboratorium FK UNS. Media yang digunakan untuk menumbuhkan bakteri adalah nutrient agar (Millipore), nutrient broth (Oxoid), dan Mueller Hinton Agar (Himedia). Bakteri yang telah tumbuh pada agar miring diambil sebanyak 1 ose dan ditumbuhkan pada media NB dengan suhu 37 °C selama 24 jam. Suspensi bakteri diencerkan dan dihomogenkan menggunakan *vortex* hingga sesuai dengan larutan standar McFarland 0,5. Hasil pengenceran kemudian disebarkan pada media MHA hingga merata menggunakan kapas steril. Sebanyak 3 buah kertas cakram (5 mm) steril yang dipotong secara manual dicelupkan ke masing-masing sampel uji yaitu ekstrak, AgNPs-PG, dan antibiotik selama 1 menit kemudian secara aseptis diletakkan di atas permukaan medium agar. [24] Media selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Diameter zona hambat yang terbentuk diukur dengan satuan milimeter.

Analisis data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *One Way ANOVA* dengan nilai signifikansi < 0.05 . Jika hasil analisis terjadi perbedaan maka data dianalisis lebih lanjut menggunakan uji Duncan dengan $\alpha = 0.05$. Data dianalisis dengan menggunakan SPSS (*Statistical Program for Social Sciences*) for Windows Series 16.0.

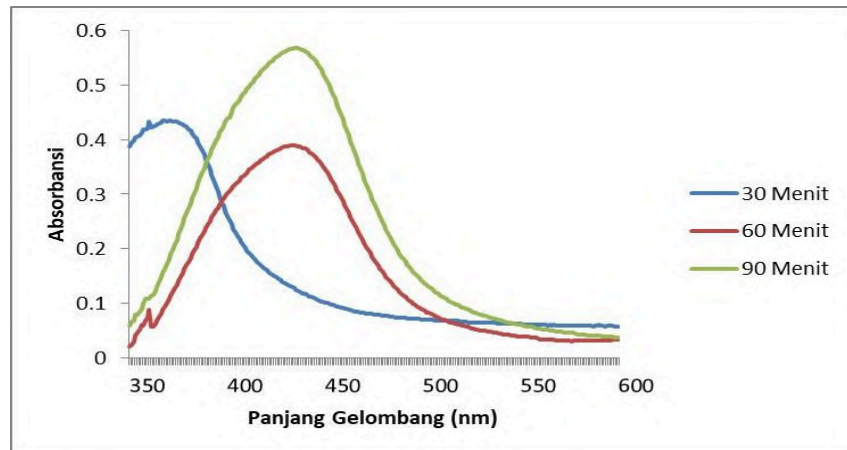
HASIL

Hasil sintesis nanopartikel perak ditunjukkan pada Gambar 1. dimana pada waktu pencampuran selama 30 menit telah terjadi perubahan warna. Kepekatan warna semakin meningkat seiring dengan lamanya waktu inkubasi yaitu dari bening menjadi kuning jernih hingga berubah menjadi warna coklat jernih dan coklat pekat.



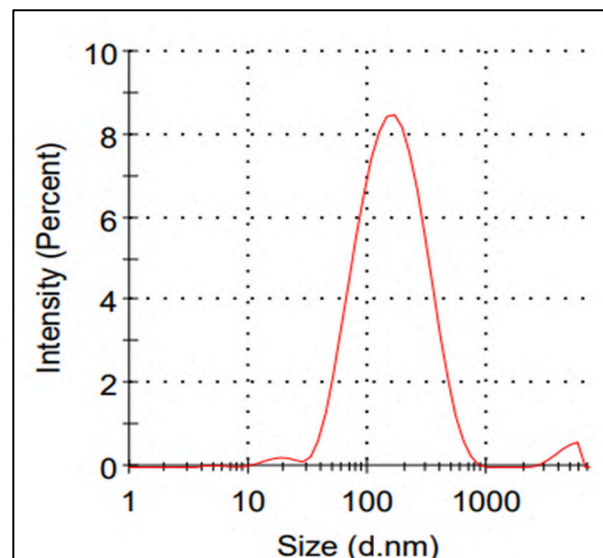
Gambar 1. Perubahan warna larutan seiring dengan pertambahan waktu pada proses sintesis nanopartikel perak dengan 5% (v/v) ekstrak kulit buah delima (a) AgNPs-PG inkubasi 30 menit ; (b) AgNPs-PG inkubasi 60 menit ; dan (c) AgNPs-PG inkubasi 90 menit.

Gambar 2 memperlihatkan hasil karakterisasi AgNPs-PG menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Pada menit-30 diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,435 dengan panjang gelombang 367 nm. Sementara, pada menit ke-60 dan 90 secara berturut-turut diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,389 dan 0,567 dengan panjang gelombang 435 nm dan 436 nm.



Gambar 2. Nilai absorbansi dan serapan panjang gelombang AgNP-PG

Gambar 3 menunjukkan karakterisasi AgNPs-PG menggunakan metode PSA yang menyatakan bahwa distribusi ukuran nanopartikel perak yang disintesis dengan ekstrak kulit buah delima belum merata, dimana sekitar 10% dari jumlah distribusi ukuran nanopartikel memiliki ukuran 63,6 nm. Namun, secara keseluruhan rata-rata ukuran nanopartikel perak yang dihasilkan berukuran 123,1 nm.



Gambar 3. Distribusi ukuran hasil sintesis nanopartikel perak dengan *Punica granatum*.

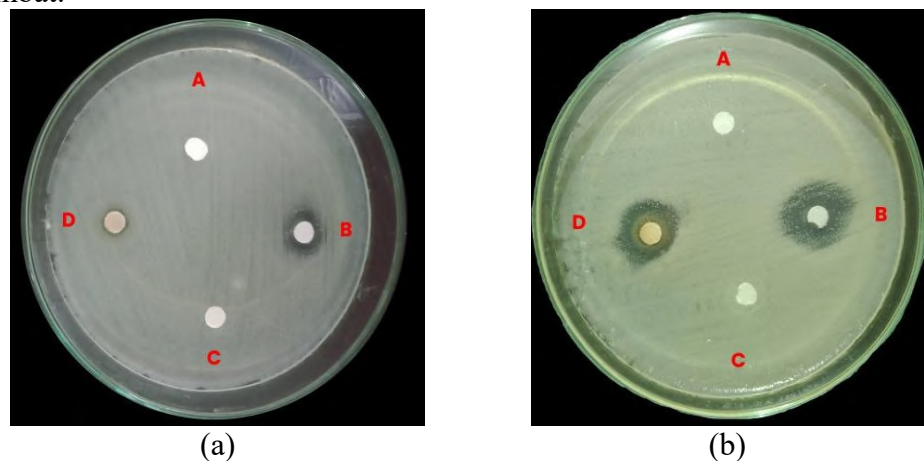
Tabel 1 menunjukkan bahwa hasil pengujian aktivitas antibakteri AgNPs-PG dapat menghambat pertumbuhan isolat bakteri *Staphylococcus aureus* dan *MRSA*. Menurut Davis & Stout, (1971), jika diameter zona hambat 10 – 20 mm memiliki daya hambat kuat, diameter zona hambat 5 – 10 mm memiliki

daya hambat sedang, sedangkan jika diameter zona hambat <5 mm memiliki daya hambat lemah.

Tabel 1. Hasil uji aktivitas antibakteri

Bakteri	Perlakuan Sampel Uji	Zona Hambat (mm)	Kategori Davis & Stout (1971)
<i>S. aureus</i>	Kontrol positif 0,25% (erythromycin)	7,08	Sedang
	Kontrol negatif (akuades)	0	Lemah
	Ekstrak kulit buah delima 5% (v/v)	0	Lemah
	AgNPs-PG	4,28	Lemah
<i>MRSA</i>	Kontrol Positif 0,25% (supertetra)	16,32	Kuat
	Kontrol negatif (akuades)	0	Lemah
	Ekstrak kulit buah delima 5% (v/v)	0	Lemah
	AgNPs-PG	8,20	Sedang

Gambar 4 menunjukkan hasil pengujian aktivitas antibakteri diketahui bahwa nanopartikel perak yang disintesis dengan ekstrak kulit buah delima menunjukkan adanya zona hambat pada bakteri *Staphylococcus aureus* dan *MRSA*, sedangkan ekstrak kulit buah delima tidak menunjukkan adanya zona hambat.



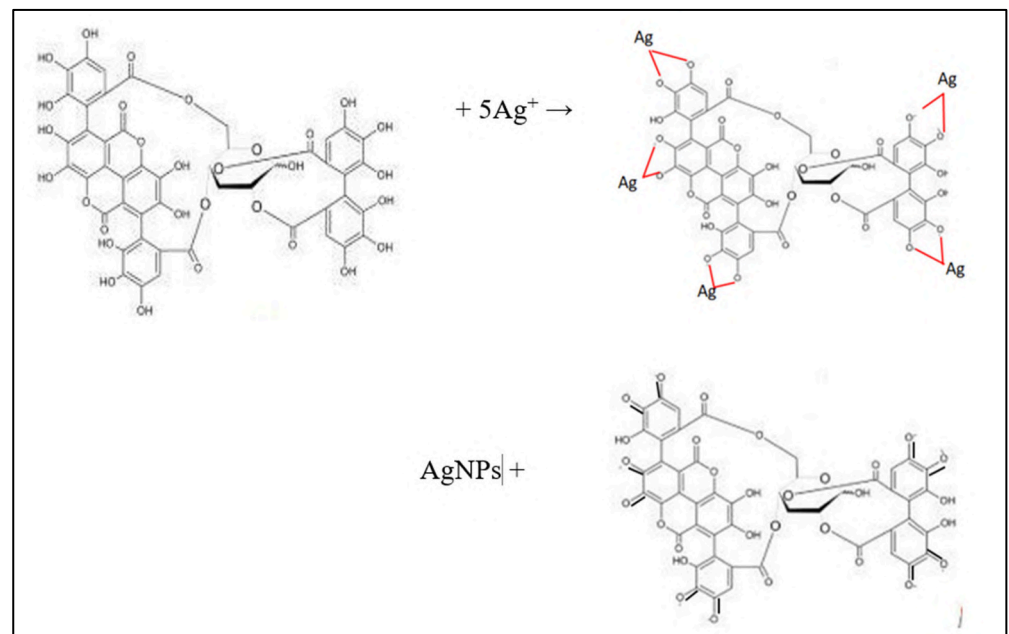
Gambar 4. Zona hambat nanopartikel AgNP-PG pada *S. aureus* (a) dan *MRSA* (b). (Keterangan : A = Akuades; B = Erythromycin (4a), Super tetra (4b); C = Ekstrak kulit buah delima; D = AgNP-PG).

PEMBAHASAN

Hasil sintesis nanopartikel perak menunjukkan bahwa setiap selang waktu 30 menit telah terjadi perubahan warna. Hal tersebut mengindikasikan bahwa proses sintesis AgNP telah berlangsung saat dilakukan penambahan 5% (v/v) ekstrak kulit buah delima dengan 10 mM AgNO₃. Perubahan warna dari kuning hingga kuning kecoklatan menandakan bahwa telah terbentuk AgNPs sehingga dapat diindikasikan bahwa proses sintesis AgNPs telah berhasil. Perubahan warna ini disebabkan oleh reduksi Ag⁺ ke atom Ag⁰ dan pembentukan AgNPs dengan ukuran yang berbeda (Hemmati et al., 2019).

Prinsip kerja senyawa metabolit sekunder pada tanaman dalam membentuk nanopartikel adalah senyawa metabolit sekunder dapat mereduksi Ag⁺ menjadi

nanopartikel Ag yang tidak bermuatan. Dalam hal ini, senyawa metabolit sekunder berperan sebagai reduktor. Kulit buah delima banyak mengandung senyawa metabolit sekunder, salah satunya yaitu punicalagin yang merupakan golongan polifenol. Ekstrak kulit buah delima mentah mengandung 353 mg polifenol/g bahan buah segar, sedangkan buah yang sudah matang mengandung 67,5 mg polifenol/g bahan segar (Russo et al.,2021). Oleh karenanya, punicalagin memiliki peranan yang sangat penting dalam proses sintesis AgNPs. Proses reduksi AgNO_3 oleh senyawa punicalagin melibatkan pembentukan ikatan koordinatif antara O-dihidroksi dalam ekstrak dan ion perak (Ag^+) (Nasri Boroumand et al., 2019). Gugus hidroksil bebas pada punicalagin dapat menyebabkan Ag^+ tereduksi menjadi Ag^0 . Mekanisme reaksi reduksi dari senyawa punicalagin dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Mekanisme reaksi reduksi nanopartikel dari punicalagin

Karakterisasi AgNPs-PG menggunakan spektrofotometri UV-Vis menunjukkan bahwa proses sintesis AgNPs telah terjadi yang ditandai dengan adanya absorbansi pada panjang gelombang 400-500 nm. Namun, pada 30 menit awal inkubasi, AgNPs belum terbentuk yang ditandai dengan puncak absorbansi pada panjang gelombang 367 nm. Menurut Mou et al. (2020), ion Ag memiliki puncak absorbansi dengan panjang gelombang sekitar 320-380 nm sehingga selama 30 menit proses sintesis belum terbentuk nanopartikel perak. Sementara, pada inkubasi selama 60 menit AgNPs telah terbentuk yang ditandai dengan puncak absorbansi pada panjang gelombang 435 nm. Absorbansi semakin meningkat menjadi 0,567 pada masa inkubasi 90 menit dengan serapan panjang gelombang 436 nm. Hal tersebut menunjukkan bahwa jumlah nanopartikel perak yang disintesis semakin meningkat. Adanya pita serapan pada panjang gelombang 400-500 nm menunjukkan bahwa ion Ag telah tereduksi menjadi partikel Ag (Mou et al.,2020).

Berdasarkan penelitian Patel et al. (2020), AgNPs yang disintesis dengan menggunakan ekstrak *Gunnera prepena* memiliki karakteristik dengan puncak absorbansi berkisar 421-425 nm diperoleh nanopartikel yang berukuran sekitar 13-24 nm. AgNPs dengan ukuran 10-100 nm menunjukkan efek antimikroba yang kuat terhadap bakteri Gram-positif dan negatif (Loo et al., 2018). Ukuran

partikel yang kecil memungkinkan AgNPs untuk menempel pada dinding sel dan menembus ke dalam sel bakteri sehingga dapat mengganggu aktivitas bakteri (Loo et al., 2018).

Sementara karakterisasi AgNPs-PG menggunakan metode PSA menunjukkan bahwa distribusi ukuran nanopartikel perak yang disintesis dengan ekstrak kulit buah delima belum merata, dimana sekitar 10% dari jumlah distribusi ukuran nanopartikel memiliki ukuran 63,6 nm. Namun secara keseluruhan rata-rata ukuran nanopartikel perak yang dihasilkan berukuran 123,1 nm. Hal ini dapat disebabkan karena telah terjadi agregasi nanopartikel perak karena pengaruh lamanya masa inkubasi.

Nanopartikel perak yang terbentuk selanjutnya diuji terhadap bakteri *S. aureus* dan *MRSA*. Hasil pengujian aktivitas antibakteri AgNPs-PG menunjukkan adanya penghambatan pertumbuhan bakteri seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan pengujian aktivitas antibakteri diketahui bahwa nanopartikel perak yang disintesis dengan ekstrak kulit buah delima memiliki daya hambat yang lemah pada bakteri *S. aureus* karena memiliki zona hambat yaitu 4,275 mm sedangkan pada *MRSA*, AgNPs-PG memiliki daya hambat yang sedang karena membentuk zona hambat 8,2 mm. Sementara ekstrak kulit buah delima tidak menunjukkan adanya zona hambat. Hal tersebut menunjukkan penggunaan nanopartikel perak yang disintesis dengan ekstrak kulit buah delima lebih efektif dibandingkan hanya menggunakan ekstrak saja dalam menghambat pertumbuhan bakteri *S. aureus* dan *MRSA*.

Hasil uji aktivitas antibakteri nanopartikel AgNPs-PG menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah delima dapat dijadikan sebagai reduktor dalam sintesis nanopartikel perak. Ekstrak dalam konsentrasi 5% (v/v) tidak dapat menghambat pertumbuhan bakteri *S. aureus* dan *MRSA*, sedangkan ekstrak yang telah direaksikan dengan AgNO_3 dapat menghambat bakteri *S. aureus* dan *MRSA*. Hasil zona hambat AgNPs yang terbentuk pada bakteri *MRSA* dan *S. aureus* menunjukkan hasil lebih rendah dibandingkan dengan kontrol positif yang digunakan. Hasil daya hambat yang sedang tersebut dapat diakibatkan ukuran AgNP yang dihasilkan lebih dari standar yaitu di bawah 100 nm. Ukuran nanopartikel yang melebihi 100 nm dapat diakibatkan tidak tepatnya rasio antara prekursor (AgNO_3) dan reduktor (ekstrak) atau adanya proses aglomerasi pasca sintesis. Aglomerasi pada AgNP diakibatkan adanya gaya Brown dan Van Der Waals yang berakibat bergabungnya nanopartikel menjadi ukuran yang lebih besar. Menurut penelitian Dewi et al. (2019), sifat antibakteri dari perak akan meningkat ketika direduksi menjadi nanopartikel perak. Hal ini berkaitan dengan mekanisme antibakteri nanopartikel AgNPs-PG, yaitu menyebabkan kerusakan DNA bakteri dan membran sel bakteri. Nanopartikel AgNPs-PG mampu masuk ke dalam sel bakteri karena memiliki ukuran yang kecil dan permukaan yang lebar sehingga mampu mengubah sifat membran bakteri. Menurut Ansaria & Alzohairy (2018), kematian bakteri *S. aureus* disebabkan karena hilangnya permeabilitas membran dan kebocoran komponen intraseluler yang diakibatkan AgNPs yang bermuatan positif berikatan dengan asam teichoic yang bermuatan negatif dari membran sel *S. aureus*. Selain itu, ion Ag^+ yang masuk ke dalam sel bakteri akan berinteraksi dengan struktur seluler dan biomolekul seperti protein, lipid dan DNA yang menyebabkan peningkatan ROS dan berakibat pada respon apoptosis, peroksidasi lipid, dan kerusakan DNA (Yun'an et al., 2018). *MRSA* memiliki beberapa mekanisme resistensi yang tidak dimiliki oleh *S. aureus* seperti protein PBP2a yang memiliki afinitas rendah terhadap antibiotik β -laktam. Nanopartikel perak tidak secara langsung menghambat ekspresi PBP2a sehingga dapat dikatakan bahwa nanopartikel

perak merupakan agen antimikroba dengan kinerja yang luas dan tidak terhalang oleh mekanisme resistensi obat. Berdasarkan hasil penelitian ini maka diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai konsentrasi minimum dalam menghambat dan membunuh bakteri *S. aureus* dan MRSA.

SIMPULAN

Sintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak kulit buah delima (*Punica granatum* L.) dengan rata-rata ukuran 123,1 nm. Nanopartikel perak yang disintesis dengan ekstrak kulit buah delima memiliki aktivitas antibakteri yang lebih tinggi dibandingkan dengan ekstrak kulit buah delima (5%). AgNP-PG dapat menghambat pertumbuhan bakteri *S.aureus* yang tergolong lemah dan *Methicillin Resistant Staphylococcus aureus* yang tergolong sedang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak terkait yang telah membantu dan mendukung penelitian ini. Penelitian ini didukung dan didanai oleh Universitas Sebelas Maret melalui program Hibah Merdeka Belajar Kampus Merdeka 2021.

KEPUSTAKAAN

- Alsammarraie FK, Wang W, Zhou P, Mustapha A, Lin M. 2018. Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Turmeric Extracts and Investigation of Their Antibacterial Activities. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* **171**: 398-405.
- Ansari MA, Alzohairy MA. 2018. One-Pot Facile Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Seed Extract of Phoenix Dactylifera and Their Bactericidal Potential Against MRSA. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* **1**:1-9.
- Behravan M, Panahi AH, Naghizadeh A, Ziaee M, Mahdavi R, Mirzapour A. 2019. Facile Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Berberis Vulgaris Leaf and Root Aqueous Extract and Its Antibacterial Activity. *International Journal of Biological Macromolecules* **124**:148-54.
- Dewi KTA, Kartini, Sukweenadhi J, Avanti C. 2019. Karakter Fisik dan Aktivitas Antibakteri Nanopartikel Perak Hasil *Green Synthesis* Menggunakan Ekstrak Air Daun Sendok (*Plantago major* L.). *Pharmaceutical Science and Research* **6(2)**:69-81.
- Diniasti M, Delima AR, Zakki M. 2020. Antibacterial Effect of White Pomegranate Peel Extract (*Punica Granatum* L) Against *Streptococcus Sanguinis*. *Odonto: Dental Journal* **7(1)**: 18-24.
- Dwiastuti R, Suhendra PA, Yuliani S H, Riswanto FDO. 2022. Application of the central composite design approach for optimization of the nanosilver formula using a natural bioreductor from *Camellia* sintesis L. extract. *Journal of Applied Pharmaceutical Science* **12(8)**: 048-056.
- Erlin E, Rahmat A, Redjeki S, Purwianingsih W. 2020. Deteksi *Methicilin Resistant Staphylococcus aureus* (MRSA) Sebagai Penyebab Infeksi Nosokomial Pada Alat-Alat di Ruang Perawatan Bedah. *Quagga: Jurnal Pendidikan dan Biologi* **12 (2)**: 137-144.
- Fauziah S, Adriana Y. 2019. Potensi Antibiotik dan Uji Difusi Secara In Vitro pada Formulasi Krim Eritromisin. *Jurnal Medical Profession* **3(3)**: 277-282.
- Fiana FM, Kiromah NZW, Purwanti E. 2020. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Sukun (*Artocarpus altilis*) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Pharmacon: Jurnal Farmasi Indonesia* **1(1)**: 10-20.
- Hemmati S, Retzlaff-Roberts E, Scott C, Harris MT. Artificial Sweeteners and Sugar Ingredients as Reducing Agent For Green Synthesis of Silver Nanoparticles. *Journal of Nanomaterials* **21**: 1-16.
- Junaidi. 2017. Spektrofotometer UV-Vis untuk Estimasi Ukuran Nanopartikel Perak. *Journal Teori dan Aplikasi Fisika* **5(1)**: 97-102.
- Jyoti KG. 2018. Green Synthesis of Silver Nano Particles USI-NG Peels of *Punica granatum* (Pomegranate Fruit): Characterization and Assessment of Its Antimicrobial and Antifungal Activities. *Journal of Environmental Research and Public Health* **12 (4)**: 443-449.

- Loo YY, Rukayadi Y, Nor-Khaizura MA, Kuan CH, Chieng BW, Nishibuchi M, Radu S. 2018. In Vitro Antimicrobial Activity of Green Synthesized Silver Nanoparticles Against Selected Gram-Negative Foodborne Pathogens. *Frontiers in Microbiology* **9(1555)**: 1-7.
- Mou Y, Wang H, Peng Y, Liu J, Cheng H, Sun Q, Chen M. 2018. Low Temperature Enhanced Flexible Conductive Film by Ag Flake/Ion Composite Ink. *Materials & Design* **186**: 1-6.
- Nasiriboroumand M, Montazer M, Barani H. 2018. Preparation and Characterization Of Biocompatible Silver Nanoparticles Using Pomegranate Peel Extract. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* **179**: 98-104.
- Patel N, Kasumbwe K, Mohanlall V. 2020. Antibacterial screening of gunnera perpensa-mediated silver nanoparticles. *Journal of Nanotechnology* **1**: 1-7.
- Prasetya YA, Nisyak K, Ifitah ED. 2019. Aktivitas Nanokomposit ZNO-Ag dalam Menghambat Pertumbuhan Bakteri *Methicillin Resistant Staphylococcus aureus* (MRSA). *Seminar Nasional Sains and Entrepreneurship* **1(1)**: 1-3.
- Purwanti NU, Yuliana S, Sari N. 2018. Pengaruh Cara Pengeringan Simplisia Daun Pandan (*Pandanus amaryllifolius*) Terhadap Aktivitas Penangkal. *Jurnal Farmasi Medica/Pharmacy Medical Journal (PMJ)* **1(2)**: 63-72.
- Putri, A.I., A. Sudaryono dan I.N. Chandra. 2018. Karakterisasi Nanopartikel Kitosan Ekstrak Daun Ubijalar (*Ipomoea batatas* L.) Menggunakan Metode Gelasi Ionik. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia* **2(2)**: 203-207.

JURNAL BIOLOGI UDAYANA

P-ISSN: 1410-5292 E-ISSN: 2599-2856

Volume 27 | Nomor 1 | Juni 2023

DOI: <https://doi.org/10.24843/JBIOUNUD.2023.v27.i01.p05>

Keragaman kelelawar (Chiroptera) dan karakteristik lokasi bertenggernya di ekosistem gua lava, Gua Lawa dan Lorong Kereta

Cave-dwelling bat diversity and roosting site characteristic in lava cave ecosystem, Lawa and Lorong Kereta Cave

Sufraha Islamia^{1*}, Dwindi M Putri²

¹⁾ *Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada*

Jl. Teknik Selatan, Sekip Utara, Bulaksumur, Yogyakarta 55281, Indonesia

²⁾ *Pusat Riset Konservasi Tumbuhan, Kebun Raya dan Kehutanan. Badan Riset dan Inovasi Nasional*

Jl. Ir. H. Juanda No 13. Kota Bogor, Jawa Barat. 16122

*Email: sufrahaislamia@mail.ugm.ac.id

Diterima
2 Juni 2022

Disetujui
1 Maret 2023

INTISARI

Kelelawar menempati berbagai habitat sebagai lokasi bertenggernya, salah satu lokasi potensial adalah gua lava (lava tube). Gua merupakan ekosistem yang memiliki faktor lingkungan spesifik namun rentan terhadap kerusakan akibat aktivitas manusia. Perubahan lingkungan yang terjadi di dalam gua berpotensi mengganggu aktivitas bertengger kelelawar di dalam gua, sehingga dapat menyebabkan penurunan populasi kelelawar. Ekosistem gua lava digunakan sebagai lokasi bertengger oleh kelelawar namun masih sedikit informasi mengenai keragaman kelelawar dan faktor lingkungan gua yang berpengaruh terhadap keragamannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keragaman dan kelimpahan kelelawar dan hubungannya dengan faktor lingkungan. Pencuplikan kelelawar dilakukan melalui pemasangan jaring kabut di depan pintu masuk gua untuk mendapatkan data kelimpahan dan kekayaan spesies kelelawar. Kekayaan spesies dan indeks diversitas dianalisis menggunakan program SpadeR (*Species-Richness Prediction and Diversity Estimation with R*), sedangkan analisis hubungan antara faktor lingkungan terhadap keragaman kelelawar dianalisis menggunakan korelasi Spearman menggunakan Rstudio 4.1.1. Kelelawar yang didapatkan merupakan kelelawar pemakan serangga yang terdiri dari tiga famili (Vespertilionidae, Rhinolophidae, dan Hipposideridae). Jumlah spesies yang didapatkan sebanyak tujuh spesies dengan total 121 individu tertangkap, yaitu *Miniopterus australis*, *Rhinolophus affinis*, *R. pusillus*, *R. canuti*, *Hipposideros ater*, *H. diadema*, dan *H. larvatus*. Kelembapan adalah faktor lingkungan yang berkorelasi positif signifikan ($p < 0.01$) terhadap kekayaan spesies dan kelimpahan kelelawar di ekosistem gua lava. Keragaman kelelawar di ekosistem gua lava yang relatif tinggi ($H^2 = 1.4 \pm 0.1$, $H^1 = 1.2 \pm 0.1$), menandakan bahwa lingkungan gua masih menjadi pilihan kelelawar sebagai lokasi bertengger, meskipun kedua gua di dalam ekosistem ini mengalami gangguan berupa kunjungan manusia akibat kegiatan wisata.

Kata kunci: gua wisata, kekayaan spesies kelelawar, kelimpahan kelelawar, lava tube

ABSTRACT

Bats occupy various habitats as their roosting sites, and cave is one of the potential habitat for their roosting site. Caves ecosystems have specific environmental parameters but are vulnerable to anthropogenic activities. Bat population continues to decline because of cave's damages eliminate its potential as bat roosting location. The diversity of bats in the lava cave ecosystem and the influence of environmental parameters on the presence of bats are not yet studied. Therefore, this study aims to determine the diversity of bats and the relationship of environmental factors to species richness and abundance of bats in the lava cave ecosystem. The installation of mist nets in front of the cave entrance was carried out to obtain data on bats' abundance and

species richness. Species richness and diversity index were analyzed using SpadeR (Species-Richness Prediction and Diversity Estimation with R) program, while the influence of environmental factors on bat diversity was analyzed using Spearman correlation at Rstudio 4.1.1. Bats recorded in this study belongs to three family (Vespertilionidae, Rhinolophidae, and Hipposideridae). There were seven species with the total abundance of 121 bats, namely *Miniopterus australis*, *Rhinolophus affinis*, *R. pusillus*, *R. canuti*, *Hipposideros ater*, *H. diadema*, and *H. larvatus*. Humidity is positively correlated with species richness and abundance of bats in the lava cave ecosystem ($p < 0.01$). The high diversity of bats in the lava cave ecosystem indicates that the cave environment is suitable for bats needed as a roosting location, despite the two caves in this ecosystem are experiencing disturbances from human visits due to tourism activities.

Keywords: bat species richness, bat abundance, cave tourism, lava tube

PENDAHULUAN

Kelelawar memiliki fungsi penting dalam ekosistem, yaitu menyediakan jasa lingkungan bagi manusia. Kelelawar pemakan buah atau Megachiroptera berfungsi sebagai penyebar biji dan polinator, sedangkan kelelawar pemakan serangga atau Microchiroptera berfungsi sebagai pengendali populasi serangga (Hutson et al., 2001). Oleh karena itu, kehadiran kelelawar berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem suatu kawasan (Wiantoro, 2012).

Kelelawar hidup pada berbagai macam tipe habitat yaitu hutan dengan kanopi pohon yang tinggi, perkebunan, dan gua (Medellín et al., 2000). Preferensi habitat yang dipilih oleh kelelawar adalah berdasarkan struktur fisik, iklim mikro, ketersediaan pakan dan sumber air (Wijayanti & Maryanto, 2017a). Salah satu habitat yang banyak dihuni oleh kelelawar adalah gua (Kunz et al., 2011). Gua memiliki karakter spesifik, yaitu terbatasnya cahaya, suhu yang stabil, dan kelembaban yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan ekosistem lainnya. Kondisi spesifik ini menyebabkan organisme penghuni gua sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan (Voigt & Kingston, 2015).

Salah satu faktor penentu keberadaan kelelawar di dalam gua adalah kondisi iklim mikro (Furey et al., 2010). Kelembapan, suhu, cahaya, air, kadar oksigen dan karbondioksida, serta aliran udara merupakan iklim mikro gua yang berpengaruh terhadap komposisi jenis kelelawar yang bertengger di dalamnya (Baudinette et al., 2000; Luo et al., 2013). Lebih lanjut, iklim mikro gua yang dihuni dengan gua yang tidak dihuni kelelawar memiliki perbedaan karakteristik (Quibod et al., 2019; Torquetti et al., 2017). Gua yang dihuni kelelawar umumnya memiliki temperatur dan kelembaban lebih tinggi dibandingkan dengan gua yang tidak dihuni kelelawar (Arita, 1996; Torquetti et al., 2017).

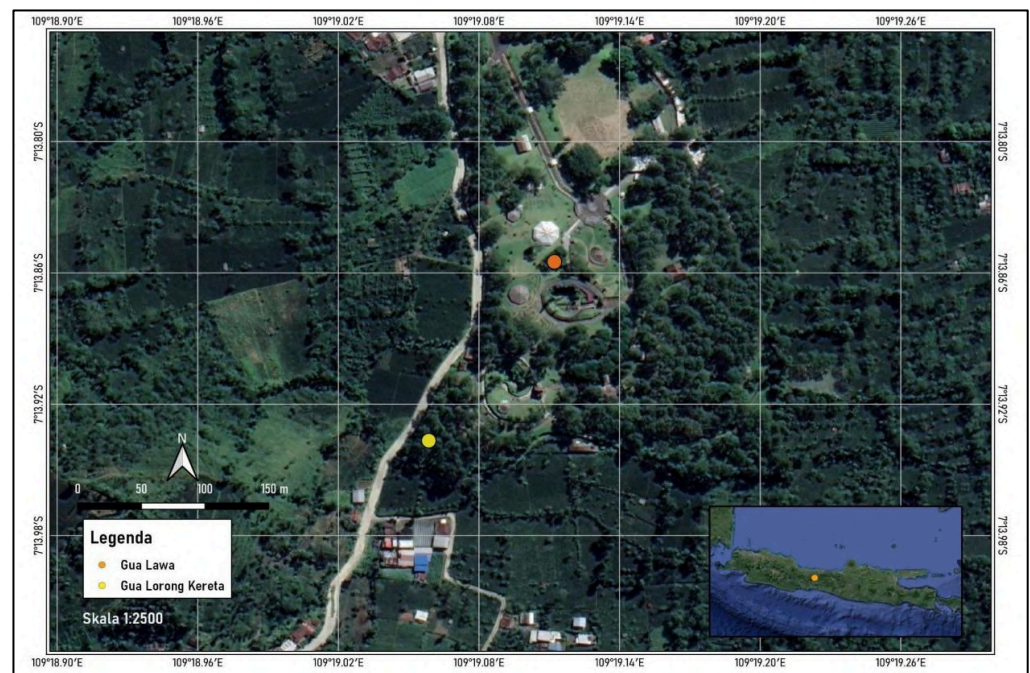
Berdasarkan letak dan batuan pembentuknya, gua dapat dibedakan menjadi gua karst, gua es, gua pasir, gua lava dan lain-lain (Wijayanti, 2011). Gua lava adalah gua yang tersusun oleh batuan beku vulkanik hasil aktivitas lelehan lava yang akhirnya membentuk *lava tube* atau lorong lava. Gua yang terbentuk oleh lelehan lava hanya dapat ditemukan di sekitar gunung vulkanik yang aktif, yaitu di Gua kawasan Gunung Batur, Bali dan kawasan Gua Lawa, Purbalingga (Maryanto, 2016). Kawasan Gua Lawa, Purbalingga terdiri dari 2 gua yaitu Gua Lawa dan Gua Lorong Kereta. Kedua gua ini merupakan salah satu kawasan gua yang terbentuk akibat aliran lava hasil aktivitas Gunung Slamet. Gua Lawa dimanfaatkan sebagai lokasi pariwisata pengunjung umum, sedangkan Gua Lorong Kereta dimanfaatkan sebagai lokasi pariwisata pengunjung minat khusus (Kamil & Pertiwi, 2013). Selain adanya aktivitas pengunjung, lingkungan fisik ekosistem Gua Lawa juga mengalami perubahan dari keadaan aslinya akibat pembangunan sarana penunjang pariwisata, berbeda dengan Gua Lorong Kereta yang dibiarkan alami.

Penelitian mengenai keragaman kelelawar banyak dilaksanakan di kawasan karst (Asriadi, 2010; Wiantoro, 2012; Wijayanti & Maryanto, 2017); namun penelitian mengenai biota gua di ekosistem gua lava belum pernah dilakukan. Lebih lanjut, data keragaman kelelawar dan karakteristik lokasi bertengger kelelawar penting untuk diketahui mengingat fungsi gua yang digunakan sebagai lokasi bertengger kelelawar saat ini dimanfaatkan sebagai lokasi wisata. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keragaman kelelawar ordo Chiroptera pada ekosistem gua lava, serta mengetahui korelasi parameter lingkungan terhadap keragaman kelelawar di ekosistem gua lava.

MATERI DAN METODE

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada April-Juni 2016 di Gua Lawa dan Gua Lorong Kereta, Purbalingga, Jawa Tengah. Gua Lawa terletak pada koordinat geografis $109^{\circ}31'08.51''$ BT dan $07^{\circ}23'09.20''$ LS, dengan elevasi ketinggian 953 m dpl, sedangkan Gua Lorong Kereta terletak pada koordinat $109^{\circ}19'03.47''$ BT dan $07^{\circ}13'56.2''$ LS dengan ketinggian 948 m dpl, dan ditumbuhi oleh tanaman paku-pakuan serta semak pada bagian mulut gua. Gua Lawa dan Gua Lorong Kereta memiliki bentuk lorong yang kompleks, karena ditemukan banyak percabangan lorong dan saling tumpang tindih antar satu lorong dengan yang lain. Gua Lawa dengan panjang 1190 m digunakan sebagai tempat wisata umum, sedangkan Gua Lorong Kereta dengan panjang 311 m dan menjadi tempat wisata minat khusus. Gua Lorong Kereta dimanfaatkan sebagai Gua wisata minat khusus karena kondisi gua yang masih alami dan tingkat kesulitannya lebih tinggi daripada Gua Lawa (Kamil & Pertiwi, 2013).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di kawasan wisata Gua Lawa, Purbalingga, Jawa Tengah

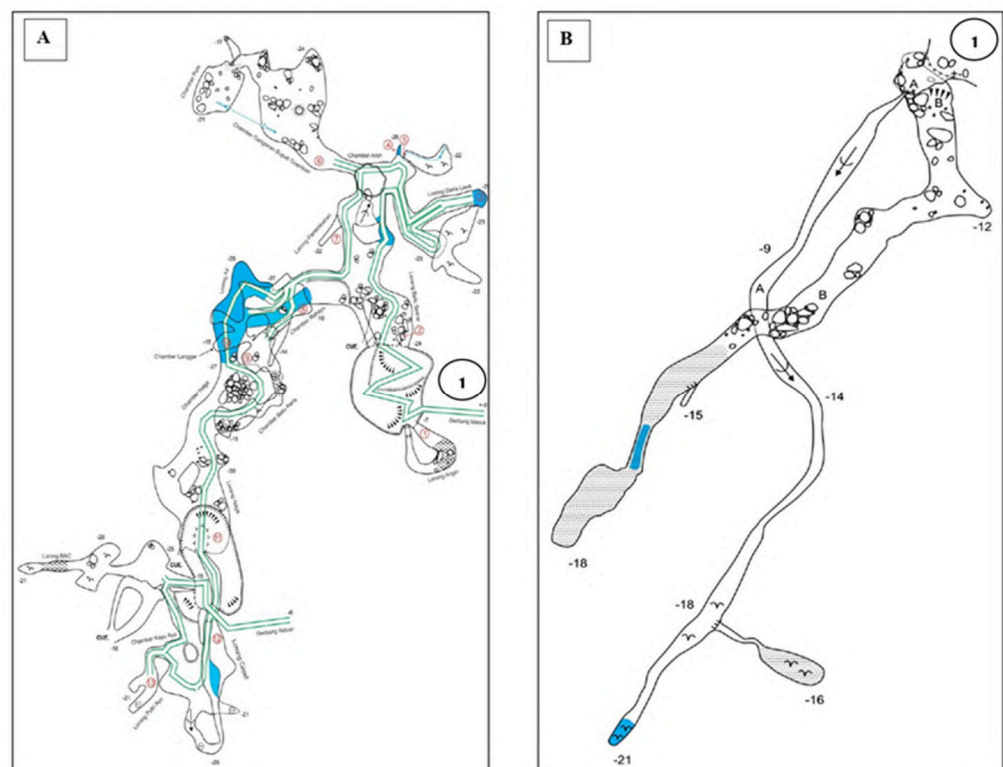
Bahan dan alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah jaring kabut (*mist net*) dengan panjang 12 x 3 m, tali rafia, *Global Positioning System* (GPS), kantong blacu 40 x 30 cm, kantong plastik, *head lamp*, kaca pembesar, kamera, sarung tangan, masker, jangka sorong digital krisbow, *thermo-hygrometer HTC-1*, *lux*

meter Lutron LX-113S , nampan, *syringe* 3 ml, kertas label kalkir, benang, alat tulis dan penggaris. Bahan yang digunakan adalah kelelawar, kapas, alkohol 70%, kloroform, dan formalin 10%.

Metode

Data keragaman kelelawar diambil menggunakan perangkap jaring kabut yang dipasang di depan mulut gua (*cave entrance*). Pemasangan jaring kabut dilakukan pada pukul 16.00-17.00 WIB sebelum matahari terbenam (Kunz, 1988). Pengambilan kelelawar yang terperangkap di jaring kabut dilakukan pukul 18.00-21.00 WIB. Kelelawar yang terjatuh pada *mist net* selanjutnya dilepaskan dari jaring dan dimasukkan ke dalam kantong blacu kemudian diberi keterangan waktu sesuai pencuplikan kelelawar. Estimasi perhitungan kelimpahan kelelawar dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan, dihitung berdasarkan kelelawar yang tertangkap di *mist net* pada setiap pengambilan sampel. Identifikasi kelelawar dilakukan menggunakan buku identifikasi kelelawar di Indonesia, Suyanto (2001). Pengukuran ukuran tubuh dan morfologi kelelawar diukur dari telinga, panjang total tubuh kelelawar, lengan bawah, tibia, telapak kaki, dan ekor. Kelelawar yang memerlukan identifikasi lanjutan, diambil sebagai spesimen dengan cara diawetkan menggunakan alkohol dan formalin 10%, untuk diidentifikasi berdasarkan bentuk tengkoraknya (Suyanto, 2001). Pengukuran parameter lingkungan gua dilakukan dengan menggunakan *termohygrometer* untuk pengukuran temperatur dan kelembapan, serta *lux meter* untuk mengukur intensitas cahaya.



Gambar 2. Peta Pemasangan *mist net* pada mulut gua ditandai dengan nomor 1. (A) Gua Lawa, (B) Gua Lorong Kereta. Skala 1:250. Sumber peta: Kamil dan Pertiwi (2015).

Analisis data

Keragaman kelelawar dianalisis melalui data kekayaan spesies dan kelimpahan kelelawar di masing-masing gua. Data kekayaan spesies kelelawar

diestimasi menggunakan *abundance-based coverage estimator* (ACE) berdasarkan data komposisi spesies kelelawar di masing-masing gua (Chao & Lee, 1992), sedangkan indeks *Shannon entropy* untuk diversitas kelelawar diestimasi menggunakan estimator Chao and Shen (Chao & Shen, 2003). Kemiripan komposisi spesies di kedua gua dianalisis menggunakan indeks Morisita-Horn untuk mengetahui perbedaan komposisi yang didapatkan. Ketiga analisis ini dilakukan menggunakan program SpadeR (*Species-Richness Prediction and Diversity Estimation with R*) (Chao et al., 2016). Korelasi antara faktor lingkungan dengan kekayaan spesies dan kelimpahan kelelawar di ekosistem gua lava dianalisis menggunakan korelasi *Spearman*. Analisis korelasi dilakukan menggunakan program R Studio 4.1.1 (R Core Team, 2021).

HASIL

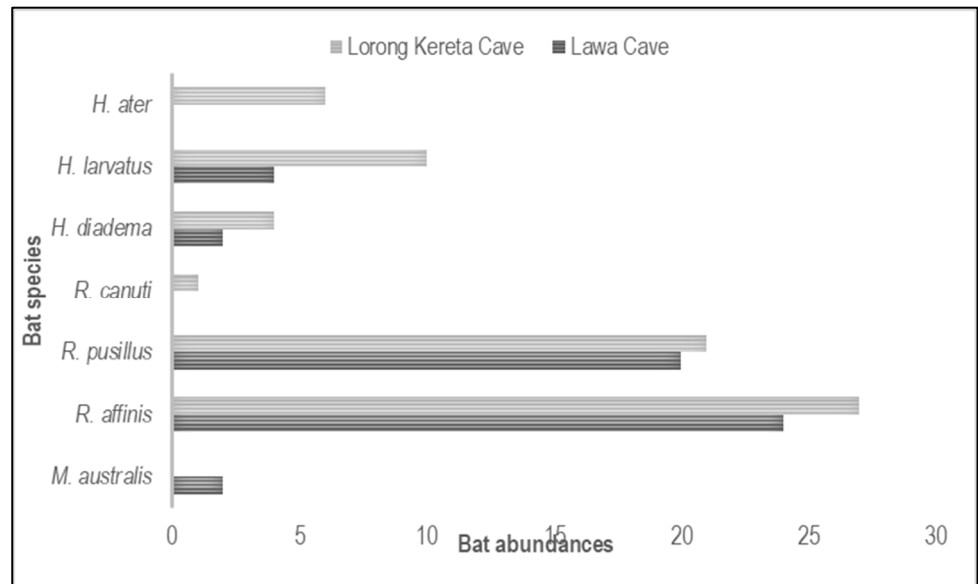
Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan tujuh spesies kelelawar Microchiroptera yang terdiri dari 3 famili dengan kelimpahan sejumlah 121 individu kelelawar yang tertangkap (Tabel 1). Spesies kelelawar yang didapatkan didominasi oleh spesies dari famili Rhinolophidae, yaitu *Rhinolophus affinis* (42.14%). Spesies yang paling sedikit ditemukan adalah *Rhinolophus canuti* 0.82%. Spesies *Miniopterus australis* hanya ditemukan di Gua Lawa, sedangkan *R. canuti* dan *Hipposideros ater* hanya ditemukan di Gua Lorong Kereta (Gambar 3).

Estimasi kekayaan spesies dan indeks diversitas di kedua gua menunjukkan bahwa Gua Lorong Kereta ($S=6.5\pm 1.2$, $H'=1.4\pm 0.1$) memiliki nilai lebih tinggi dibanding Gua Lawa ($S=5.0\pm 0.5$, $H'=1.2\pm 0.1$) (Gambar 4). Tingkat kemiripan komposisi spesies di antara kedua gua sebesar 0.99.

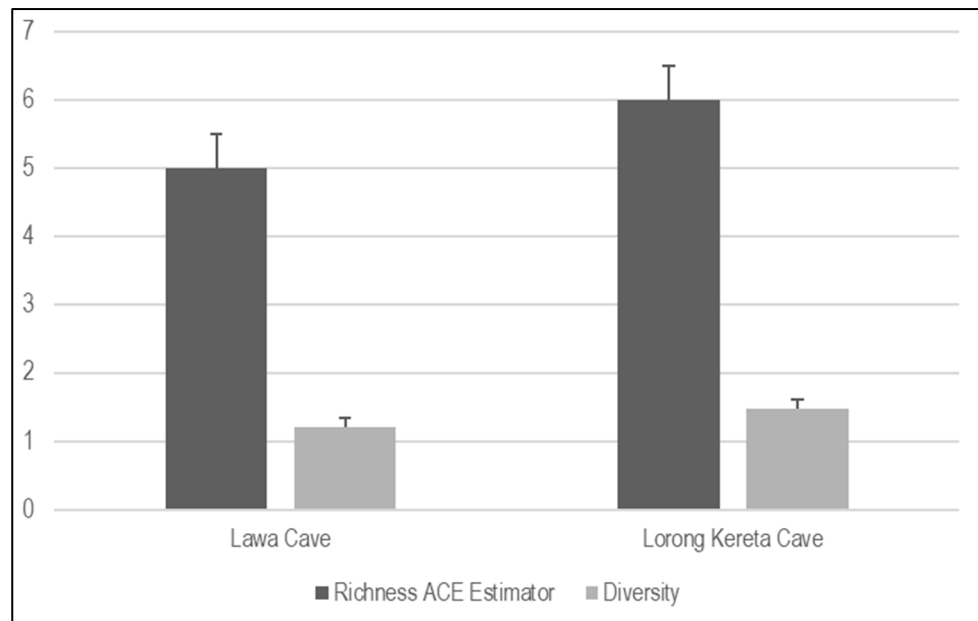
Hasil pengukuran parameter abiotik pada Gua Lawa dan Gua Lorong Kereta menunjukkan tidak ada perbedaan yang besar di kedua gua tersebut (Tabel 2). Hasil uji korelasi *Spearman* antara kekayaan spesies dan kelimpahan kelelawar dengan faktor lingkungan gua menunjukkan korelasi signifikan positif dengan tingkat kepercayaan 95% antara kelembapan dengan kekayaan spesies ($R=0.97$, $p=0.01$) dan kelimpahan kelelawar ($R=0.99$, $p<0.01$) (Tabel 3).

Tabel 1. Spesies kelelawar Microchiroptera yang dijumpai pada Gua Lawa dan Gua Lorong Kereta

No	Famili	Spesies	Kelimpahan individu kelelawar	
			Gua Lawa	Gua Lorong Kereta
1	Vespertilionidae	<i>Miniopterus australis</i>	2	-
2	Rhinolophidae	<i>Rhinolophus affinis</i>	24	27
		<i>Rhinolophus pussilus</i>	20	21
		<i>Rhinolophus canuti</i>	-	1
3	Hipposideridae	<i>Hipposideros diadema</i>	2	4
		<i>Hipposideros larvatus</i>	4	10
		<i>Hipposideros ater</i>	-	6



Gambar 3. Spesies dan kelimpahan kelelawar di ekosistem gua lava, kawasan Gua Lawa



Gambar 4. Estimasi kekayaan spesies dan diversitas kelelawar di ekosistem gua lava, kawasan Gua Lawa

Tabel 2. Hasil rerata pengukuran dan standar deviasi parameter abiotik di Gua Lawa dan Gua Lorong Kereta.

Gua	Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Intensitas Cahaya (klux/m)
Lawa	22±0.82	93.25±0.71	0.02±0.008
Lorong Kereta	22.5±0.42	94.75±0.93	0.01±0.008

Tabel 3. Hasil korelasi *Spearman* antara kekayaan spesies dan kelimpahan kelelawar dengan faktor lingkungan gua. Hasil signifikan pada $p < 0.001$ ditandai dengan ***, $p < 0.01$ ditandai dengan **

Faktor lingkungan gua	Kekayaan spesies kelelawar			Kelimpahan kelelawar		
	R	S	p	R	S	p
Suhu	0.77	7.95	0.36	0.72	9.92	0.38
Kelembapan	0.97	1.01	0.01**	0.99	0.50	0.001***
Intensitas cahaya	-0.67	58.33	0.38	-0.82	63.73	0.32

R: rho, S: Spearman, p: nilai probabilitas.

PEMBAHASAN

Empat spesies kelelawar yang ditemukan pada penelitian ini adalah penemuan baru yang belum tercatat di ekosistem Gua Lawa sesuai dengan laporan oleh Kamil & Pertiwi (2015) yaitu, *Miniopterus australis*, dan semua kelelawar yang ditemukan merupakan kelelawar insektivora, didominasi oleh famili Rhinolophidae dan Hipposideridae dengan jumlah tiga spesies pada masing-masing famili. Beberapa laporan menyebutkan bahwa kelelawar Microhiroptera dari famili Rhinolophidae, Hipposideridae dan Vespertilionidae merupakan yang paling umum ditemukan di dalam gua (Wijayanti & Maryono, 2017; Quibod et al. 2019). Spesies yang ditemukan didominasi oleh spesies dari famili Rhinolophidae, terutama *Rhinolopus affinis*. Spesies ini juga dilaporkan oleh Niu et al., (2007) sebagai spesies yang paling melimpah dan umum ditemukan di gua-gua karst di China. Spesies ini memiliki kemampuan bertahan hidup yang lebih tinggi dibanding spesies lainnya sehingga dapat ditemukan di dalam gua yang memiliki disturbansi dan lokasi bertengger yang lebih bervariasi (Sedlock et al., 2014). Selain *R. affinis*, *R. pusillus* juga ditemukan paling melimpah di kedua gua. Spesies ini juga banyak ditemukan persebarannya di kawasan karst Gunung Sewu (Margiyanti, 2020). Kedua spesies ini ditemukan dalam jumlah yang melimpah di kedua gua kemungkinan disebabkan kesesuaian lingkungan gua mendukung kebutuhan hidup mereka meskipun gua memiliki disturbansi akibat kegiatan wisata, seperti yang dilaporkan Sia et al., (2015) yang menyatakan bahwa populasi *R. affinis* dapat bertahan hidup di gua wisata yang mudah diakses oleh manusia.

Rhinolophus canuti merupakan spesies kelelawar yang saat ini berstatus rentan (*vulnerable*) khususnya Jawa dan Bali, sedangkan enam spesies sisanya dikategorikan sebagai “*least concern*” sesuai klasifikasi IUCN Red List (IUCN, 2021). Spesies *R. canuti* adalah spesies obligat yang hanya ditemukan bertengger di gua, terutama gua di kawasan karst dan tidak ditemukan bertengger di habitat lainnya (Sagot & Chaverri, 2015). Penurunan populasi *R. canuti* setiap tahunnya disebabkan kerusakan gua akibat aktivitas manusia berupa kegiatan pertambangan dan wisata di dalam gua. Indikasi ketersediaan pakan yang masih melimpah di sekitar gua diduga menyebabkan lebih banyak ditemukannya kelelawar pemakan serangga dibanding kelelawar pemakan buah dalam penelitian ini. Wijayanti (2011) melaporkan beberapa spesies kelelawar yang juga ditemukan dalam penelitian ini dapat mengonsumsi lebih dari satu famili serangga, yaitu *H. diadema* dan *R. affinis* yang dapat mengonsumsi lebih dari lima famili serangga, dan *M. australis* yang mampu mengonsumsi hingga enam famili serangga. Kemampuan konsumsi serangga dalam jumlah besar oleh kelelawar berkontribusi besar dalam mengurangi penggunaan pestisida di kawasan pertanian (Clements et al., 2006).

Kekayaan spesies dan indeks diversitas lebih tinggi ditemukan di Gua Lorong Kereta. Dibanding Gua Lawa, Gua Lorong Kereta mengalami gangguan yang lebih minim. Hal ini sesuai dengan yang disampaikan Luo et al., (2013) yang menyatakan bahwa gua yang tidak mengalami banyak gangguan mendukung lebih banyak spesies kelelawar yang bertengger di dalamnya. Tingginya keragaman kelelawar dalam suatu gua menurut Deleva & Chaverri, (2018); Phelps et al., (2016); Wijayanti & Maryanto, (2017) disebabkan faktor-faktor pendukung kehidupan kelelawar berupa faktor abiotik yaitu, suhu, kelembaban, dan struktur fisik pada gua tersebut lebih mendukung perkembangan populasi kelelawar. Selain itu, lebih minimnya gangguan aktivitas manusia di dalam Gua Lorong Kereta turut mengurangi kebisingan. Tingginya aktivitas manusia dari kegiatan wisata berpengaruh terhadap fluktuasi peningkatan suhu, kelembaban, dan tingkat karbondioksida di dalam gua (Arita, 1996; Song et al., 2000; Zhang et al., 2009). Perubahan struktur fisik gua akibat pembangunan fasilitas wisata di dalam gua juga berpengaruh terhadap gangguan yang muncul pada lokasi bertengger kelelawar (Zhang et al., 2009; Quibod et al., 2019). Menurut Altringham, (1996) kondisi gua yang jauh dari kebisingan, dan faktor lingkungan yang stabil lebih sesuai sebagai tempat beristirahat dan bereproduksi kelelawar.

Kelembaban berkorelasi positif signifikan dengan kekayaan spesies dan kelimpahan kelelawar di ekosistem gua lava. Kelembaban yang tinggi juga berpengaruh terhadap pemilihan lokasi bertengger bagi kelelawar gua. Menurut Baudinette et al., (2000) gua dengan kelembaban tinggi membantu menjaga kelelawar yang memiliki membran sayap yang tipis dari kekeringan. Hal ini menyebabkan kelelawar yang memiliki membran sayap yang lebih tipis, terutama Microchiroptera, lebih memilih bertengger di gua dengan kelembaban tinggi. Tingkat kelembaban yang tinggi di dalam gua disebabkan oleh porositas air pada dinding dan atap gua, serta adanya aliran air di dalam gua (Barros et al., 2020; Rajasegaran et al., 2018; Wijayanti & Maryanto, 2017). Hasil yang sama juga dilaporkan oleh (Phelps et al., 2016) yang menyatakan bahwa beberapa spesies dari genus *Rhinolophus*, dan *H. diadema*, yang ditemukan di gua-gua kawasan karst Pulau Bohol, Filipina, berkorelasi positif dengan peningkatan suhu dan kelembaban.

Keberadaan ekosistem gua lava di Purbalingga sangat penting sebagai lokasi bertengger kelelawar dilihat dari keragaman kelelawar yang ditemukan di kawasan ini. Beberapa penelitian keragaman kelelawar yang sudah dilaksanakan sebelumnya, melaporkan ditemukannya enam spesies kelelawar di ekosistem karst Ciampea (Ikranegara et al., 2015), enam spesies kelelawar di ekosistem karst Gunung Kendeng (Tamasuki et al., 2016), dan 11 spesies kelelawar di kawasan karst Gombong Selatan (Asriadi, 2010). Meskipun data keragaman kelelawar pada penelitian ini berada di ekosistem gua lava, hasil keragamannya relatif tinggi jika dibandingkan dengan beberapa penelitian keragaman kelelawar sebelumnya. Hal ini menandakan bahwa gua-gua di ekosistem gua lava memiliki potensi sebagai lokasi bertengger yang sesuai dan dipilih oleh kelelawar untuk melakukan siklus hidupnya.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa keragaman kelelawar di ekosistem gua lava relatif tinggi dengan ditemukannya tujuh spesies kelelawar pemakan serangga, yaitu *Rhinolophus canuti*, *R. affinis*, *R. pusilus*, *Hipposideros ater*, *H. larvatus*, *H. diadema*, dan *Miniopterus australis*. Satu diantaranya berstatus rentan yaitu *Rhinolophus canuti*. Empat dari tujuh spesies yang ditemukan

merupakan penemuan baru di ekosistem gua lava, kawasan Gua Lawa. Parameter lingkungan yang memiliki korelasi signifikan positif terhadap kekayaan spesies dan kelimpahan kelelawar di dalam gua adalah kelembaban udara ($p < 0.01$). Hal ini menunjukkan adanya peningkatan kekayaan spesies dan kelimpahan kelelawar di dalam gua berkorelasi dengan kelembaban yang semakin tinggi. Kelembaban udara sangat dipengaruhi oleh aktivitas manusia di dalam gua, untuk itu perlu dilakukan upaya konservasi gua dan pembatasan jumlah wisatawan gua agar kekayaan spesies kelelawar di gua tidak mengalami penurunan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dinas Pariwisata Purbalingga yang sudah mengizinkan penulis untuk bisa melaksanakan penelitian dengan baik, kepada pengelola kawasan wisata Gua Lawa, dan Bapak Sigit Wiantoro, M.Sc selaku peneliti ahli di bidang taksonomi dan ekologi kelelawar yang sudah membantu identifikasi dan verifikasi spesies kelelawar yang penulis dapatkan.

KEPUSTAKAAN

- Altringham JD. 1996. *Bats. Biology and Behaviour*. Oxford University: New York
- Arita HT. 1996. The conservation of cave-roosting bats in Yucatan, Mexico. *Biological Conservation* **76(2)**: 177–185. DOI: 10.1016/0006-3207(95)00105-0
- Asriadi A. 2010. Kelimpahan, Sebaran Dan Keanekaragaman Jenis Kelelawar (Chiroptera) Pada Beberapa Gua Dengan Pola Pengelolaan Berbeda Di Kawasan Karsat Gombong Jawa Tengah.
- Barros J de S, Bernard E, Ferreira RL. 2020. Ecological preferences of neotropical cave bats in roost site selection and their implications for conservation. *Basic and Applied Ecology* **45**: 31–41. DOI: 10.1016/j.baec.2020.03.007
- Baudinette R V., Churchill SK, Christian KA, Nelson JE, Hudson PJ. 2000. Energy, water balance and the roost microenvironment in three Australian cave-dwelling bats (Microchiroptera). *Journal of Comparative Physiology - B Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology* **170(5–6)**: 439–446. DOI: 10.1007/s003600000121
- Chao A, Lee SM. 1992. Estimating the number of classes via sample coverage. *Journal of the American Statistical Association* **87(417)**: 210–217. DOI: 10.1080/01621459.1992.10475194
- Chao A, Ma KH, Hsieh TC, Chiu CH. 2016. A brief introduction to Spader (R package): species-richness prediction and diversity estimation. **26**: 1–7
- Chao A, Shen TJ. 2003. Nonparametric estimation of Shannon's index of diversity when there are unseen species in sample. *Environmental and Ecological Statistics* **10(4)**: 429–443. DOI: 10.1023/A:1026096204727
- Clements R, Sodhi NS, Schilthuizen M, Ng PKL. 2006. Limestone karsts of southeast Asia: Imperiled arks of biodiversity. *BioScience* **56(9)**: 733–742. DOI: 10.1641/0006-3568(2006)56[733:LKOSAI]2.0.CO;2
- Deleva S, Chaverri G. 2018. Diversity and conservation of cave-dwelling bats in the Brunca region of Costa Rica. *Diversity* **10(2)**. DOI: 10.3390/D10020043
- Furey NM, Mackie IJ, Racey PA. 2010. Bat diversity in Vietnamese limestone karst areas and the implications of forest degradation. *Biodiversity and Conservation* **19(7)**: 1821–1838. DOI: 10.1007/s10531-010-9806-0
- Hutson AM, Mickleburgh SP, Racey PA. 2001. *Microchiropteran Bats: Global Status Survey and Conservation Action Plan*. *Oryx*. DOI: 10.1046/j.1365-3008.2001.0210d.x
- Ikranegara RDF, Pamungkas RP, Hasanah U, Broto RIW, Erviana A, Rhozman MF, Yuliatingsih SS. 2015. Inventarisasi Keanekaragaman Jenis Kelelawar (Chiroptera) Penghuni Gua di Kawasan Karst Ciampea, Jawa Barat, Indonesia. *Jurnal Pendidikan Biologi Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta*
- IUCN. 2021. *The IUCN Red List of Threatened Species*.
- Kamil MS., Pertiwi IB. 2013. *Identifikasi dan Penggalan Potensi Geologi, Speleologi, dan Biospeleologi Gua Lawa dan Sekitarnya*.
- Kunz TH. 1988. *Ecological and Behavioural Methods for Study of Bats*. Smithsonian Institute Press: Washington DC

- Kunz TH, de Torrez EB, Bauer D, Lobova T, Fleming TH. 2011. Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences* **1223**(1): 1–38. DOI: 10.1111/j.1749-6632.2011.06004.x
- Luo J, Jiang T, Lu G, Wang L, Wang J, Feng J. 2013. Bat conservation in China: Should protection of subterranean habitats be a priority? *Oryx* **47**(4): 526–531. DOI: 10.1017/S0030605311001505
- Margiyanti E. 2020. Identifikasi Kelelawar Pemakan Serangga (Microchiroptera) di Gua Groda, Kawasan Karst Gunung Sewu, Gunungkidul, Yogyakarta. *Panangkaran: Jurnal Penelitian Agama dan Masyarakat* **3**(2): 263. DOI: 10.14421/panangkaran.2019.0302-08
- Maryanto I. 2016. *Ekologi Gunung Slamet*.
- Medellín RA, Equihua M, Amin MA. 2000. Bat diversity and abundance as indicators of disturbance in neotropical rainforest. *Conservation Biology* **14**(6): 1666–1675. DOI: 10.1046/j.1523-1739.2000.99068.x
- Niu H, Wang N, Zhao L, Liu J. 2007. Distribution and underground habitats of cave-dwelling bats in China. *Animal Conservation* **10**(4): 470–477. DOI: 10.1111/j.1469-1795.2007.00136.x
- Phelps K, Jose R, Labonite M, Kingston T. 2016. Correlates of cave-roosting bat diversity as an effective tool to identify priority caves. *Biological Conservation* **201**: 201–209. DOI: 10.1016/j.biocon.2016.06.023
- Quibod MNRM, Alviola PA, de Guia APO, Cuevas VC, Lit IL, Pasion BO. 2019. Diversity and threats to cave-dwelling bats in a small island in the southern Philippines. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity* **12**(4): 481–487. DOI: 10.1016/j.japb.2019.06.001
- R Team Core. 2021. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria
- Rahmadi C. 2002. Keanekaragaman Fauna Gua, Gua Ngerong, Tuban, Jawa Timur. *Zoo Indonesia - Jurnal Fauna Tropika* **29**: 19–27
- Rajasegaran P, Shazali N, Khan FAA. 2018. Microclimate and Physiological Effects in the Roosts of Cave Dwelling Bats: Implications in Roost Selection and Conservation in Sarawak, Malaysian Borneo. *Zoological Science* **35**(6): 521–527. DOI: 10.2108/zs170144
- Sagot M, Chaverri G. 2015. Effects of roost specialization on extinction risk in bats. *Conservation Biology* **29**(6): 1666–1673. DOI: 10.1111/cobi.12546
- Sedlock JL, Jose RP, Vogt JM, Paguntalan LMJ, Cariño AB. 2014. A survey of bats in a karst landscape in the central Philippines. *Acta Chiropterologica* **16**(1): 197–211. DOI: 10.3161/150811014X683390
- Suyanto A. 2001. *Kelelawar di Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Biologi. LIPI: Bogor
- Tamasuki K, Wijayanti F, Fitriana N. 2016. Komunitas Kelelawar (Ordo Chiroptera) di Beberapa Gua Karst Gunung Kendeng Kabupaten Pati Jawa Tengah. *AL-Kaunyah: Jurnal Biologi* **8**(2): 88–100. DOI: 10.15408/kaunyah.v8i2.2694
- Torquetti CG, Silva MX, Talamoni SA. 2017. Differences between caves with and without bats in a Brazilian karst habitat. *Zoologia* **34**: 1–7. DOI: 10.3897/zoologia.34.e13732
- Voigt C, Kingston T. 2015. *Bats in the anthropocene: Conservation of bats in a changing world. Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World*. DOI: 10.1007/978-3-319-25220-9
- Wiantoro S. 2012. Diversity and Roosting Characteristic of Bats in Buni Ayu Cave , Sukabumi Limestone Area , West Java. *Zoo Indonesia* **21**(1): 32–36
- Wijayanti F (IPB). 2011. Ekologi, relung pakan, dan strategi adaptasi kelelawar penghuni gua di karst gombang Kebumen Jawa Tengah. 1175
- Wijayanti F, Maryanto I. 2017. Diversity and pattern of nest preference of bat species at bat-dwelling caves in Gombang Karst, Central Java, Indonesia. *Biodiversitas* **18**(3): 864–874. DOI: 10.13057/biodiv/d180302

Laju degradasi limbah masker medis *surgical* dengan menggunakan tingkatan instar larva *Tenebrio molitor* yang berbeda

Degradation rate of the surgical medical mask waste using different levels of instar larvae *Tenebrio molitor*

Tri Alma Yunisa S*, Novia Gesriantuti, Nofripta Herlina

Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Muhammadiyah Riau, Jl. Tuanku Tambusai Ujung, Pekanbaru, Indonesia – 28290

*Email: 180202008@student.umri.ac.id

Diterima
26 Oktober 2022

Disetujui
6 April 2023

INTISARI

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan larva *T. molitor* pada tingkatan instar 4, 6 dan 8 dalam mendegradasi limbah masker medis *surgical* yang dicampur ampas tahu dan dedak padi serta melihat pertambahan bobot badan larva. Penelitian ini dilakukan secara eksperimen menggunakan Metode Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RALF) dengan 3 perlakuan dan 3 kali pengulangan masing-masing instar. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa Larva *T. molitor* pada instar 6 memiliki laju degradasi tertinggi yaitu 2,39 gr/hari dibandingkan instar 4 dan instar 8 dengan pakan masker yang dicampur dengan ampas tahu (P1). Sedangkan untuk laju degradasi terendah yaitu pada instar 4 yaitu sebesar 0,01 gr/hari, dengan pakan masker tanpa dicampur limbah organik. Pemberian pakan kombinasi pada larva menyebabkan perubahan yang signifikan terhadap bobot badan larva. Hubungan pakan yang terdegradasi dengan pertambahan bobot badan pada instar 4 dikategorikan sedang yaitu memiliki nilai korelasi (r) = 0,579 gr/hari dan instar 6 dikategorikan sedang juga karena memiliki nilai korelasi (r) = 0,509 gr/hari, sedangkan instar 8 memiliki korelasi (r) = 0,221 gr/hari dikatakan lemah dan tidak berpengaruh terhadap pertambahan bobot badan.

Kata kunci: Biodegradasi, Masker Medis Surgical, Tingkatan Instar

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the ability of *T. molitor* larvae at instar levels 4, 6 and 8 in degrading surgical medical mask waste mixed with tofu dregs and rice bran and to see the increase in body weight of the larvae. This research was conducted experimentally using the Completely Randomized Factorial Design Method (RALF) with 3 treatments and 3 repetitions of each instar. The results of this study showed that the larvae of *T. molitor* in instar 6 had the highest degradation rate of 2.39 g/day compared to instar 4 and instar 8 with mask feed mixed with tofu waste (P1). Meanwhile, the lowest degradation rate was in instar 4, which was 0.01 g/day, with mask feed without being mixed with organic waste. Combination feeding on the larvae causes a significant change in body weight of the larvae. The relationship between degraded feed and body weight gain in instar 4 was categorized as moderate which had a correlation value (r) = 0.579 g/day and instar 6 was categorized as moderate because it had a correlation value (r) = 0.509 g/day, while instar 8 has a correlation (r) = 0.221 g/day is said to be weak and has no effect on body weight gain.

Keywords: Biodegradation, Surgical Medical Mask, Instar Level

PENDAHULUAN

Masker telah menjadi kebutuhan bagi masyarakat dalam beraktivitas karena dinilai mampu melindungi diri dari pencemaran udara. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Aruan (2020), bahwa penggunaan masker medis *surgical* dapat melindungi dari bahaya polusi udara. Kriswibowo et al. (2021), menyatakan penggunaan masker secara terus menerus akan berdampak bagi lingkungan.

Masker medis *surgical* memiliki lapisan pelindung berserat yang terbuat dari material *polyolefin, polypropylene, polystyrene* dan bersifat hidrofobik *non-moven* (tidak ditenun) (Aruan, 2020; Dewi, 2016). Menurut Karnuastuti (2013), material seperti *polypropylene* dan *polystyrene* yang merupakan bahan polimer plastik yang membutuhkan waktu lama untuk terurai. Salah satu metode alternatif yang sering digunakan dalam menangani limbah plastik yaitu dengan cara biodegradasi, seperti menggunakan mikroorganisme (Pathak & Navneet, 2017). Selain mikroorganisme larva *Tenebrio molitor* juga dapat membantu proses penguraian limbah berbahan plastik seperti *styrofoam* (Manullang et al. 2018; Anisyah, 2020).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Lestari (2021), menunjukkan bahwa larva *T. molitor* pada tingkatan instar 3 mampu mendegradasi limbah masker medis *surgical* dengan laju degradasi 0,06 gr/21 hari. Hasil analisis korelasi antara jumlah pakan terdegradasi dengan pertambahan bobot badan larva masih menunjukkan adanya hubungan yang lemah ($r = 0,25$). Usaha untuk meningkatkan kemampuan larva *T. molitor* sebagai agen biodegradasi limbah masker medis *surgical* telah diteliti oleh Gesriantuti et al. (2022), didapatkan bahwa larva *T. molitor* lebih mampu mendegradasi limbah masker dengan penambahan limbah organik pada pakan masker.

Penggunaan larva *T. molitor* sebagai agen biodegradasi masker medis *surgical* pada penelitian sebelumnya adalah larva *T. molitor* instar 3 yang dinilai mampu mendegradasi masker medis *surgical*. Maka dari itu penulis melakukan penelitian tentang kemampuan larva *T. molitor* pada tingkatan instar 4, 6 dan 8 dalam mendegradasi limbah masker medis *surgical* yang dicampur dengan limbah organik.

MATERI DAN METODE

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2022 di Laboratorium Biologi, Fakultas MIPA dan Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Riau, Pekanbaru.

Rancangan penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RALF) dengan 3 perlakuan pada setiap instarnya dan 3 kali pengulangan pada masing-masing instarnya dengan perlakuan berdasarkan Tabel 1.

Tabel 1. Desain rancangan acak lengkap factorial pada penelitian

Instar larva	P1	P2	P3
4	5 gram MM+ 50 gram MA	5 gram MM + 50 gram MD	5 gram MM
6	5 gram MM+ 50 gram MA	5 gram MM + 50 gram MD	5 gram MM
8	5 gram MM+ 50 gram MA	5 gram MM + 50 gram MD	5 gram MM

Ket: MA : Masker + Ampas Tahu; MD : Masker + Dedak Padi; MM : Masker Medis

Tahapan persiapan

Larva dipisahkan berdasarkan instarnya yaitu instar 4, 6 dan 8 kemudian diaklimasi selama 3 hari di dalam ruangan perlakuan. Masker dipotong dengan ukuran 3 x 3 cm. Kemudian ditimbang masker sebanyak 5 gr dan limbah organik sebanyak 50 gr sebagai berat awal pakan. Larva dihitung sebanyak 175 larva sesuai instarnya dan ditimbang juga sebagai berat badan awal larva. Selanjutnya dilakukan penimbangan untuk mendapatkan data pakan terdegradasi dan perubahan berat badan/bobot badan larva yang dilakukan sebanyak 3 kali penimbangan selama 21 hari.

Analisis data

Data hasil penimbangan bobot badan dan pakan terdegradasi disajikan dalam bentuk tabel, gambar dan grafik. . Perubahan bobot badan larva, degradasi dan laju biodegradasi pakan dapat diketahui dengan rumus:

$$\text{Bobot badan} = [W_f - W_i]$$

$$\text{Degradasi} = [W_i - W_f]$$

$$\text{Laju biodegradasi (V)} = \frac{W_i - W_f}{\Delta t}$$

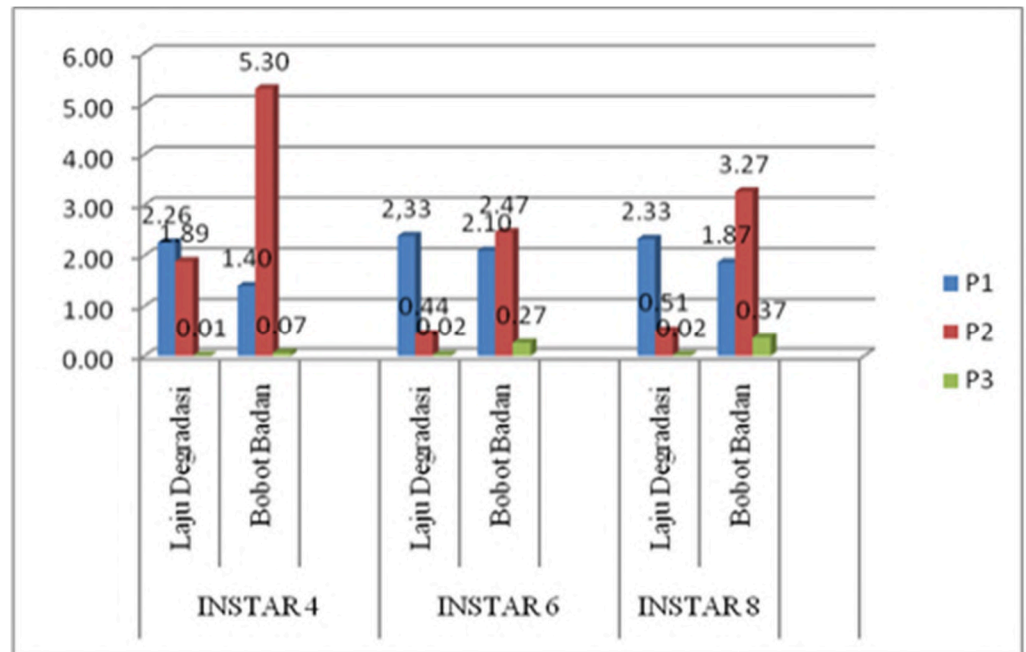
Keterangan : W_f = massa akhir (gr); W_i = massa awal (gr); Δt = Waktu yang dibutuhkan untuk biodegradasi; V= laju biodegradasi

Data perubahan bobot badan dan pakan yang terdegradasi dilakukan uji *One Way Analysis of Variance* (ANOVA) dan dilakukan uji *Least Significance Different* atau uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%. Data yang diperoleh dilakukan uji korelasi untuk mengetahui kekuatan hubungan antara korelasi pakan yang diberikan dengan penambahan bobot badan larva yang dianggap berpengaruh.

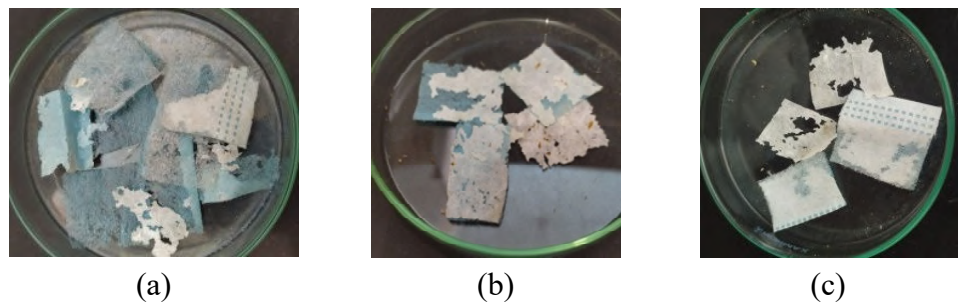
HASIL

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, data yang diperoleh adalah laju biodegradasi pakan dan penambahan bobot badan pada masing-masing instar 4, instar 6 dan instar 8, disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan grafik di atas, laju degradasi pakan larva *T. molitor* instar 6 mampu mendegradasi pakan P1 lebih banyak dibandingkan pakan P2 dan P3. Perubahan bobot badan larva pada instar 4, instar 6 dan instar 8 berbeda pada setiap pakannya. Perubahan bobot badan larva dengan pemberian pakan P2 pada setiap instarnya lebih tinggi dibandingkan pakan P1 dan P3.

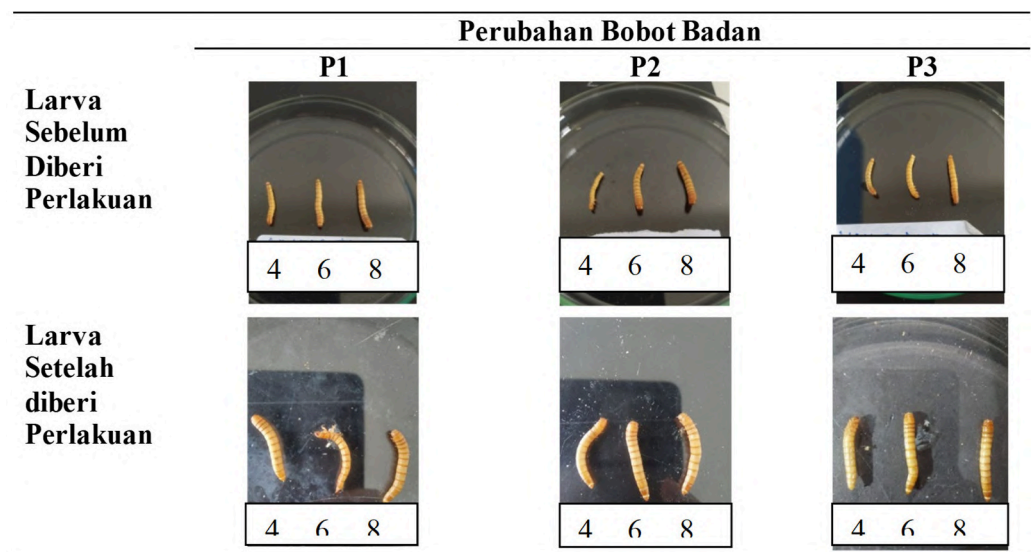
Limbah masker yang dimakan larva *T. molitor* pada setiap campuran pakannya dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2, limbah masker pada pakan P1 lebih banyak terdegradasi dibandingkan pakan P2 dan P3. Lapisan tengah masker lebih banyak terdegradasi pada setiap pakan. Perubahan bobot badan setiap larva pada masing-masing instar disetiap pakannya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 1. Grafik Laju Biodegradasi Pakan dan Pertambahan Bobot Badan Larva *T. molitor* instar 4, instar 6 dan instar 8

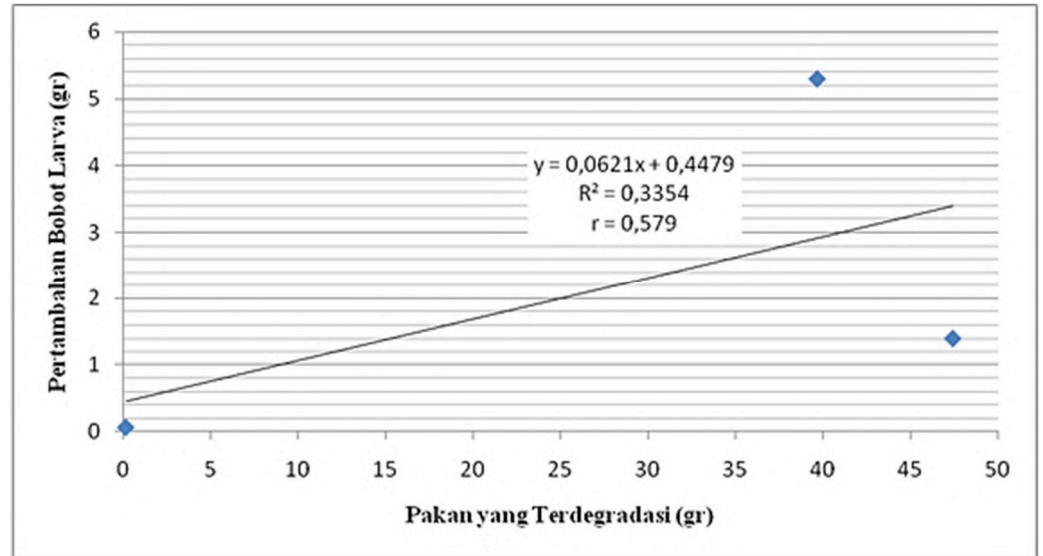


Gambar 2. Limbah masker yang dimakan larva *T. molitor* pada setiap campuran pakan (a) pakan P1 sesudah diberi perlakuan, (b) pakan P2 sesudah diberi perlakuan, (c) pakan P3 sesudah diberi perlakuan



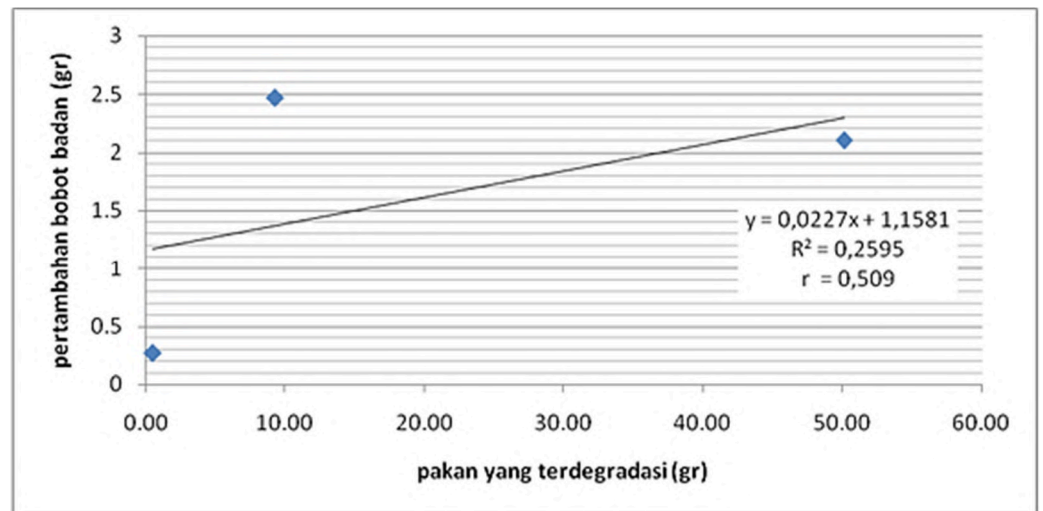
Gambar 3. Perubahan Bobot Badan Larva pada Setiap Instarnya dipakan P1, P2 dan P3

Korelasi antara pakan yang terdegradasi dengan pertambahan bobot badan larva pada setiap instarnya dianalisis menggunakan regresi linear. Hasil analisis hubungan antara pakan dan pertambahan bobot badan masing-masing larva dapat dilihat pada Gambar 4, 5, dan 6.



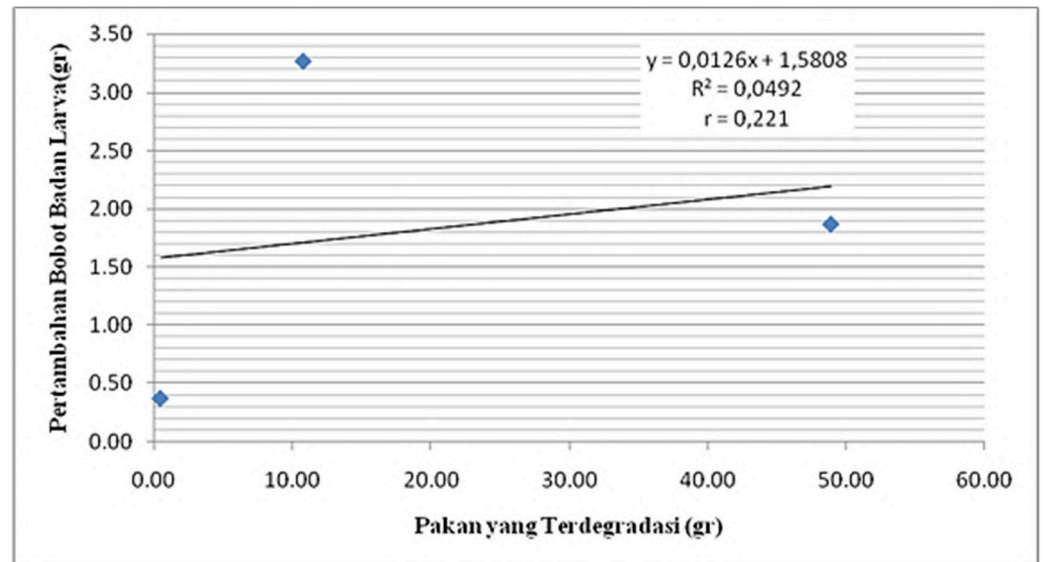
Gambar 4. Grafik regresi linear hubungan pakan yang terdegradasi dengan pertambahan bobot badan larva pada instar 4.

Hasil analisis korelasi hubungan antara pakan yang terdegradasi dengan pertambahan bobot badan larva pada instar 4. Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai korelasi (r) yaitu 0,579, termasuk kedalam kategori sedang. Hal ini berarti bahwa larva *T. molitor* instar 4 mampu mendegradasi pakan masker medis *surgical* yang sudah dicampur dengan limbah organik dan berpengaruh terhadap pertambahan bobot badan larva.



Gambar 5. Grafik regresi linear hubungan pakan yang terdegradasi dengan pertambahan bobot badan larva pada instar 6.

Hubungan pertambahan bobot badan larva dengan pakan yang terdegradasi pada larva *T. molitor* instar 6 gambar 5, menunjukkan bahwa nilai $r = 0,509$ dan dapat dikategorikan sedang. Hal ini berarti pemberian pakan masker kombinasi limbah organik berpengaruh terhadap pertambahan bobot badan larva instar 6.



Gambar 6. Grafik regresi linear hubungan pakan yang terdegradasi dengan pertambahan bobot badan larva pada instar 8.

Hasil analisis Uji korelasi pakan yang terdegradasi dengan pertambahan bobot badan larva instar 8 pada gambar 6 menunjukkan nilai korelasi yang termasuk rendah dengan $r = 0,221$ artinya pemberian pakan pada larva *T. molitor* tidak terlalu berpengaruh terhadap pertambahan bobot badan larva.

PEMBAHASAN

Berdasarkan gambar 1. dapat dilihat bahwa larva *T. molitor* instar 6 mampu mendegradasi pakan P1, P2, P3 dalam jumlah yang sebanyak, sedangkan instar 4 terendah dalam mendegradasi pakan P1, P2 dan P3. Banyaknya pakan yang didegradasi oleh larva *T. molitor* dapat dipengaruhi oleh tekstur pakan dan tingkat instar larva. Pakan kombinasi masker dengan ampas tahu (P1) lebih banyak terdegradasi dari pakan lainnya. Pakan P1 memiliki tekstur yang lebih lembut dari pada dedak padi dan masker. Selain itu, aroma khas yang kuat dari ampas tahu dapat memikat larva untuk memakan lapisan masker. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Gesriantuti et al. (2022), diperoleh bahwa tekstur lembut, halus, banyaknya kandungan air dan aroma pada ampas tahu menyebabkan larva *T. molitor* dapat mendegradasi pakan lebih banyak dari pakan lainnya.

Kemampuan larva *T. molitor* dalam mendegradasi pakan P2 dan P3 lebih rendah dari pakan P1. Larva masih bisa memakan pakan P2 dan P3, walaupun memiliki tekstur kasar dan rapat. Menurut Setyanto (2019), bahwa larva *T. molitor* memiliki tipe mulut pengunyah. Masker terdiri dari serat yang bisa diubah menjadi sumber energi oleh larva melalui proses pencernaan makanan. Tekstur serat yang rapat pada pakan P3 membuat larva menggunakan banyak energi dalam proses memakan pakan tersebut. Banyaknya energi yang dikeluarkan larva untuk memakan masker akan berpengaruh terhadap kemampuan makan larva. Aktivitas larva dalam memakan masker akan menurun sehingga menyebabkan pakan terdegradasi dalam jumlah sedikit. Kuntadi et al. (2018), menyatakan bahwa kurangnya asupan gizi dapat berdampak terhadap kualitas hidup larva diantaranya kemampuan larva dalam memakan pakan.

Kemampuan degradasi pada larva instar 6 tertinggi dibandingkan instar 4 dan instar 8. Hal ini dikarenakan larva instar 6 sudah berada pada tahap kondisi fisik yang lebih stabil dibandingkan pada instar 4, sehingga instar 6 pada larva

T. molitor mampu lebih cepat beradaptasi dengan pakan dan lingkungannya. Larva *T. molitor* instar 4 merupakan larva tahap awal yang masih lemah dan membutuhkan waktu yang lama untuk beradaptasi dengan lingkungan dan pakan barunya. Hal ini dikarenakan kondisilarva instar 4 yang masih rentan akan membuat larva kesulitan dalam mendegradasi pakan P3. Hasil yang sama diperoleh oleh Lestari (2021), menyatakan bahwa larva *T. molitor* akan membutuhkan banyak energi untuk memakan pakan masker, karena tekstur serat yang rapat dan padat pada pakan masker. Larva *T. molitor* instar 8 merupakan tahapan instar akhir yang akan memasuki tahapan prepupa sehingga kemampuan makan larva lebih rendah daripada instar 6. Manullang et al., (2018), larva yang memasuki tahapan persiapan pupa akan mengalami penurunan makan yang disebabkan pengaruh fisiologi larva yang akan memasuki fase pupa.

Larva dalam memasuki fase pupa memerlukan pakan yang memiliki protein tinggi. Kandungan protein pada dedak padi dapat menjadi pakan yang efektif untuk pertumbuhan larva. Hartiningsih (2014), menyatakan bahwa bekatul atau dedak padi merupakan pakan yang diberikan oleh peternak pada ulat hongkong (larva *T. molitor*). Selanjutnya Marianty et al. (2022), menyatakan bahwa dedak padi memiliki kandungan protein berkisar antara 12-12,5%. Hasil yang sama diperoleh Anisyah (2020), tingginya perubahan bobot badan larva karena mendapatkan kandungan nutrisi yang tepat untuk pertumbuhan larva *T. molitor*.

Meskipun kandungan protein ampas tahu lebih tinggi daripada dedak padi, tetapi tekstur lunak dan kandungan air pada ampas tahu akan menyebabkan masker juga menjadi lunak diawal sehingga larva memakan pakan P1 lebih banyak. Namun, semakin lama pakan P1 akan mengering dan keras sehingga larva membutuhkan energi yang banyak untuk memakan pakan P1 yang sudah mengeras. Hal ini akan berpengaruh terhadap bobot badan larva. Masyhura (2019), menyatakan bahwa ampas tahu memiliki kandungan protein (26,6%), kalsium (0,19%), lemak (18,3%), karbohidrat (41,3%), fosfor (0,29%), dan air (0,09%).

Rendahnya pertambahan bobot badan larva pada pakan P3 karena tidak adanya kandungan nutrisi pada pakan tersebut. selain itu tekstur masker yang rapat membuat larva kesulitan dalam memakan masker sehingga dapat memengaruhi bobot badan larva. Hal ini terlihat pada perlakuan pakan P3 bagian masker yang paling banyak dimakan adalah lapisan tengah masker (Gambar 2). Hasil yang sama diperoleh Lestari (2021), bahwa bobot badan larva paling rendah yaitu pada pakan masker.

Berdasarkan Uji ANOVA taraf 0,05% yang telah dilakukan pada pakan yang terdegradasi maka diperoleh hasil yaitu $34,49 > 3,35$ menunjukkan hasil signifikan artinya kemampuan instar berbeda dalam mendegradasi masing-masing pakan. Berdasarkan hasil uji lanjut BNT 5% yang telah dilakukan dapat disimpulkan jumlah pakan yang terdegradasi pada setiap instarnya lebih banyak pada pakan P1 diikuti oleh P2 dan P3.

Berdasarkan Uji ANOVA taraf 5% pada perubahan bobot badan larva setiap instar dimasing-masing pakan, maka didapatkan yaitu pada instar didapatkan $149,90 > 3,35$, dan pada pakan didapatkan $6,28 > 3,35$ dan dinyatakan signifikan artinya masing-masing pakan memiliki kemampuan berbeda dalam mempengaruhi bobot badan larva. Hasil uji lanjut BNT menunjukkan bahwa pertambahan bobot badan larva *T. molitor* paling tinggi yaitu pada instar 4.

Berdasarkan pada jumlah pakan yang terdegradasi, laju degradasi pada masing-masing instar serta uji korelasi pertambahan bobot badan larva dengan pakan yang terdegradasi dapat disimpulkan bahwa larva tingkat awal memiliki kemampuan mendegradasi limbah masker dicampur dengan limbah organik

yang lebih tinggi dibandingkan tingkatan akhir larva. Hasil yang sama juga terlihat pada penambahan bobot badan. Larva *T. molitor* instar 4 dan instar 6 memiliki kemampuan degradasi yang lebih tinggi dibandingkan instar 8. Hasil ini menunjukkan bahwa larva *T. molitor* instar 4 dan 6 lebih mampu menjadi agen biodegradasi limbah masker yang dicampur pakan organik dibandingkan dengan instar 8.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa larva *T. molitor* pada instar 4, instar 6 dan instar 8 lebih banyak mendegradasi pakan masker yang dicampur dengan ampas tahu (P1) dengan laju degradasi tertinggi pada instar 6 yaitu 2,39 gr/harinya. Sedangkan untuk laju degradasi terendah yaitu pada pakan masker tanpa dicampur limbah organik yaitu sebesar 0,01 gr/hari.

Pemberian pakan kombinasi pada larva menyebabkan perubahan terhadap bobot badan larva. Hubungan pakan yang terdegradasi dengan penambahan bobot badan dikatakan sedang yaitu pada instar 4 memiliki nilai korelasi (r) = 0,579 gr/hari dan instar 6 r = 0,509 gr/hari. Sedangkan instar 8 memiliki r = 0,221 gr/hari dikatakan lemah dan tidak berpengaruh terhadap penambahan bobot badan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kepala Laboratorium Biologi Universitas Muhammadiyah Riau yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian dan menggunakan fasilitas laboratorium selama penelitian, serta kepada dosen program studi dan teman-teman yang telah membantu selama proses penelitian.

KEPUSTAKAAN

- Anisyah N. 2020. Laju Biodegradasi Limbah *Styrofoam* dari Expanded *Polystyrene* (Eps) dan *Polystyrene Paper* (Psp) Menggunakan Larva Kumbang *Tenebrio molitor*. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Riau.
- Aruan M, Rizky M, Prihatin, S. 2020. Perbedaan Efektifitas Masker *Buff* dan Masker *Surgical* Untuk Mencegah Bakteri Menginfeksi Saluran Pernafasan Pengguna Motor di Jalan Daan Mogot. *Jurnal Biologi DanPembelajarannya (JB&P)* **7(1)**: 15-16.
- Dewi YC. 2016. Sintesis Material Transparan Berpori sebagai Filter Debu. *Thesis*. Bandung: Institut Teknologi Bandung. <https://digilib.itb.ac.id/index.php/gdl/view/24829>
- Gesriantuti N. 2022. Pengaruh Kombinasi Pakan terhadap Kemampuan Larva *Tenebrio molitor* dalam Mendegradasi Limbah Masker Medis *Surgical*. *Photon: Jurnal Sain dan Kesehatan*, **12(2)**: 141-147.
- Hartiningsih H, Sari EF. 2014. Peningkatan Bobot Panen Ulat Hongkong Akibat Aplikasi Limbah Sayur dan Buah Pada Media Pakan Berbeda. *Buana Sains* **14(1)**: 55-64.
- Maysura MD, Rangkuti K, Fuadi M. 2019. Pemanfaatan Limbah Ampas Tahu dalam Upaya Diversifikasi Pangan. *Agritech: Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian* **2(2)**: 52-54.
- Karuniasuti N. 2013. Bahaya Plastik terhadap Kesehatan dan Lingkungan. *Swara Patra: Majalah Ilmiah PPSDM Migas* **3(1)**: 6-14.
- Kriswibowo A, Sintawati B, Kristianto CIP Hidayati TN. 2021. Penanggulangan Sampah Masker Medis Sekali Pakai dengan Pendekatan “Village Health Volunteers” di Kota Surabaya Pada Masa Pandemi Covid-19. *Journal of Education, Humaniora and Social Sciences (JEHSS)* **4(2)**: 982-989.
- Kuntadi K, Adalina Y, Maharani KE. 2018. Nutritional Compositions Of Six Edible Insects In Java. *Indonesian JournalOf Forestry Research* **5(1)**: 57-68.
- Lestari D. 2021. Efektivitas Larva Kumbang (*Tenebrio molitor*) sebagai Agen Biodegradasi pada Limbah Masker Medis *Surgical*. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Riau.

- Manullang DVC, Nukmal N, Umar S. 2018. Kemampuan Berbagai Tingkatan Stadium Larva Kumbang *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: *Tenebrionidae*) Dalam Mengonsumsi Styrofoam (*Polystyrene*). *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati (J-BEKH)* **5(1)**: 83-88.
- Marianty R, Yemima Y, Wati TIA. 2022. Pengaruh Berbagai Campuran Bahan Ampas Singkong, Tepung Jagung dan Dedak Sebagai Media Pakan terhadap Produksi Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*). *Agrienvi: Jurnal Ilmu Pertanian* **16(1)**: 49-58.
- Pathak VM. 2017. Review on The Current Status of Polymer Degradation: A Microbial Approach. *Bioresources and Bioprocessing* **4(1)**: 1-31.
- Setyanto D. 2019. Untung Berlimpah dari Budi Daya Ulat Hongkong. Yogyakarta. LAKSANA. *E-book online*.

Optimasi digesti enzim restriksi untuk deteksi mutasi daerah D-loop DNA mitokondria dengan metode PCR-RFLP

Digestion optimization of restricted enzyme for mutation detection of mitochondrial DNA D-loop region by PCR-RFLP Method

Ni Putu Senshi Septiasari^{1*}, I Ketut Junitha², Ni Nyoman Wirasiti²

¹⁾ Program Studi Diploma IV Teknologi Laboratorium Medis, Fakultas Ilmu-ilmu Kesehatan, Universitas Bali Internasional, Jl. Seroja Gg. Jeruk, Tonja, Denpasar Utara, Denpasar, Bali, Indonesia-80234

²⁾ Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Jl. Raya Kampus UNUD, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali, Indonesia-80361

*Email: senshiseptia@iikmpbali.ac.id

Diterima
19 November 2022

Disetujui
9 April 2023

INTISARI

Metode PCR-RFLP merupakan salah satu metode untuk deteksi mutasi pada daerah D-loop DNA mitokondria. Metode ini menggunakan enzim restriksi untuk dapat memotong DNA mitokondria dan menghasilkan ukuran fragmen DNA yang berbeda-beda. Enzim restriksi memerlukan kondisi yang optimal untuk melakukan pemotongan DNA. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi optimal enzim restriksi agar dapat melakukan digesti pada daerah D-loop DNA mitokondria. Optimasi dilakukan dengan membuat dua kombinasi formula digesti (formula 1 dan 2) dan empat macam waktu digesti (2 jam, 4 jam, 6 jam dan *overnight*). Hasil penelitian menunjukkan optimasi dari lima macam enzim restriksi (*HaeIII* (*BsuRI*), *HindIII*, *HinfI*, *MboI* dan *HpyP31* (*DdeI*)) didapatkan bahwa ada perbedaan formula dan waktu digesti tergantung dari jenis enzim. Enzim *HaeIII*(*BsuRI*), *HinfI* dan *MboI* menunjukkan formula 2 merupakan formula optimal, sedangkan enzim *HpyP31* (*DdeI*) formula 1 merupakan formula yang optimal. Waktu digesti 2 jam menunjukkan hasil optimal pada Enzim *HaeIII*(*BsuRI*), *MboI* dan *HpyP31* (*DdeI*), sedangkan enzim *HinfI* waktu digesti optimal adalah 4 jam. Enzim *HindIII* tidak mendapatkan hasil potongan fragmen DNA setelah digesti, maka enzim *HindIII* tidak memiliki situs pemotongan pada daerah D-loop DNA mitokondria.

Kata kunci: optimasi digesti, PCR-RFLP, enzim restriksi, mutasi, D-loop region

ABSTRACT

The PCR-RFLP is a method for detecting mutations in the D-loop region of mitochondrial DNA. This method uses restriction enzymes to digestion mitochondrial DNA and produce DNA fragments of different sizes. Restriction enzymes require optimal conditions for DNA cutting. This study aims to determine the optimal conditions for restriction enzymes to perform digestion in the D-loop region of mitochondrial DNA. Optimization was carried out by making two combinations of digestion formulas (formula 1 and 2) and four different digestion times (2 hours, 4 hours, 6 hours and overnight). The optimization results of five types of restriction enzymes (*HaeIII* /*BsuRI*, *HindIII*, *HinfI*, *MboI* and *HpyP31* /*DdeI*) showed that there were different formulas and digestion times depending on the type of enzyme. *HaeIII* (*BsuRI*), *HinfI* and *MboI* enzymes showed the optimal formula 2, while the *HpyP31* (*DdeI*) enzyme formula 1 was the optimal formula. Digestion time of 2 hours showed optimal results for *HaeIII* (*BsuRI*), *MboI* and *HpyP31* (*DdeI*) enzymes, while the *HinfI* enzyme digested 4 hours. The *HindIII* enzyme did not have a cut DNA fragment after digestion, so the *HindIII* enzyme did not have a cutting site in the D-loop region of mitochondrial DNA.

Keywords: digestion optimization, PCR-RFLP, restriction enzyme, mutation, D-loop region

PENDAHULUAN

Tes DNA merupakan metode untuk identifikasi personal secara molekuler. Metode ini tepat digunakan dalam menangani kasus-kasus forensik dan identifikasi korban secara masal (Yudianto, 2020) serta dapat digunakan untuk tes paternitas (Junitha, 2015). Keunggulan identifikasi secara molekuler adalah mempergunakan sampel yang sedikit mampu mengidentifikasi dengan cepat dan akurat. Perbedaan profil DNA ditentukan oleh adanya lokus polimorfis sebagai sumber untuk identifikasi genetik manusia (Mastura, 2007). Penanda yang umum digunakan untuk tes DNA terdiri dari DNA autosomal, DNA kromosom-Y dan DNA mitokondria (mtDNA). Penggunaan penanda DNA tergantung pada jenis sampel yang ditemukan di TKP (Doosti & Payam, 2011).

Penanda DNA mitokondria merupakan salah satu penanda DNA yang dapat digunakan untuk tes DNA. Penanda DNA mitokondria memiliki beberapa kelebihan yaitu, DNA mitokondria diturunkan secara maternal oleh ibu kepada anaknya baik laki-laki maupun perempuan sehingga identitas DNA korban yang tidak memiliki referensi pembanding antara kedua keluarga dapat menggunakan penanda DNA mitokondria dari saudara yang satu keturunan ibu. Kelebihan lain DNA mitokondria memiliki struktur berbentuk sirkuler yang membuat DNA mitokondria lebih stabil serta resisten terhadap bahaya degradasi sehingga sampel tulang dan rambut yang berumur tahunan cocok menggunakan penanda DNA mitokondria (Yudianto, 2020). DNA mitokondria memiliki jumlah salinan 1000-10000 *copy* maka sampel dalam jumlah sedikit akan dapat dianalisis. Selain itu, tingkat mutasi DNA mitokondria 5-10 kali lebih cepat dibandingkan DNA autosomal. DNA mitokondria (mtDNA) manusia memiliki tingkat polimorfisme yang lebih tinggi dibandingkan DNA inti, terutama pada daerah D-Loop yang merupakan daerah *non coding* (Moore & Isenberg, 1999; Mastura, 2005; Luftig et al., 2001).

Metode PCR-RFLP (*Polymerase Chain Reaction - Restricted Fragment Length Polymorphism*) merupakan metode yang dapat mendeteksi mutasi dan polimorfisme dalam studi evolusi manusia (Siti et al., 2013). Metode ini melakukan penggandaan DNA pada bagian gen yang spesifik dan memotong untai DNA dalam pola tertentu dengan menggunakan enzim *endonuclease* dan akan dihasilkan fragmen yang panjangnya berbeda-beda (Andrew, 2013). Enzim restriksi memotong molekul DNA dengan memutuskan ikatan fosfodiester antara nukleotida satu dengan nukleotida lainnya. Enzim-enzim ini bekerja dengan memotong DNA pada lokasi yang spesifik mengenali daerah atau urutan DNA pendek dalam molekul DNA yang bersifat *palindrome* (Kusumawati, 2011).

Enzim restriksi memerlukan kondisi optimal untuk dapat memotong urutan DNA secara sempurna. Kondisi optimal meliputi *pH buffer*, suhu digesti dan waktu digesti (Putri et al., 2017). Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi tentang formula *buffer* serta waktu digesti yang tepat agar enzim dapat melakukan digesti secara optimal dan menghasilkan fragmen DNA mitokondria yang polimorfis dengan metode PCR-RFLP.

MATERI DAN METODE

Bahan dan alat

Bahan-bahan penelitian yang dibutuhkan antara lain sel epitel mukosa mulut yang berasal dari 2 probandus, masker, sarung tangan, *cotton bud* steril, *lysis buffer* DPZ (*Deutsche Primaten Zentrum*), *Sodium Dodecyl Sulfat* (SDS)

10%, 1X STE (*Sodium Chloride-Tris-EDTA*), *fenol*, *Chloroform Isoamyl Alcohol* (CIAA) 24 : 1, *etanol absolute*, etanol 70%, TE (*Tris-EDTA*), *Green Master Mix PCR* (Promega), *Primer D-loop mtDNA*, enzim restriksi (*BsuRI/HaeIII*, *HindIII*, *HinfI*, *MboI* dan *HpyF31/DdeI* (*Thermo Scientific*), *ddH₂O*, *Thermo Scientific GeneRuler 100 bp DNA Ladder*, Gel Agarose (*Thermo Scientific*), 10X *Tris-Boric acid-EDTA* (TBE) *buffer*, GelRed (*Biotium*), dan *aquadest*.

Instrumen dalam penelitian ini yaitu tabung 1,5 ml, tabung 200 µl, mikro pipet, tip mikro (10-1000 µl), alat sentrifugasi, *freezer*, *Thermal Cycle/Mesin PCR* (Veriti), GelDoc (Bio-Rad), alat sterilisasi (*autoclave*), mesin elektroforesis horisontal (Bio-Rad), *shaker rotator*, *microwave*, gelas ukur, timbangan analitik, Erlenmeyer, spatula, gelas beker (*beaker glass*), inkubator, *waterbath*, kertas *Semi-Log*, penggaris, *millimeter block*, dan kamera.

Metode

Isolasi DNA dari Swab Mukosa dan Amplifikasi DNA

Pengambilan sampel telah mendapatkan kelaikan etik dari Unit Penelitian dan Pengembangan Fakultas Kedokteran Universitas Udayana/RSUP Sanglah Denpasar. Sampel diambil dengan metode *non-invasive sampling*. Sampel berupa sel epitel mukosa mulut diambil dengan menggunakan *cotton bud* steril yang berisi *lysis buffer DPZ* (*Deutsche Primaten Zentrum*). Proses ekstraksi DNA menggunakan metode fenol kloroform yang dimodifikasi (Junitha et al., 2012). Sampel DNA diamplifikasi dengan primer L16159F (5'-TACTTGACCACCTGTAGTAC-3') dan H408R (5'-CTGTTAAAA GTGCATACCGCCA-3') (Candramila, 2002).

Formula PCR adalah sebagai berikut: 2X *Green Master Mix* sebanyak 17,5 µl, primer F dan R masing-masing 1,4 µl, H₂O sebanyak 11,9 µl, dan 2,8 µl *template DNA*. Program PCR adalah sebagai berikut: *predenaturasi* (94°C) selama 5 menit, *denaturasi* (94°C) selama 1 menit, *annealing* (52°C) selama 1 menit dan 1 menit untuk *extension* (72°C), siklus tersebut diulang sebanyak 35x serta siklus terakhir adalah *final extension* (72°C) selama 10 menit. Hasil PCR divisualisasi dengan menggunakan gel *agarose* 1 % dalam *buffer TBE* 1X dengan *voltase* 50V selama 1 jam.

Optimasi Enzim Restriksi

Produk PCR didigesti dengan lima macam enzim restriksi yaitu *HaeIII* (*BsuRI*), *HindIII*, *HinfI*, *MboI* dan *HpyP31* (*DdeI*). Optimasi enzim yang dilakukan dengan membandingkan penggunaan *buffer tango* dan *buffer R* (Tabel 1). Masing-masing formula akan dioptimasi pada empat varian waktu digesti yaitu 2 jam, 4 jam, 6 jam dan *overnight*.

Tabel 1. Formula Digesti Enzim Restriksi

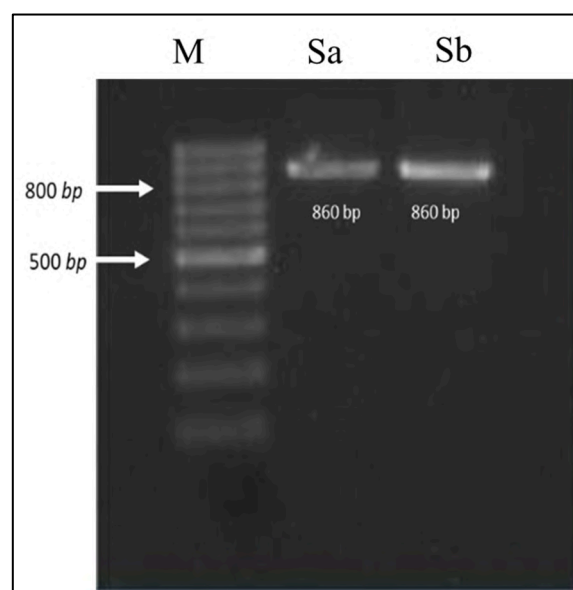
Komposisi Reagen Digesti	Formula 1	Formula 2
Produk PCR	5 µl	5 µl
Enzim Restriksi	0,5 µl	0,5 µl
<i>Buffer Tango/R</i>	1 µl*	1 µl**
H ₂ O	8,5 µl	8,5 µl
Total Volume	15 µl	15 µl

Keterangan: * *Buffer Tango*; ** *Buffer R*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Amplifikasi Daerah D-loop DNA Mitokondria

Amplifikasi daerah D-loop DNA mitokondria dengan metode PCR menghasilkan satu fragmen DNA dengan panjang 860 *bp* (Gambar 1). Amplifikasi DNA pada daerah D-loop mitokondria telah berhasil dilakukan pada DNA dari sampel epitel mukosa mulut. Gambar 1 menunjukkan pita DNA yang tebal dengan ukuran 860 *bp*. Hal serupa juga dilaporkan oleh Candramila (2002), yang menunjukkan pita DNA dari primer D-loop DNA mitokondria pada masyarakat Betawi memiliki panjang pita DNA yang sama yaitu 860 *bp*. Pita DNA yang dihasilkan tebal sehingga mampu dilanjutkan untuk tahapan digesti enzim restriksi. Ketebalan pita menunjukkan jumlah amplifikasi atau konsentrasi DNA. Semakin tebal pita DNA yang teramplifikasi maka konsentrasi DNA juga akan tinggi. Konsentrasi DNA yang baik digunakan untuk digesti yaitu 100 ng/ μ L dan memiliki kemurnian 1,8-2,0 (Fazri et al., 2015)



Gambar 1. Elektroforesis Hasil Amplifikasi DNA Mitokondria
Keterangan: M= Ladder DNA (100 bp),
Sa= sampel No.1 dan Sb = sampel No. 2

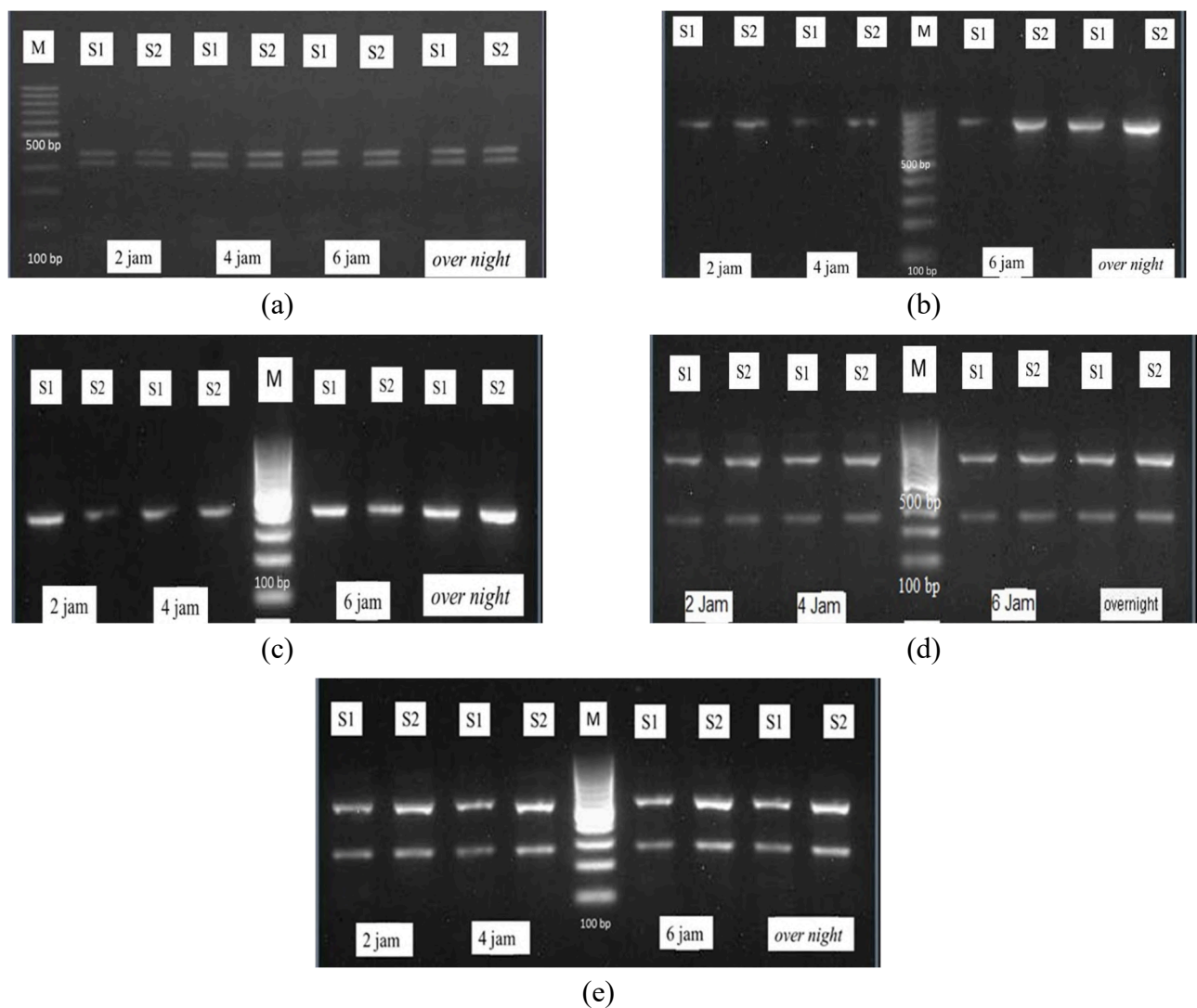
Optimasi Digesti Enzim Restriksi

Lima macam enzim restriksi (*Hae*III (*Bsu*RI), *Hind*III, *Hin*fI, *Mbo*I dan *Hpy*P31 (*Dde*I)) dengan waktu digesti yang optimal dapat dilihat pada Tabel 2. Optimasi penggunaan *buffer* dilakukan dengan 2 macam formula yaitu *Buffer R* (1) dan *Buffer Tango* (2). Pada Gambar 1 perbedaan penggunaan *buffer* tidak menunjukkan hasil yang berbeda. Penggunaan *buffer* dengan formula 1 dan 2 menunjukkan keberhasilan proses digesti. Keberhasilan terjadi akibat adanya pengenalan situs pemotongan enzim restriksi pada fragmen tersebut yang mengakibatkan perubahan ukuran panjang fragmen DNA yang awalnya 860 *bp* menjadi lebih pendek dari 860 *bp*. Hal ini berarti penggunaan *Buffer R* dan *Buffer Tango* tidak mempengaruhi hasil digesti. Namun setiap enzim memiliki *compatible buffer* yang berbeda sehingga petunjuk pada KIT *insert* harus dibaca dan diperhatikan. Berdasarkan KIT *insert*, *compatible buffer* yang digunakan adalah *buffer R* pada enzim *Hae*III, *Hind*III, *Hin*fI dan *Mbo*I sedangkan pada enzim *Dde*I menggunakan *buffer Tango* (*Thermo scientific* KIT, 2010).

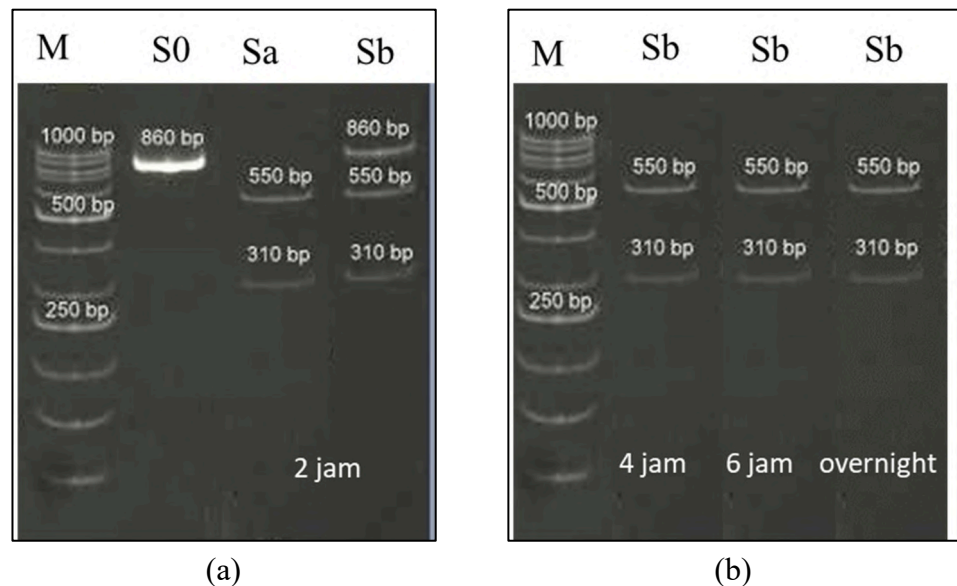
Tabel 2. Jenis Enzim Restriksi dengan suhu dan waktu digesti yang optimal

Kode Enzim	Enzim Restriksi	Situs Pemotongan*	Suhu Inkubasi*	Suhu Inaktivasi*	Compatible Buffer	Waktu Digesti
I	<i>BsuRI</i> (<i>HaeIII</i>)	5` ...GG ⁺ CC... 3` 3` ...CC ₁ GG... 5`	37°C	80 °C	10x Buffer R	2 jam
II	<i>HindIII</i>	5` ...A ⁺ AGCTT... 3` 3` ...TTCGA ₁ A... 5`	37°C	80 °C	10x Buffer R	-
III	<i>HinfI</i>	5` ...G ⁺ ANTC... 3` 3` ...CTNA ₁ G... 5`	37°C	65 °C	10x Buffer R	4 jam
IV	<i>MboI</i>	5` ... ⁺ GATC... 3` 3` ...CTAG ₁ ... 5`	37°C	65 °C	10x Buffer R	2 jam
V	<i>HpyF3I</i> (<i>DdeI</i>)	5` ...C ⁺ TNAG... 3` 3` ...GANT ₁ C... 5`	37°C	65 °C	10x Buffer Tango	2 jam

*Sumber : *Thermo Scientific* (2010)



Gambar 2. Hasil optimasi formula PCR dan waktu digesti enzim restriksi (a) Enzim *BsuRI* ; (b) Enzim *HindIII*; (c) Enzim *MboI*; (d) Enzim *HpyF3I*; (e) Enzim *HinfI*. Keterangan: M= Ladder DNA (100 bp); S1= Sampel No.1 Formula 1; S2=Sampel No.1 dengan formula 2



Gambar 3. Hasil optimasi (a). hasil optimasi waktu digesti enzim *Hinfl* dengan sampel yang berbeda. (b) hasil optimasi ulang enzim *Hinfl*. Keterangan: M= Ladder DNA (100 bp); S0 = produk PCR sebelum dipotong enzim; Sa= Sampel No. 1; Sb=Sampel No.2

Waktu optimal digesti merupakan jumlah waktu yang diperlukan untuk dapat memotong fragmen DNA yang dikenali oleh enzim restriksi. Pada KIT *insert* waktu inkubasi enzim dapat mencapai 16 jam, tetapi diperlukan optimasi waktu tersingkat untuk dapat menghasilkan produk digesti yang baik. Perbedaan waktu inkubasi digesti yang dilakukan yaitu 2 jam, 4 jam, 6 jam dan 16 jam (*overnight*). Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa 2 jam merupakan waktu tersingkat yang dapat menghasilkan potongan fragmen DNA. Maka dianggap 2 jam adalah waktu yang optimal. Namun terdapat perbedaan pada enzim *Hinfl* yang memiliki perbedaan hasil digesti dengan sampel yang berbeda (Gambar 3). Sampel Sa memiliki waktu digesti yang berbeda dengan sampel Sb. Sampel Sa (Gambar 3a) pada waktu 2 jam sudah terlihat 2 fragmen DNA yang terpotong, yaitu 550 bp dan 310 bp, namun pada sampel Sb terlihat 3 fragmen yaitu 860 bp, 550 bp dan 310 bp. Hal tersebut diduga ada bagian fragmen produk PCR awal yang berukuran 860 bp belum terpotong sempurna, sehingga dibutuhkan penambahan optimasi. Optimasi yang dilakukan dengan mengulang waktu digesti sampel Sb dengan penambahan waktu digesti yaitu 4 jam, 6 jam dan 16 jam. Dilihat pada Gambar 3b rentang waktu pemotongan 4 jam sudah terlihat fragmen 860 bp terpotong menghasilkan dua fragmen yaitu 550 bp dan 310 bp. Maka pada enzim *Hinfl* waktu optimal digesti adalah 4 jam. Beberapa faktor yang mempengaruhi perbedaan waktu digesti terjadi karena konsentrasi DNA setiap sampel berbeda, sehingga diperlukan waktu digesti yang lebih panjang. Waktu digesti yang lebih lama mengakibatkan performa dari suatu enzim restriksi meningkat. Oleh karena itu diperlukan adanya pengukuran konsentrasi DNA setiap sampel sebelum lanjut ke tahapan PCR, agar formula digesti dan waktu digesti dapat seragam (Gerstein, 2001).

Optimasi digesti dengan lima macam enzim restriksi (*HaeIII* (*BsuRI*), *HindIII*, *Hinfl*, *MboI* dan *HpyP31* (*DdeI*)) dilakukan dengan 2 sampel orang Bali yang berbeda dengan kode Sa dan Sb. Enzim tersebut diduga mengenali urutan spesifik nukleotida pada daerah D-loop DNA mitokondria (Candramila, 2002). Proses digesti berhasil jika produk PCR dengan ukuran fragmen 860 bp terpotong menjadi ukuran fragmen-fragmen yang lebih pendek. Enzim *HaeIII*,

HinfI, *MboI* dan *DdeI* merupakan enzim yang berhasil mendapatkan potongan fragmen yang lebih pendek dari ukuran produk PCR (Gambar 2a, 2c, 2d dan 2e). Namun pada enzim *HindIII* tidak terdapat perbedaan ukuran fragmen DNA sebelum dan sesudah digesti. Fragmen yang dihasilkan tetap pada ukuran 860 bp. Maka diduga enzim *HindIII* tidak berhasil terdigesti karena urutan enzim *HindIII* tidak mengenali daerah D-loop DNA mitokondria (Gambar 2b). Hal tersebut terjadi karena tidak terdapat situs pemotongan enzim *HindIII* pada daerah D-loop DNA mitokondria. Pendapat ini didukung oleh penelitian dari Candramila (2002), enzim *HindIII* tidak menghasilkan fragmen dengan ukuran lebih kecil dari produk PCR pada masyarakat Betawi. Pengenalan situs pemotongan enzim *HindIII* juga belum ada dilaporkan pada sekuen DNA mitokondria masyarakat di Eropa (Hofmanová et al., 2016). Urutan DNA rCRS juga tidak ditemukan adanya situs pemotongan pada enzim *HindIII* (Bandelt et al., 2013)

SIMPULAN

Hasil optimasi dari lima macam enzim restriksi (*HaeIII* (*BsuRI*), *HindIII*, *HinfI*, *MboI* dan *HpyP31* (*DdeI*)) didapatkan bahwa ada perbedaan formula dan waktu digesti enzim. Enzim *HaeIII* (*BsuRI*), *HindIII*, *HinfI* dan *MboI* menunjukkan formula 2 yang optimal, sedangkan enzim *HpyP31* (*DdeI*) formula 1 merupakan formula yang optimal. Waktu digesti 2 jam menunjukkan hasil optimal pada Enzim *HaeIII* (*BsuRI*), *MboI* dan *HpyP31* (*DdeI*), sedangkan enzim *HinfI* waktu digestinya adalah 4 jam. Enzim *HindIII* tidak terdapat hasil potongan fragmen DNA setelah digesti, maka enzim *HindIII* tidak memiliki situs pemotongan pada daerah D-loop DNA mitokondria. Sehingga enzim *HindIII* tidak dapat dipergunakan untuk tes DNA.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada para probandus, kepala dan staf di Laboratorium Biomedik Terpadu, Fakultas Kedokteran, Universitas Udayana. Serta semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini sehingga dapat dilakukan dengan baik.

KEPUSTAKAAN

- Andrew MN. 2013. Assignment of Haplotypes groups by Mitochondrial DNA in BTN323 Population using PCR-RFLP analysis. Practical Reports. Department of Biotechnology University of the Western Cape.
- Bandelt Hans-J, Anita KB, Martin BR. 2013. The case for the continuing use of the revised Cambridge Reference Sequence (rCRS) and the standardization of notation in human mitochondrial DNA Studies. *Journal of Human Genetics* **59**: 66-77.
- Candramila W. 2002. Variasi Genetik Populasi Betawi Berdasarkan Polimorfisme DNA Mitokondrion. Tesis, Bogor, Institut Pertanian Bogor
- Doosti A, Payam GD. 2011. Genetic Polymorphisms of Mitochondrial Genome D-loop Region in Bakhtiarian Population by PCR-RFLP. *International Journal of Biology* **3(4)**: 4-46.
- Fazri HM, Royani JI, Dasumiati. 2015. Isolation and amplification of Keladi tikus (*Thyponium flagelliform*) DNA for identification of genetic variation. *Jurnal Bioteknologi, Teknologi dan Sains Indonesia* **2(2)**:42-48.
- Gerstein AS. 2001. *Molecular Biology Problem Solver: A Laboratory Guide*. Wiley-Liss, Inc
- Hofmanová Z, Kreutzer S, Hellenthal G, Sell C, Diekmann Y, Díez-Del-Molino D, van Dorp L, López S, Kousathanas A, Link V, Kirsanow K, Cassidy LM, Martiniano R, Strobel M, Scheu A, Kotsakis K, Halstead P, Triantaphyllou S, Kyparissi-Apostolika N, Urem-Kotsou D, Ziota C, Adaktylou F, Gopalan S, Bobo DM, Winkelbach L, Blöcher J, Unterländer M, Leuenberger C, Çilingiroğlu Ç, Horejs B, Gerritsen F, Shennan SJ, Bradley DG, Currat M, Veeramah KR, Wegmann D, Thomas MG, Papageorgopoulou C, Burger J. 2016. Early

- farmers from across Europe directly descended from Neolithic Aegeans. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **113(25)**: 6886–91.
- Junitha IK. 2015. Analisis DNA dalam Forensik dan Potensinya untuk Penelusuran Kawitan. Materi Ceramah Maha Semaya Warga Pande Kabupaten Gianyar. Gianyar
- Junitha IK, Pharmawati M, Rosiana W. 2012. Genetic Diversity of Soroh Celagi (Pasek Catur Sanak Clan) Basedon Y-chromosomal Microsatellites DNA. *The 4th International Conferences on Biosciences and Biotechnology*. The 4th International Conferences on Biosciences and Biotechnology Proceeding: Denpasar, 239–243
- Kusumawati D. 2011. Enzim Restriksi. *Modul Praktikum Biologi Molekul*. UPI. Available from: http://www.enzim_restriksi.pdf.
- Luftig M, Richey S, Ntroduction I. 2001. DNA and Forensic Science. Corpus ID: 1796608
- Mastura. 2007. Haplogrup mtDNA Manusia atas Dasar RFLP dan Posisi Mutasi Urutan Nukleotida lengkap. Tesis. Institut Teknologi Bandung
- Moore JM, Isenberg AR. 1999. Mitochondrial DNA Analysis at the FBI Laboratory. *Forensic Science Communications* **1(2)** <https://archives.fbi.gov/archives/about-us/lab/forensic-science-communications/fsc/july1999/dnalist.htm>
- Putri IARDN, Yowani SC, Wirajana IN. 2017. Optimasi Digesti Enzim Restriksi Sac II pada Isolat tuberculosis H37Rv untuk Deteksi Mutasi Promoter inhA pada Kasus MDR-TB dengn metode-RFLP. *Metamorfosa: Journal of Biological Sciences* **4(1)**: 87-93.
- Siti HH, Gun Gumilar G, Natalia D, Saifuddin Noer A. 2013. *Variasi Urutan nukleotida Daerah D-Loop DNA Mitokondria Manusia pada Dua Populasi Asli Indonesia Tenggara*. Program Studi Kimia, FMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia
- Yudianto A. 2020. *Buku Referensi Pemeriksaan Forensik DNA Tulang dan Gigi*. Sintesa Book. Yogyakarta.

JURNAL BIOLOGI UDAYANA

P-ISSN: 1410-5292 E-ISSN: 2599-2856

Volume 27 | Nomor 1 | Juni 2023

DOI: <https://doi.org/10.24843/JBIOUNUD.2023.v27.i01.p08>

Konsentrasi logam berat kadmium, kromium, tembaga, timbal dan seng pada ikan, kerang dan siput laut di Teluk Benoa, Bali

Concentration of heavy metals cadmium, chromium, copper, lead and zinc in fish, shellfish and marine snail in Benoa Bay, Bali

Gede Surya Indrawan*, I Nyoman Giri Putra, I Putu Sugiana

Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana
Kampus Unud Bukit Jimbaran, Bali 80361, Indonesia

*Email: suryaindrawan@unud.ac.id

Diterima
4 Desember 2022

Disetujui
29 April 2023

INTISARI

Biota laut seperti ikan, kerang, dan gastropoda lainnya merupakan sumber makanan bagi manusia. Pada Kawasan Teluk Benoa, nelayan umumnya menangkap biota tersebut dan menjualnya di pasar atau untuk dikonsumsi. Logam berat telah mencemari biota laut di sekitar Teluk Benoa. Logam berat memiliki efek fatal bagi tubuh manusia jika dikonsumsi secara berlebihan. Beberapa logam berat yang berbahaya seperti kadmium (Cd), kromium (Cr), tembaga (Cu), timbal (Pb), dan seng (Zn). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi logam berat Cd, Cr, Cu, Pb, dan Zn pada biota laut di sekitar Teluk Benoa. Sampel ikan, kerang, dan gastropoda diambil secara acak dari nelayan Teluk Benoa. Metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) digunakan untuk menentukan konsentrasi logam berat pada setiap objek. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi logam berat yang tinggi pada *Scarus Psittacus* (ikan kakatua), *Acanthurus xanthophores* (ikan madah), *Marcia hiantina* (kerang merah), *Anadara antiquata* (kerang darah), and *Cerithidea* sp. (siso/batu-batu). Perbandingan dengan baku mutu FAO (1983), WHO (1989), IAEA-407 (2003), dan SNI-7387 (2009) menunjukkan bahwa biota-biota tersebut telah melebihi baku mutu. Pencemaran logam berat dari sedimen laut di daerah yang sama dan cara makan biota menjadi indikator dari konsentrasi logam berat yang variasi pada biota tersebut.

Kata kunci: Biota laut, AAS, logam berat, baku mutu, Teluk Benoa

ABSTRACT

Marine biota such as fish, shellfish, and other gastropods are human food sources. In Benoa Bay, fishers commonly catch those biotas and sold in the market or consume them by the local community. Heavy metals have contaminated marine biotas around Benoa Bay. Heavy metal has a fatal effect on the human body if consumed excessively. This research aimed to determine the heavy metal concentration of Cd, Cr, Cu, Pb, and Zn in marine biota around Benoa Bay. The samples of fish, shellfish, and gastropods were randomly taken from the Benoa Bay fishers. AAS (Atomic Absorption Spectrophotometry) was used to determine the heavy metal concentration for each object. The result showed high heavy metal concentrations in *Scarus Psittacus* (ikan kakatua), *Acanthurus xanthophores* (ikan madah), *Marcia hiantina* (kerang merah), *Anadara antiquata* (kerang darah), and *Cerithidea* sp. (siso/batu-batu). Comparison with quality standards from FAO (1983), WHO (1989), IAEA-407 (2003), and SNI-7387 (2009) showed that those biotas exceeded the quality standard. A heavy metal polluted from marine sediment in the same area and the way the biota eats were indicators of the variation in the concentration of heavy metals found on these biotas.

Keywords: Marine biota, AAS, heavy metal, quality standard, Benoa Bay

PENDAHULUAN

Biota laut menjadi salah satu sumber makanan yang dimanfaatkan oleh masyarakat pesisir. Jenis-jenis biota laut yang menjadi sumber makanan yang kaya akan protein seperti ikan, kerang-kerangan, rumput laut, kepiting, udang, bulu babi hingga teripang (Dahuri, 2003). Biota laut tersebut sering diolah dengan berbagai macam bentuk produk baik berupa makanan hingga obat-obatan dan produk kecantikan (Rasyid, 2008; Datta et al., 2015). Hal ini karena biota-biota laut memiliki khasiat antibakteri, imunomodulator, antijamur, antiinflamasi, antikanker, antimikroba, neuroprotektif, analgesik, dan antimalaria yang bermanfaat untuk kesehatan manusia (Malve, 2016).

Dibalik pemanfaatan biota-biota laut, terdapat suatu ancaman yang dapat merugikan baik bagi konsumen ataupun kondisi dari biota laut itu sendiri. Ancaman-ancaman tersebut berupa adanya penangkapan berlebih (*overfishing*) yang mengurangi kelimpahan dari biota laut itu sendiri serta ancaman dari lingkungan sekitar seperti pencemaran kualitas air (Fitriyah, 2007; Negara, 2020; Riani, 2021). Pencemaran air menyebabkan perubahan kondisi fisik dan kimia dari lingkungan itu sendiri (Kılıç, 2021). Salah satu contoh dari pencemaran air berupa pencemaran logam berat yang menimbulkan dampak negatif terhadap kehidupan biota laut (Darmono, 2001; Riani, 2021).

Teluk Benoa merupakan teluk semi tertutup yang terletak di Selatan Bali. Ciri khas teluk ini memiliki selat sempit di mulut teluk yang dibentuk oleh Pulau Serangan dan Semenanjung Benoa. Terdapat aktivitas-aktivitas berupa kapal berlabuh, stasiun minyak, olahraga air dan nelayan tradisional yang berlangsung di Teluk Benoa (Alfiaturrohmaniah et al., 2020). Aktivitas daratan juga berkontribusi terhadap keseimbangan kondisi kualitas perairan di Teluk Benoa seperti tempat pemrosesan akhir (TPA), tambak udang dan ikan, serta instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang sebagian besar berlokasi di Kelurahan Pedungan dan Pemogan. Selain itu, beberapa sungai juga bermuara ke Teluk Benoa seperti Tukad Rangda, Tukad Badung, Tukad Mati, Tukad Loloan Sanur, Tukad Bualu, Tukad Sama dan Tukad Buaji (Suteja & Purwiyanto, 2018).

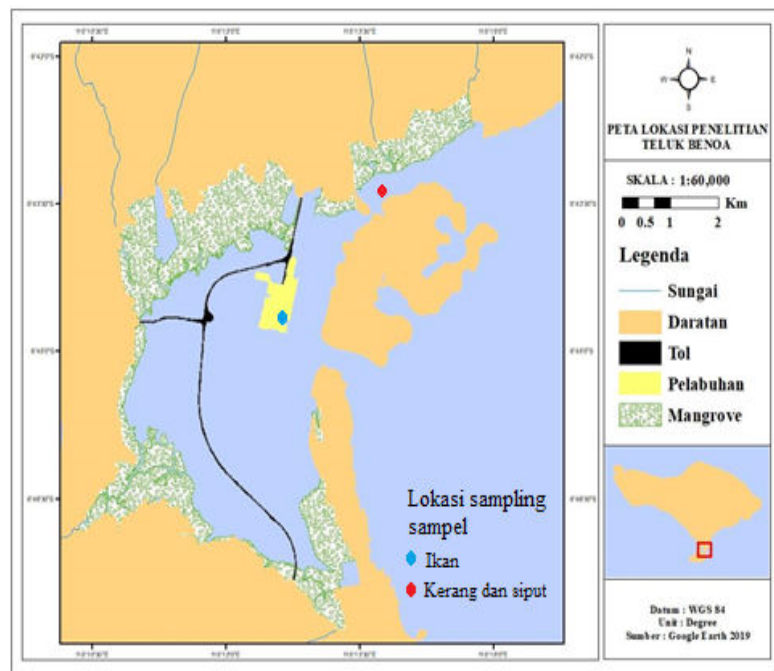
Teluk Benoa merupakan salah satu perairan di Bali yang berperan penting dalam menjaga berbagai ekosistem dan hidrologi di selatan Bali (Sudiarta et al., 2013). Meski begitu, laporan terbaru menunjukkan adanya pencemaran logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu) dan seng (Zn) pada air dan sedimen di Teluk Benoa (Indrawan & Putra, 2021). Di sekitar lokasi, cemaran logam berat juga ditemukan pada biota plankton (Sudarmawan et al., 2020), lamun (Budiarta et al., 2020) dan ikan secara umum (Aryawan et al., 2017). Logam berat yang mencemari lingkungan memiliki potensi untuk mencemari biota-biota laut lainnya yang dikonsumsi oleh masyarakat sekitar. Hal ini tentu berdampak buruk bagi kesehatan masyarakat sehingga menjadi sumber penyakit berbahaya. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk mengukur konsentrasi logam berat pada beberapa biota yang dimanfaatkan untuk konsumsi dan produk perikanan komersial oleh masyarakat yang tinggal di sekitar Teluk Benoa. Parameter logam berat diambil adalah Pb, Zn, Cd, Cu dan Cr.

MATERI DAN METODE

Tempat dan waktu penelitian

Sampel ikan dan kerang diambil dari nelayan-nelayan tradisional yang sedang beraktivitas sekitar Teluk Benoa (8°42'S - 8°48'S, 115°11'E - 115°14'E) yakni di Wilayah Serangan dan Pelabuhan Benoa (Gambar 1). Masing-masing tiga ekor per jenis ikan diambil secara acak dari nelayan tradisional yang

mendarat di sekitar Pelabuhan Benoa, sedangkan sampel kerang dengan masing-masing lima ekor per jenis dan tiga puluh ekor siput laut didapat dengan membeli dari para pencari kerang di Perairan Utara Pulau Serangan. Pengambilan sampel dilakukan pada sore hari, saat kondisi air surut di musim hujan pada bulan Februari 2021.



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel ikan, kerang dan siput laut

Bahan dan alat

Biota laut yang digunakan sebagai sampel adalah ikan kakap (*Lutjanus mahogony*), ikan madah (*Acanthurus xanthopterus*), ikan muduk (*Gerres subfasciatus*), ikan kakatua (*Scarus psittacus*) dan ikan baronang (*Siganus spinus*) yang diidentifikasi berdasarkan pedoman dari <https://www.fishbase.se> (Gambar 2). Ikan-ikan tersebut merupakan komoditas hasil tangkapan utama dari nelayan sekitar Teluk Benoa. Selain itu sampel biota lainnya yakni empat jenis kerang kerang merah (*Marcia hiantina*), kerang manila (*Marcia opima*), kerang darah (*Anadara antiquata*), kerang hijau (*Perna* sp.) dan satu jenis gastropoda (*Cerithidea* sp.). Hasil penelitian memberikan gambaran kondisi kandungan logam berat yang telah mencemari beberapa jenis ikan, kerang dan siput laut, sehingga dapat ditentukan kelayakan konsumsinya.

Metode

Sampel ikan, kerang dan siput dipisahkan dari kulit dan cangkangnya dengan menggunakan pinset dan palu. Sebanyak masing-masing 0,5 g daging tiap sampel diambil, dicincang dan ditumbuk yang selanjutnya dimasukkan ke dalam Erlenmeyer untuk proses pencucian basah (*wet destruction*). Selanjutnya daging dimasukkan ke dalam labu cerna yang telah ditambahkan 10 mL HNO₃ (asam nitrat) dan 2 mL H₂SO₄ (asam sulfat). Larutan sampel kemudian dipanaskan perlahan-lahan sampai warna menjadi gelap, dan dilanjutkan dengan menambahkan 1-2 mL HNO₃, serta dipanaskan secara perlahan hingga berwarna lebih gelap. Setelah itu, proses pendinginan dilakukan dalam suhu ruangan bersamaan dengan penambahan HNO₃ lagi secara perlahan hingga larutan berwarna cerah. Ketika kondisi suhu larutan telah sama dengan kondisi suhu ruangan, maka larutan ditambahkan 10 mL akuades dan dipanaskan kembali

hingga menghasilkan uap yang tidak berwarna. Kemudian, larutan dibiarkan dingin kembali dan diencerkan dengan akuades hingga 100 mL. Larutan yang sudah jadi diuji dengan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) menggunakan Shimadzu/AA-7000 Series (Conti et al. 2002). Proses preparasi dan pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Analitik Universitas Udayana Bali. Hasil analisis konsentrasi logam berat pada sampel ikan dibandingkan dengan beberapa baku mutu yang ditetapkan (Tabel 1), sementara untuk sampel kerang dan moluska hanya dibandingkan sesuai dengan baku mutu SNI-7387.

Tabel 1. Baku mutu logam berat menurut beberapa sumber dalam mg/kg

Logam	FAO (1983)	WHO (1989)	IAEA-407 (2003)	SNI-7387 (2009)
Pb	0,5	2	0,12	0,3
Zn	30	30	67,1	BT
Cd	0,05	1	0,19	0,1
Cu	10	30	3,28	BT
Cr	1	BT	0,73	BT

BT : Belum ditetapkan



Gambar 2. Biota-biota laut yang digunakan sebagai sampel (A: *L. mahogony*; B: *S. spinus*; C: *G. subfasciatus*; D: *A. xanthopterus*; E: *S. Psittacus*; F: *Cerithidea* sp.; G: *M. hiantina*; H: *M. opima*; I: *A. antiquata* dan J: *Perna* sp.)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi logam berat pada ikan di Teluk Benoa, Bali

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, tidak semua jenis logam berat ditemukan pada daging dari sampel-sampel ikan. Ikan madah (*A. xanthopterus*) ditemukan mengakumulasi jenis logam berat yang terbanyak yakni Pb, Zn dan Cr, sedangkan ikan kakap (*L. mahogany*), ikan muduk (*G. subfasciatus*) dan ikan kakatua (*S. Psittacus*) hanya mengakumulasi satu jenis logam berat yakni Cr, Zn dan Cu berturut-turut. Sementara, konsentrasi logam berat cukup bervariasi antar jenis ikan yang diamati. Konsentrasi Pb tertinggi ditemukan pada ikan madah (*A. xanthopterus*) sebesar 4,205 mg/kg, selanjutnya konsentrasi Zn dan Cu ditemukan tinggi pada ikan baronang (*S. spinus*) dan ikan kakatua (*S. Psittacus*) yakni 3,313 mg/kg dan 4,739 mg/kg berturut-turut, dan Cr sebesar 3,714 mg/kg pada ikan kakap (*L. mahogany*). Tidak ada logam berat Cd yang ditemukan pada daging di kelima sampel ikan (Tabel 2).

Bila disandingkan dengan baku mutu logam berat pada daging ikan dalam skala nasional dan internasional, terdapat dua jenis logam yang melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh FAO (1983), WHO (1989), IAEA-407 (2003) dan SNI-7387 (2009) (Tabel 1). Kedua logam berat tersebut yakni Pb dan Cr yang masing-masing memiliki nilai > 2 mg/kg dan > 1 mg/kg. Konsentrasi Pb yang melebihi baku mutu ditemukan pada ikan baronang (*S. spinus*), sementara pada ikan kakap (*L. mahogany*) ditemukan logam Cr yang melebihi baku mutu. Kedua logam tersebut juga ditemukan melebihi baku mutu pada ikan madah (*A. xanthopterus*). Hal ini mengindikasikan bahwa ketiga jenis ikan tersebut mempunyai kandungan logam berat yang tinggi dan diduga dalam jangka panjang dapat mempengaruhi kesehatan tubuh manusia bila dikonsumsi secara berlebihan.

Pada lokasi yang sama, konsentrasi Pb juga ditemukan tinggi pada ikan belanak (*Mugil cephalus*) oleh Mardani et al. (2018) (Tabel 2). Menurut *United States Geological Survey* (2008) dan *International Lead Association* (2018), logam berat Pb pada lingkungan laut berasal dari baterai, produk yang digulung dan diekstrusi, oksida timah dan garam, peluru, amunisi dan lainnya. Logam berat Pb dapat terakumulasi pada beberapa vegetasi laut seperti fitoplankton, makroalga atau rumput laut dan lamun (Hosea et al., 2019; Rosalina et al., 2019; Sudarmawan et al., 2020). Ikan baronang merupakan jenis ikan herbivora yang menjadikan plankton dan alga sebagai sumber makanan (Bryan, 1975). Sehingga, dapat diketahui bahwa kontaminasi logam berat Pb pada ikan baronang ataupun ikan herbivora lainnya, dapat berasal dari sumber pakannya telah terkontaminasi.

Selain ikan madah (*A. xanthopterus*) dan ikan kakap (*L. mahogany*), jenis-jenis ikan pelagis seperti ikan tenggiri (*Authis thazard*), ikan tongkol (*Acanthocybium solandri*) dan ikan kembung (*Rastrelliger faughni*) di beberapa pasar Jakarta Utara, juga mengandung kromium yang melebihi baku mutu (Mulyaningsih, 2014) (Tabel 2). Semua jenis ikan tersebut tergolong dalam ikan karnivora dan *grazer* yakni memakan zooplankton, ikan, udang dan cumi-cumi kecil. Sumber Cr di lingkungan laut berasal dari proses pelapukan mineral, masukan sungai dan atmosfer (Geisler & Schmidt, 1991). Mineral Cr dapat diakumulasi pada beberapa biota-biota laut yang berukuran kecil seperti juvenil ikan, zooplankton dan udang (Kim & Kang, 2016; Isibor et al., 2020). Maka dari itu, hal ini menjadi alasan dari tingginya kandungan Cr pada ikan karnivora. Sementara itu, ikan kakatua (*S. psittacus*) menjadi salah satu ikan yang mengandung Cu cukup tinggi. Hal ini karena ikan ini memiliki sifat makan

grazing (Bruce & Rendall, 1984), sehingga logam berat yang didapatkan dimungkinkan berasal dari sedimen yang telah terkontaminasi.

Tabel 2. Perbandingan konsentrasi logam berat pada beberapa jenis ikan di wilayah berbeda

Lokasi	Jenis Biota	Nama Lokal	Konsentrasi Logam Berat (mg/kg)					Referensi
			Pb	Zn	Cd	Cu	Cr	
Teluk Bena, Bali	<i>Lutjanus mahogany</i>	Ikan kakap	TT	TT	TT	TT	2,521 ^{ac}	Riset saat ini
	<i>Acanthurus xanthopterus</i>	Ikan madah	4,205 ^{abcd}	0,870	TT	TT	3,714 ^{ac}	
	<i>Gerres subfasciatus</i>	Ikan muduk	TT	2,819	TT	TT	TT	
	<i>Scarus Psittacus</i>	Ikan kakatua	TT	0,760	TT	4,739 ^c	TT	
	<i>Siganus spinus</i>	Ikan baronang	3,634 ^{abcd}	3,313	TT	TT	TT	
Teluk Bena, Bali	<i>Mugil cephalus</i>	Ikan belanak	4,999	TD	0,790	TD	TD	Mardani et al. (2018)
	<i>Siganus guttatus</i>	Ikan baronang	0,398	TD	0,293	TD	TD	
Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat	<i>Selaroides leptolepis</i>	Ikan kelarau	TT	TD	0,057	TD	TD	Caksana et al. (2021)
	<i>Choerodon rubescens</i>	Ikan kambing	TT	TD	0,051	TD	TD	
	<i>Scatophagus argus</i>	Ikan ketang	TT	TD	0,042	TD	TD	
Pasar-pasar di Jakarta Utara, Jakarta	<i>Epinephelus amblycephalus</i>	Ikan kerapu	TT	TD	0,034	TD	TD	Mulyanin gsih (2014)
	<i>Authis thazard</i>	Ikan tenggiri	TD	4,92	TD	TD	1,63	
	<i>Acanthocybium solandri</i>	Ikan tongkol	TD	5,12	TD	TD	1,54	
Perairan Belawan, Sumatera Utara	<i>Rastrelliger faughni</i>	Ikan kembung	TD	9,15	TD	TD	1,89	Fadhlin, (2019)
Perairan Belawan, Sumatera Utara	<i>Johnius belangerii</i>	Ikan gulaman	0,176	TD	0,032	TD	TD	Fadhlin, (2019)
TPI Kluwut Brebes, Jawa Tengah	<i>Lutjanus sp.</i>	Ikan kakap merah	0,094	TD	0,095	TD	TD	Haryanti (2020)
Pesisir Kota Bontang, Kalimantan Timur	<i>Siganus sp.</i>	Ikan baronang	0,721	TD	TD	TD	TD	Zainuri et al. (2011)
TPI Lelong dan TPI Rajawali, Makassar	<i>Sardinella gibbosa</i>	Ikan tembang	TD	TD	TD	0,014 – 0,019	TD	Mu'nisa & Nurham, (2020)
KUD Gabion Belawan, Medan	<i>Decapterus ruselli</i>	Ikan layang	0,035- 0,054	TD	TD	TD	TD	Sinaga dan Yusni, (2020)
Kepulauan Krakatau, Lampung	<i>Acanthurus sohal</i>		0,203	4,305	0,108	TD	0,007	Murwarni et al. (2019)
	<i>Siganus virgatus</i>		0,942	5,675	0,065	TD	0,472	
	<i>Scarus schlegeli</i>		1,670	7,277	0,126	TD	0,212	
	<i>Acanthurus xanthopterus</i>		0,730	8,012	0,106	TD	0,117	
	<i>Plectorhincus vittatus</i>		1,935	10,529	0,153	TD	0,128	
	<i>Zanclus cornutus</i>		0,121	6,548	0,103	TD	0,115	
	<i>Acanthurus nigricans</i>		0,362	8,204	0,203	TD	0,130	

TT: Tidak terdeteksi; TD: Tidak diukur; ^a: baku mutu melebihi FAO (1983); ^b: baku mutu melebihi WHO (1989); ^c: baku mutu melebihi IAEA-407 (2003); ^d: baku mutu melebihi SNI-7387 (2009)

Konsentrasi logam berat pada kerang di Teluk Benoa, Bali

Kelima jenis logam berat ditemukan pada daging kerang dan siput laut yang diamati. Kerang merah (*M. hiantina*) dan kerang darah (*A. antiquata*) mengandung kelima jenis logam berat yang diamati begitupun juga dengan siput laut (*Cerithidea sp.*). Sebaliknya, kerang hijau (*Perna sp.*) hanya mengandung dua jenis logam berat yakni Zn dan Cu dan kerang manila (*M. opima*) yang mengandung tiga jenis logam berat Pb, Cd dan Cr. Konsentrasi jenis logam berat terlihat sangat bervariasi antar jenis kerang dan siput laut. Pada jenis kerang-kerangan, konsentrasi Pb, Zn dan Cu tertinggi ditemukan pada kerang merah (*M. hiantina*) 13,830 mg/kg, 77,790 mg/kg dan 18,580 mg/kg berturut-turut. Sementara itu, konsentrasi Cd dan Cr tertinggi ditemukan pada kerang darah (*A. antiquata*) berturut-turut 2,858 mg/kg dan 9,644 mg/kg. Pada kerang hijau (*Perna sp.*) tidak ditemukan logam berat Pb, Cd dan Cr, sementara Zn dan Cu tidak dapat ditemukan di kerang manila (*M. opima*) (Tabel 3).

Tabel 3. Perbandingan konsentrasi logam berat pada beberapa jenis kerang pada wilayah berbeda

Lokasi	Jenis Biota	Nama Lokal	Konsentrasi Logam Berat (mg/kg)					Referensi
			Pb	Zn	Cd	Cu	Cr	
Teluk Benoa, Bali	<i>Marcia hiantina</i>	Kerang merah	13,83 ^d	77,79	1,93	18,56	2,28	Riset saat ini
	<i>Marcia opima</i>	Kerang manila	1,88 ^d	TT	0,25	TT	0,35	
	<i>Anadara antiquata</i>	Kerang darah	10,34 ^d	63,08	2,86	2,18	9,64	
	<i>Perna sp.</i>	Kerang hijau	TT	9,70	TT	5,79	TT	
Bangka Belitung	<i>Anadara granosa</i>	Kerang darah	TT	TD	TD	0,428	TD	Selpiani et al. (2015)
Muara Sungai Indragiri, Riau	<i>Placuna placenta</i>	Kerang simping	0,48	46,52	0,71	9,06	TD	Lestari et al. (2019)
Pulau Pasaran, Lampung	<i>Anadara granosa</i>	Kerang darah	206,51	TD	TD	95,11	TD	Rahman et al. (2019)
Perairan Batam, Kepulauan Riau	<i>Anadara sp.</i>	Kerang darah	21,56	TD	1,68	11,32	TD	Amelia et al. (2019)
	<i>Perna viridis</i>	Kerang hijau	13,65	TD	0,64	5,03	TD	
	<i>Crassostrea gigas</i>	Tiram	11,33	TD	2,31	7,06	TD	
Perairan Wedung, Jawa Tengah	<i>Amusium pleuronectes</i>	Kerang simping	35,08	TD	8,01	9,47	0,73	Azhar et al. (2012)
Loa Janan ilir, Kalimantan Timur	<i>Anadara granosa</i>	Kerang darah	0,029	0,045	TD	0,039	0,089	Handayani et al. (2020)
	<i>Polymesoda erosa</i>	Kerang kepah	0,020	0,043	TD	0,012	0,105	
Perairan Serangan, Bali	<i>Marcia opima</i>	Kerang manila	2,571	TD	TD	TD	TD	Indrawan et al. (2018)
	<i>Marcia hiantina</i>	Kerang merah	2,422	TD	TD	TD	TD	
	<i>Perna sp.</i>	Kerang hijau	2,093	TD	TD	TD	TD	

TT: Tidak terdeteksi; TD: Tidak diukur; ^d: baku mutu melebihi SNI-7387 (2009)

Dibandingkan pada daging ikan, konsentrasi logam berat jauh lebih tinggi ditemukan pada kerang-kerangan, terutama pada konsentrasi Zn tertinggi pada kerang memiliki perbandingan nilai hampir 28 kali dari daging ikan. Kondisi sedimen di perairan Teluk Benoa pada awalnya memang telah terkontaminasi oleh logam berat Pb, Cd, Cu dan Zn (Indrawan & Putra, 2021). Hal inilah yang menjadi sebuah indikator dari pergerakan logam berat dapat terakumulasi pada kerang karena memiliki cara makan *filter feeder* (Permanawati et al., 2016; Kalangie et al., 2018).

Secara spesifik, kerang merah (*M. hiantina*) memiliki daya akumulasi logam berat tertinggi, yang dibuktikan dari banyaknya jenis logam berat dan konsentrasinya yang tinggi. Dibandingkan penelitian yang sebelumnya oleh Indrawan et al. (2018), konsentrasi logam berat cenderung lebih sedikit dan hanya Pb yang terdeteksi. Kondisi serupa juga ditemukan pada jenis *M. opima*

dan *Perna* sp. (Tabel 3). Selain jenis-jenis tersebut, kerang darah (*A. granosa*) di Teluk Benoa juga dapat mengakumulasi kelima jenis logam berat. Bila dibandingkan dengan wilayah-wilayah lainnya seperti Perairan Bangka, Bangka Belitung (Selpiani et al., 2015), Pulau Pasaran, Lampung (Rahman et al., 2019) dan Loa Janan Ilir, Kalimantan Timur (Handayani et al., 2020), konsentrasi logam berat di Teluk Benoa cenderung jauh lebih tinggi (Tabel 3).

Bila disandingkan dengan baku mutu logam berat pada moluska menurut SNI-7387 (2009), konsentrasi Pb dan Cd pada kerang hujan (*M. hiantina*) dan kerang darah (*A. antiquata*) telah melebihi baku mutu, sedangkan pada Kerang Manila (*M. opima*) hanya parameter Pb yang telah melebihi baku mutu. Sementara itu, belum ada penetapan untuk standar baku mutu konsentrasi Cu, Cr dan Zn pada biota moluska. Sehingga, dapat diketahui bahwa ketiga jenis kerang tersebut berbahaya bila untuk dikonsumsi secara berlebihan. Batasan konsumsi bahan makanan yang tercemar logam berat timbal (Pb) yang direkomendasikan adalah 0,025 mg/kg berat badan (setara dengan 1,5 mg/minggu untuk orang dewasa dengan berat 60 kg) (FAO, 2000).

Konsentrasi logam berat kadmium, kromium, tembaga, timbal dan seng pada siput laut di Teluk Benoa, Bali

Kandungan logam berat Pb dan Cu pada siput laut lebih tinggi dibandingkan dengan kelima jenis kerang. Kedua jenis logam tersebut memiliki nilai konsentrasi tertinggi yakni 14,461 mg/kg dan 82,864 mg/kg berturut-turut. Sementara itu, logam Cd tampaknya cukup rendah yaitu 1,637 mg/kg (Tabel 4). Hal ini membuktikan bahwa siput laut cenderung mengakumulasi logam berat lebih tinggi pada dagingnya dibandingkan dengan kerang di Teluk Benoa.

Tabel 4. Perbandingan konsentrasi logam berat pada beberapa jenis siput laut di wilayah berbeda

Lokasi	Jenis Biota	Nama Lokal	Konsentrasi Logam Berat (mg/kg)					Referensi
			Pb	Zn	Cd	Cu	Cr	
Teluk Benoa, Bali	<i>Cerithidea</i> sp.	Siso, Batu-batu	14,46 ^d	18,62	1,64 ^d	82,86	9,64	Penelitian saat ini
Pulau Bintan, Kepulauan Riau	<i>Strombus canarium</i>	Siput gonggong	0,92	TD	TD	TD	TD	Nasution & Siska (2011)
Pantai Desa Gemuruh, Kepulauan Riau	<i>Cerithidea montagnei</i>	Siput sedut	1,032	4,151	TD	0,926	TD	Esteria et al. (2013)
Perairan Teluk Kendari, Sulawesi Tenggara	<i>Terebralia sulcata</i>	Siput bakau	1,11 – 1,61	TD	0,02 – 0,61	TD	TD	Ahmad et al. (2019)
Perairan Kecamatan Bukit Bestari, Riau	<i>Strombus</i> sp.	Siput gonggong	1,03 – 1,98	TD	0,031 – 0,036	TD	TD	Anam et al. (2019)
Perairan Pulau Kundur, Riau	<i>Cerithidea montagnei</i>	Siput sedut	TD	104,73 – 122,52	TD	1,08 – 1,61	1,49 – 5,04	Surya et al. (2018)

TT: Tidak terdeteksi; TD: Tidak diukur; ^d: baku mutu melebihi SNI-7387 (2009)

Siput laut memiliki konsentrasi logam berat lebih tinggi dari ikan dan kerang. Jenis *Cerithidea* sp. cenderung mengakumulasi logam berat Cu lebih tinggi dibandingkan jenis logam berat lainnya. Bila dibandingkan dengan penelitian di Pantai Desa Gemuruh, Kepulauan Riau (Esteria et al., 2013), pada genus yang sama tingkat akumulasi logam berat di Teluk Benoa jauh lebih tinggi, bahkan dengan spesies-spesies jenis lainnya (Tabel 4). Sesuai dengan baku mutu logam berat pada moluska menurut SNI-7387 (2009), konsentrasi

logam berat Pb dan Cd pada siput laut *Cerithidea* sp. telah melebihi baku mutu yang ditetapkan. Tingginya konsentrasi logam berat pada siput laut diduga berasal dari sedimen yang telah terkontaminasi, karena sifat siput laut yang makan sisa-sisa makanan dari sedimen.

SIMPULAN

Konsentrasi logam berat tertinggi ditemukan pada ikan kakatua (*S. Psittacus*) untuk parameter Cu sebesar 4.739 mg/kg, sementara Pb terbesar ditemukan pada ikan madah (*A. xanthopterus*) yakni 4.205 mg/kg. kerang merah (*M. hiantina*) dan kerang darah (*A. antiquata*) merupakan dua jenis kerang yang memiliki konsentrasi logam berat yang paling tinggi. Secara keseluruhan konsentrasi logam berat juga tinggi ditemukan pada siso/batu-batu (*Cerithidea* sp.). Terdapat tiga jenis ikan yang mengandung logam berat yang melebihi baku mutu yakni ikan kakap (*L. mahogany*), ikan madah (*A. xanthopterus*) dan ikan baronang (*S. spinus*). Tiga jenis kerang juga ditemukan memiliki kandungan Pb ataupun Cd yang melebihi baku mutu SNI-7387 yakni *M. hiantina*, *M. opima* dan *A. antiquata*. Siput laut *Cerithidea* sp.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Rektor Universitas Udayana yang telah mendanai penelitian ini sesuai DIPA PNBPU Universitas Udayana TA-2021 sesuai dengan Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Penelitian Nomor :03/UN14.2.13/PT.01.03/2021, tanggal 3 Mei 2021.

KEPUSTAKAAN

- Alfiaturrohmaniah A, Amdani A, Djari AA. 2020. Kesesuaian Wisata Bahari di Pantai Tanjung Benoa, Provinsi Bali. *Pelagicus* **1(1)**: 11-20.
- Amelia F, Ismarti I, Ramses R, Rozirwan R. 2019. Biokonsentrasi Faktor Logam Berat pada Kerang dari Perairan Batam, Kepulauan Riau, Indonesia. *EduChemia* **4(2)**: 152-163.
- Anam K, Idris F, Syakti AD. 2019. Analisis Kandungan Logam Berat Pb dan Cd pada Siput Gonggong (*Strombus* sp) di Perairan Kecamatan Bukit Bestari. *Buana Sains* **19(1)**: 37-46.
- Aryawan IGNR, Suprihatin IE. 2017. Kandungan logam Pb dan Cu total dalam air, ikan, dan sedimen di kawasan Pantai Serangan serta bioavailabilitasnya. *Jurnal Kimia* **11(1)**: 56-63.
- Azhar H, Widowati I, Suprijanto J. 2012. Studi kandungan logam berat Pb, Cu, Cd, Cr pada kerang simping (*Amusium pleuronectes*), air dan sedimen di Perairan Wedung, Demak serta analisis maximum tolerable intake pada manusia. *Journal of Marine Research* **1(2)**: 35-44.
- Bruce RW, Randall JE. 1984. Scaridae. In W. Fischer and G. Bianchi (eds.) *FAO species identification sheets for fishery purposes*. Volume 3. FAO: Rome.
- Bryan P. 1975. Food habits, functional digestive morphology, and assimilation efficiency of the rabbitfish *Siganus spinus* (Pisces, Siganidae) on Guam. *Pac. Sci.* **29(3)**: 269-277.
- Budiarta IK, Faiqoh E, Dirgayusa IGNP. 2020. Accumulation of Heavy Metal Lead (Pb) And Cadmium (Cd) In *Halophila ovalis* And *Thalassia hemprichii* As Agents of Phytoremediation in South Serangan. *Journal of Marine and Aquatic Sciences* **6(2)**: 161-168.
- Caksana MU, Aritonang AB, Risiko R, Muliadi M, Sofiana MSJ. 2021. Analisis Kandungan Logam Berat Pb, Cd dan Hg pada Ikan di Pantai Samudra Indah Kabupaten Bengkayang. *Jurnal Laut Khatulistiwa* **4(3)**: 109-118.
- Datta D, Talapatra SN, Swarnakar S. 2015. Bioactive compounds from marine invertebrates for potential medicines-an overview. *International Letters of Natural Sciences* **7(1)**: 42-61.
- Dahuri R. 2003. *Keanekaragaman Hayati Laut: Aset Berkelanjutan Pembangunan Indonesia*. PT Gramedia Pustaka: Jakarta.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran, Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. UI Press: Jakarta.
- Esteria YY, Amin B, Yoswaty D. 2018. Analisis Kandungan Logam Pb, Cu, Zn Pada Air Laut Dan Siput *Cerithidea Montagnei* Di Perairan Pantai Desa Gemuruh Pulau Kundur Kabupaten Karimun Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Perikanan dan Kelautan* **23(2)**: 16-22.

- Fadhlin A. 2019. Analisis Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Ikan Gulamah (Johnius belangerii) di Perairan Belawan Provinsi Sumatera Utara. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara: Sumatra Utara.
- FAO. 1983. Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. *FAO Fishery Circular No. 464*, 764: 5–100.
- Fitriyah KR. 2007. “Studi Pencemaran Logam Berat Kadmium (Cd), Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) pada Air Laut, Sedimen dan Kerang Bulu (*Anadara aniquata*) di Perairan Pantai Lekok Pasuruan”. *Skripsi*. Universitas Islam: Malang
- Geisler CD, Schmidt D. 1991. An overview of chromium in the marine environment. *Deutsche Hydrografische Zeitschrift* **44(4)**:185-196.
- Handayani R, Natalinda B, Noorlia S, Majid, A. 2020. Kadar Logam Berat Cu, Cr, Pb dan Zn pada Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Muara Elo dan Kerang Kepah (*Polymesoda erosa*) di Loa Janan Ilir Kalimantan Timur. *Jamb. J. Chem.* **2(2)**: 70-77.
- Haryanti ET, Martuti NKT. 2020. Analisis Cemar Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Dalam Daging Ikan Kakap Merah (*Lutjanus sp.*) Di TPI Kluwut Brebes. *Life Science* **9(2)**: 149-160.
- Hosea F, Mantiri DM, Paulus JJ, Rompas RM, Lumoindong F, Mudeng JD. 2019. Analisis Logam Berat Timbal (Pb) pada *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Alga Merah yang di Budidaya di Teluk Totok Minahasa Tenggara, Sulawesi Utara. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis* **7(3)**: 157-166.
- Indrawan GD, Arthana IW, Yusup DS. 2018. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Kerang di Kawasan Perairan Serangan Bali. *Jurnal Metamorfosa* **5(2)**: 144-150.
- Indrawan GS, Putra, ING, 2021. Heavy Metal Concentration (Pb, Cu, Cd, Zn) In Water and Sediments in Serangan Waters, Bali. *Metamorfosa: Journal of Biological Sciences* **8(1)**: 115-123.
- Isibor PO, Imoobe TOT, Dedeke GA, Adagunodo TA, Taiwo OS. 2020. Health risk indices and zooplankton-based assessment of a tropical rainforest river contaminated with iron, lead, cadmium, and chromium. *Scientific Reports* **10(1)**: 1-16.
- International Lead Association. 2018. Global Lead Uses. <https://www.nrcan.gc.ca/our-natural-resources/minerals-mining/minerals-metals-facts/lead-facts/20518>.
- Kalangie DJM, Widowati I, Suprijanto J. 2018. Kandungan Seng (Zn) dalam Air, Sedimen dan Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Perairan Tambaklorok Semarang. *Journal of Marine Research* **7 (1)**: 49-58.
- Kim JH, Kang JC. 2016. The chromium accumulation and its physiological effects in juvenile rockfish, *Sebastes schlegelii*, exposed to different levels of dietary chromium (Cr6+) concentrations. *Environmental toxicology and pharmacology* **41(1)**: 152-158.
- Kılıç Z. 2021. Water pollution: causes, negative effects and prevention methods. *Journal of Istanbul Sabahattin Zaim University Natural Sciences Institute* **3(2)**: 129-132.
- Lestari I, Amin BA, Marnis M. 2019. Analisis Konsentrasi Logam Berat pada Kerang Simpson (*Placuna placenta*) dan Air sebagai Indikator Kualitas Perairan Muara Sungai Indragiri. *Jurnal Ilmu Lingkungan* **13(1)**: 45-54.
- Malve H. 2016. Exploring the ocean for new drug developments: Marine pharmacology. *Journal of pharmacy & bioallied sciences* **8(2)**: 83-91.
- Mardani NPS, Restu IW, Sari AHW. 2018. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Pada Badan Air dan Ikan di Perairan Teluk Bena, Bali. *Current Trends in Aquatic Science* **1(1)**:106-113.
- Mulyaningsih TR. 2014. Monitoring logam berat dalam ikan laut dan air tawar dan evaluasi nutrisi dari konsumsi ikan. *GANENDRA Majalah IPTEK Nuklir* **17(1)**: 9-15.
- Mu'nisa A, Nurham. 2010. Analisis Cemar Logam Berat Tembaga (Cu) pada Ikan Tembang (*Sardinella gibbosa*) yang dipasarkan di Makassar. *Bionature* **11(2)**: 61-64.
- Muwarni S. 2019. Analysis of heavy metals in coral fish species in sea natural reserves of Krakatau Islands. *International Journal of Ecophysiology* **1(2)**: 107-116.
- Nasution S, Siska M. 2011. Kandungan logam berat Timbal (Pb) pada sedimen dan siput *Strombus canarium* di Perairan Pantai Pulau Bintan. *Jurnal Ilmu Lingkungan* **5(2)**: 82-93.
- Negara GS. 2020. Dampak Lingkungan Terhadap Pencemaran Laut Di Pesisir Utara Pulau Bintan Selama Musim Angin Utara. *Jurnal Saintek Maritime* **20(2)**: 137-144.
- Permanawati Y, Zuraida R, Ibrahim A. 2016. Kandungan Logam Berat (Cu, Pb, Zn, Cd, dan Cr) Dalam Air Dan Sedimen Di Perairan Teluk Jakarta. *Jurnal Geologi Kelautan* **11(1)**: 9-16.
- Rahmah S, Maharani HW, Efendi E. 2019. Konsentrasi logam berat Pb dan Cu pada sedimen dan kerang darah (*Anadara granosa* Linn, 1758) di Perairan Pulau Pasaran, Kota Bandar Lampung. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal* **6(1)**: 22-27.
- Rasyid A. 2008. Biota laut sebagai sumber obat-obatan. *Oseana* **33(1)**: 11-8.

- Riani E. 2021. *Perubahan iklim dan kehidupan biota akuatik (Dampak pada bioakumulasi bahan berbahaya dan beracun & reproduksi)*. PT Penerbit IPB Press: Bogor.
- Rosalina D, Herawati EY, Musa M, Sofarini D, Amin M, Risjani Y. 2019. Lead accumulation and its histological impact on *Cymodocea serrulata* seagrass in the laboratory. *Sains Malaysiana* **48(4)**: 813-822.
- Selpiani L, Rosalina D. 2015. Konsentrasi Logam Berat (Pb, Cu) Pada Kerang Darah (Anadara Granosa) di Kawasan Pantai Keranji Bangka Tengah dan Pantai Teluk Kelabat Bangka Barat. *Oseatek* **9(1)**: 21-34.
- Sinaga RZ, Yusni E. 2020. February. Analysis of lead (Pb) heavy metal content in Layang fish (*Decapterus russelli*) in KUD Gabion Belawan, Medan City. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 454, No. 1, p. 012132). IOP Publishing.
- Sudarmawan AR, Suteja Y, Widiastuti. 2020. Logam Berat Timbal (Pb) pada Air dan Plankton di Teluk Benoa, Badung, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences* **6(1)**: 133-139.
- Sudiarta K, Hendrawan IG, Putra KS, Dewantama IMI. 2013. *Kajian Modeling Dampak Perubahan Fungsi Teluk Benoa untuk Sistem Pendukung Keputusan (Decision Support System) dalam Jejaring KKP Bali*. Laporan Conservation International Indonesia (CII): Jakarta.
- Surya MR, Amin B, Yoswati D. 2018. Kandungan Logam Cr, Cu, dan Zn pada Daging Siput Sedut (*Cerithidea montagnei*) dengan Ukuran Berbeda di Perairan Pulau Kundur Kabupaten Karimun Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Perikanan dan Kelautan* **23(2)**: 16-22.
- Suteja Y, Purwiyanto AIS. 2018, June. Nitrate and phosphate from rivers as mitigation of eutrophication in Benoa bay, Bali-Indonesia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 162, No. 1, p. 012021). IOP Publishing.
- U.S. Geological Survey, 2008, Mineral commodity summary, accessed February 27, 2022, at URL http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/statistical_summary/
- Wijaya B, Amin B, Nedi S. 2013. Analisis kandungan logam Pb, Cu dan Zn pada Air Laut dan Sedimen di Perairan Teluk Pangke Kabupaten Karimun Provinsi Kepulauan Riau. *Skripsi*. Universitas Riau: Pekanbaru.
- WHO. 1989. *Evaluation of certain food additives and contaminants*. 33rd Report of the Joint FAO/WHO expert committee on food additives: Technical Report Series Geneva.
- Wyse EJ, Azemard S, Mora SJ. 2003. *Report on the World-wide Intercomparison Exercise for the Determination of Trace Elements and Methylmercury in Fish Homogenate IAEA-407*. Diakses pada: https://nucleus.iaea.org/sites/ReferenceMaterials/Shared%20Documents/ReferenceMaterials/TraceElements/IAEA-407/rs_iaea-407.pdf
- Zainuri M, Sudrajat S, Siboro ES. 2011. Kadar Logam Berat Pb Pada Ikan Beronang (*Siganus* sp.), Lamun, Sedimen dan Air di Wilayah Pesisir Kota Bontang-Kalimantan Timur. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology* **4(2)**: 102-118.

JURNAL BIOLOGI UDAYANA

P-ISSN: 1410-5292 E-ISSN: 2599-2856

Volume 27 | Nomor 1 | Juni 2023

DOI: <https://doi.org/10.24843/JBIOUNUD.2023.v27.i01.p09>

Botani, ekologi, fitokimia, bioaktivitas, dan pemanfaatan pucuk merah (*Syzygium myrtifolium* Walp.) di Indonesia: Suatu Kajian Pustaka

Botanical, ecology, phytochemical, bioactivity, and utilization of kelat oil (*Syzygium myrtifolium* Walp.) in Indonesia: A Review

Dimas Ario Setiawan¹, Anisatu Z. Wakhidah^{1,2*}

¹⁾ Biology Education Program, Faculty Education and Teacher Training, IAIN Metro Lampung.
Jl. Ki Hajar Dewantara No.15A, Iringmulyo, Kota Metro, Lampung 34112

²⁾ Association of Indonesian Ethnobiology Society, Kusnoto Building Lt. 4 Jl. Ir. H. Juanda No. 18 Bogor 16122, Indonesia

*Email: anisatuzwakhidah@metrouniv.ac.id

Diterima
19 Februari 2023

Disetujui
xxx xxx 2023

INTISARI

Pucuk merah (*Syzygium myrtifolium* Walp.) merupakan salah satu tanaman hias yang populer di Indonesia. Namun selain memiliki potensi dalam aspek ekonomi, tanaman ini juga berpotensi untuk dimanfaatkan secara holistik untuk mendukung pembuatan obat herbal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperluas cakupan kajian tentang penggunaan pucuk merah oleh masyarakat. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode studi dan analisis literatur yang meliputi ekologi, botani, fitokimia, bioaktivitas dan pemanfaatan pucuk merah. Metode penelitian adalah mengkaji artikel ilmiah yang dipublikasikan hasil pencarian online melalui google scholar dan researchgate dengan kata kunci yang berhubungan dengan *Syzygium myrtifolium* seperti botani dan ekologi, pemanfaatan, pemanfaatan lokal, etnobotani, kandungan fitokimia, dan bioaktivitas *Syzygium myrtifolium*. Hasil penelitian ini menjelaskan bahwa daun tanaman pucuk merah memiliki beberapa fitokimia seperti flavonoid dan alkaloid yang memiliki bioaktivitas dan berpotensi sebagai bahan pembuatan obat, antiseptik, antibakteri, antidiabetes, antihipertensi, dan upaya rehabilitatif luka bakar. Secara umum pemanfaatan pucuk merah oleh masyarakat di Indonesia adalah sebagai tanaman hias, penunjang kegiatan penghijauan, penanggulangan banjir dan longsor, bahan belajar pembelajaran luar kelas, dan juga sebagai pelengkap upacara keagamaan.

Kata kunci: botani, bioaktivitas, ekologi, fitokimia, pemanfaatan pucuk merah

ABSTRACT

Kelat oil (*Syzygium myrtifolium* Walp.) is one of the most popular ornamental plant in Indonesia. However, apart from having potential in the economic aspect, this plant also has the potential to be used holistically to support the manufacture of herbal medicines. The purpose of this research is to increase the scope of studies on the use of kelat oil by the community. This research was conducted using the study method and literature analysis which included ecology, botany, phytochemistry, bioactivity and utilization of kelat oil. The research method is to examine published scientific articles online search results through google scholar and researchgate with keyword that connected to *Syzygium myrtifolium* such as botanical and ecological, utilization, local use, ethnobotany, phytochemical content, and bioactivity of *Syzygium myrtifolium*. The results of this study explain that the leaves of the kelat oil plant have several phytochemicals such as flavonoids and alkaloids which has bioactivity and potentially as an ingredient for making medicines, antiseptics, antibacterial, antidiabetics, antihypertension, and rehabilitative efforts for burns. In general, the use of red shoots by people in Indonesia is as an ornamental plant, supporting reforestation activities, mitigating floods and landslides, as a support for outdoor learning, and also as a complement to religious ceremonies.

Keywords: botany, bioactivity, ecology, phytochemistry, utilization kelat oil.

PENDAHULUAN

Pertanian merupakan salah satu sektor terbesar yang dikembangkan oleh masyarakat Indonesia dan juga merupakan penopang pembangunan ekonomi nasional (Kementerian Pertanian RI, 2018). Subsektor hortikultura merupakan salah satu subsektor pertanian yang terdiri dari komoditas buah-buahan, sayuran, tanaman hias dan tanaman obat-obatan yang sangat potensial untuk dikembangkan sebagai salah satu sumber pendapatan (Istiqomah et al., 2018). Umumnya, budidaya hortikultura diusahakan lebih intensif dibandingkan dengan budidaya tanaman lainya. Tanaman hortikultura memiliki berbagai fungsi dalam kehidupan manusia, misalnya tanaman hias untuk memberi keindahan (estetika), buah-buahan sebagai makanan maupun tanaman herbal sebagai obat-obatan (Andani et al., 2021).

Salah satu subsektor komoditi hortikultura yang banyak diminati yaitu tanaman hias. Subsektor ini merupakan salah satu komoditi pertanian yang cocok dikembangkan dengan sistem agribisnis (Agastya et al., 2022). Tanaman hias sendiri dapat berupa tanaman hias pot, tanaman hias potong, tanaman hias daun, dan tanaman hias lanskap atau taman, yang manfaat dan kegunaan tanaman hias ini setidaknya memiliki tiga aspek kepentingan yaitu ekonomi, seni dan lingkungan (Badan Pusat Statistik, 2021). Selain sebagai tanaman hias, masyarakat Indonesia juga biasanya menggunakan tanaman sebagai obat tradisional untuk mengobati sakit ringan yang biasa dirasakan sehari-hari (Malik et al., 2022). Di Indonesia terdapat banyak ragam maupun jenis tumbuhan sebagai tanaman hias yang populer (Haryati et al., 2015) baik karena mempunyai morfologi yang menarik maupun karena manfaat dari tumbuhan tersebut.

Pucuk merah (*Syzygium myrtifolium* Walp.) merupakan salah satu jenis tanaman hias yang paling banyak diminati oleh masyarakat (Andani et al., 2021). Tumbuhan ini memiliki daun yang rimbun dan berwarna merah yang menarik sehingga banyak digunakan sebagai tanaman penghias rumah dan taman. Rindangnya daun pada tumbuhan pucuk merah mendukung terciptanya lingkungan yang teduh serta mendukung kemampuan penyerapan karbon dioksida (CO₂) yang lebih besar dibandingkan jenis tumbuhan yang lain. Hal ini dilihat dari laju fotosintesis dan kandungan timbal (PB) daun pucuk merah (Ningsih, 2017). Pemanfaatan tumbuhan pucuk merah sebagai tanaman hias masih lebih mendominasi (Pratama et al., 2022) dibandingkan pemanfaatan tumbuhan pucuk merah sebagai bahan obat oleh masyarakat Indonesia. Kurangnya pemanfaatan tumbuhan pucuk merah sebagai bahan obat-obatan dilatarbelakangi oleh ketidaktahuan masyarakat akan potensi yang dimiliki oleh tumbuhan tersebut untuk dijadikan bahan obat-obatan (Haryati et al., 2015). Masyarakat meyakini bahwa tumbuhan ini hanya cocok dimanfaatkan sebagai tanaman hias saja (Nurasyikin, 2019). Masyarakat cenderung belum memanfaatkan pucuk merah sebagai obat. Padahal apabila ditinjau berdasarkan aktivitas farmakologisnya tumbuhan ini berperan dalam peningkatan kesehatan.

Aktivitas farmakologis dari pucuk merah menarik untuk ditinjau lebih lanjut. Daun pucuk merah merupakan bagian yang paling berpotensi dijadikan sebagai bahan obat herba (Hasti et al., 2022). Ekstrak metanol daun pucuk merah mengandung senyawa fenolat, antioksidan flavonoid, dan *betunilic acid* yang dapat dimanfaatkan sebagai penghambat angiogenesis dan tumor pada tikus (Hasti et al., 2022) dan tentunya dapat dikembangkan agar pemanfaatan senyawa aktif tersebut dapat diaplikasikan pada manusia dalam kasus kesehatan yang lebih luas. Penelitian ini bertujuan untuk mengumpulkan informasi ilmiah mengenai pucuk merah (*S. myrtifolium*) meliputi botani, ekologi, kandungan fitokimia, bioaktivitas serta pemanfaatannya oleh masyarakat di Indonesia.

Diharapkan dengan pengumpulan data-data penelitian yang sudah ada mengenai pucuk merah, tumbuhan ini tidak hanya dapat dimanfaatkan sebagai tanaman hias (kebutuhan estetika), namun potensi dari tanaman ini dapat lebih tereksplorasi untuk bidang ekonomi, kesehatan, maupun pendidikan.

METODE

Penelitian ini dilakukan dengan metode studi dan analisis literatur. Metode studi pustaka adalah serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca, mencatat, dan mengolah bahan penelitian (Zed, 2008). Hampir seluruh pustaka yang berkaitan dengan botani dan ekologi, kandungan fitokimia, bioaktivitas pucuk merah (*S. myrtifolium*) serta pemanfaatannya di Indonesia yang dipublikasikan diatas tahun 2000 dikumpulkan lalu dikaji. Sumber literatur yang dikaji berasal dari artikel ilmiah terpublikasi hasil penelusuran secara online melalui *google scholar* dan *researchgate*, serta artikel ilmiah botani yang dipublikasikan pada website yang kredibilitasnya dapat dipertanggungjawabkan seperti <https://powo.science.kew.org> dan <https://www.nparks.gov.sg>. Kata kunci yang digunakan yaitu ‘botani dan ekologi *Syzygium myrtifolium*’, ‘pemanfaatan *Syzygium myrtifolium*’, ‘penggunaan lokal *Syzygium myrtifolium*’, ‘etnobotani *Syzygium myrtifolium*’, ‘fitokimia *Syzygium myrtifolium*’, dan ‘bioaktivitas *Syzygium myrtifolium*’. Data yang sudah dikumpulkan, dianalisis, kemudian disajikan dalam tabel sesuai kategori yang akan dibahas. Data tersebut dijelaskan secara deskriptif guna menguraikan dan menjelaskan informasi mengenai botani dan ekologi pucuk merah, kandungan fitokimia dan bioaktivitasnya, serta berbagai pemanfaatan pucuk merah di beberapa wilayah di Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Botani dan Ekologi

Pucuk merah (*S. myrtifolium*: Myrtaceae) merupakan tumbuhan berbiji tertutup (Angiospermae) berhabitus pohon menahun dengan tajuk semak yang padat, dapat tumbuh hingga 30 meter. Posisi daunnya berhadapan, helaian daun berbentuk elips sampai *lanceolate*, panjangnya sampai 6-7,5 cm dan lebar 2-2,5 cm (Haryanti et al., 2021). Daunnya saat masih pucuk berwarna kuning, orange kemerahan lalu berubah menjadi merah kecokelatan lalu hijau ketika dewasa (Salsabila, 2020). Bunganya mirip tepung berwarna kuning sampai putih, dengan perbungaan bercabang panjangnya sampai 4 cm (Haryanti et al., 2021). Buahnya yang berbentuk bulat hingga elipsoid berwarna ungu tua atau kehitaman, dengan lebar sekitar 9 mm (Nurasyikin, et al., 2019). Habitat tumbuhan ini berada di hutan primer dan sekunder dataran rendah, di hutan pantai, dekat rawa air tawar dan di sepanjang tepi sungai. Persebaran asal dari spesies ini yaitu wilayah Bangladesh hingga Malesia Tengah dan Barat. Tumbuhan ini lebih banyak ditemukan di bioma tropis basah (POWO, 2023). Berdasarkan IUCN (2023), status konservasi jenis ini masih belum terevaluasi (NE). Tumbuhan ini sudah sangat terdomestikasi di masyarakat Indonesia karena pemanfaatannya sebagai tanaman hias, tanaman lanskap di taman-taman dan tanaman pembatas.



Gambar 1. Distribusi pucuk merah (*Syzygium myrtifolium* Walp.) di Asia Tenggara. Tumbuhan ini tersebar di wilayah Bangladesh, Borneo, Malaya, Myanmar, Philippines, Thailand, Sumatera, dan Jawa (area berwarna lebih gelap). (Sumber POWO 2019)

Masyarakat global menyebut tumbuhan pucuk merah dengan berbagai nama seperti, kelat oil, kelat paya, dan kelat oil. Berdasarkan taksonomi, nama latin dari pucuk merah yaitu *Syzygium myrtifolium* Walp. Genus '*Syzygium*' berasal dari kata '*syzygos*' (Yunani 'bergabung'), berkaitan dengan pasangan duduk daun yang berlawanan. Istilah pada nama spesies '*myrtifolium*' berarti *myrtle-leaved*, menggambarkan bagaimana bentuk helaian daun dan teksturnya menyerupai daun dari suku Myrtaceae atau suku jambu-jambuan (Ningsih, 2017)). Nama tersebut memiliki kurang lebih 8 sinonim yang telah resmi didaftarkan pada sistem nama tumbuhan internasional (IPNI), yaitu *Eugenia myrtifolia* Roxb.; *Eugenia oleina* Wight.; *Eugenia parva* C.B.Rob.; *Eugenia sinubanensis* Elmer.; *Syzygium campanellum* Miq.; *Syzygium campanulatum* Korth.; *Syzygium campanulatum* var. *longistylum* Chantar. & J.Parn.; *Syzygium sinubanense* (Elmer) Diels. (POWO, 2019).

Pucuk merah (*S. myrtifolium*) merupakan spesies asli wilayah Asia Tenggara, tersebar dari bagian utara India, Myanmar, Thailand, Semenanjung Malaysia, Singapura, Sumatera, Kalimantan, dan Filipina (Gambar 1). Habitat asli pucuk merah berupa hutan pantai, hutan hujan primer, hutan dan hujan sekunder. Selain itu, pucuk merah tumbuh secara alami pada hutan primer dan sekunder di dataran rendah dengan curah hujan tinggi, hutan pantai, dekat rawa-rawa air tawar dan sepanjang aliran sungai (Surya, et al., 2022). Saat ini, pucuk merah digunakan di banyak tempat sebagai tanaman hias; komponen di kebun dan tanaman pinggir jalan (Agus et al., 2015). Hal tersebut kemungkinan karena warna merah yang menarik pada daun mudanya, habitus berupa semak pendek sehingga mudah dipangkas dan diatur, mudah diperbanyak dan disediakan bibitnya, serta tumbuhan ini adaptif di berbagai kondisi habitat, dengan bunga yang melimpah.



Gambar 2. Habitus pucuk merah (*Syzygium myrtifolium* Walp.) berupa perdu (A); Daun yang berwarna merah saat muda (B); Bunga dengan karakter khas family Myrtaceae (C); Buah saat matang berwarna merah (D) (Sumber: Flora Fauna Web 2023)

Kandungan Fitokimia dan Bioaktivitas

Pucuk merah (*S. myrtifolium*) merupakan tumbuhan yang mengandung beberapa senyawa aktif sebagai pendukung bioaktivitas potensial (Tabel 1). Senyawa fitokimia tersebut meliputi alkaloid, flavonoid, tanin, lipid (Sofiyanti et al., 2022), etanol (Hasti et al., 2022), dan minyak atsiri (Sembiring et al., 2017) yang melimpah dalam daun. Minyak atsiri yang terkandung dalam daun muda pucuk merah memiliki rendemen yang lebih besar dibandingkan dengan daun tua. Sebanyak 0,18 % terkandung dalam daun muda dan 0,118% pada daun tua (Sembiring et al., 2017). Beberapa penelitian yang dilakukan pada aktivitas farmakologis pucuk merah menunjukkan bioaktivitas berupa antioksidan, antibakteri, antijamur, antivirus (Rahma, 2021); Ahmad et al., 2022), antidiabetik (Syilfia et al., 2017), antihipertensi (Sandhiutami et al., 2022) dan efek hipoglikemik (Sundhani et al., 2017).

Daun pucuk merah dilaporkan memiliki potensi kuat yang beraktivitas untuk menghambat pertumbuhan bakteri diantaranya memiliki kandungan tanin, saponin, flavonoid, dan minyak atsiri (Purba et al., 2021) yang didukung oleh penelitian Putri et al. (2020) dan Djohan et al. (2022) yang melaporkan bahwa kandungan fitokimia tersebut dapat di dimanfaatkan sebagai bahan aktif *sanitizer* dengan variasi konsentrasi 5%, 10%, 15%, dan 20% dan didapat kan rata-rata nilai zona hambatnya yaitu 11.8 mm, 12.6 mm, 13.75 mm dan 14.4 mm dengan uji Regresi Linier Sederhana diperoleh nilai $p = 0.000$ ($p < 0,05$) yang artinya ada pengaruh konsentrasi *hand sanitizer* perasan daun pucuk merah terhadap daya hambat bakteri seperti *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* seperti yang dilaporkan oleh Haryati et al. (2015). Lain halnya dengan yang diungkapkan oleh Purba & Putri (2022), peneliti tersebut mengungkapkan bahwa jika ekstrak etanol daun pucuk merah (*S. myrtifolium*) dikombinasikan dengan daun waru

(*Hibiscus tiliaceus*) dengan konsentrasi 15% menunjukkan efektivitas antibakteri yang lebih besar dengan rerata daya hambat senilai 15.42 mm terutama untuk bakteri *Salmonella thypi*.

Tabel 1. Bagian tumbuhan pucuk merah (*Syzygium myrtifolium* Walp.) yang kebanyakan berupa daun dengan kandungan fitokimia beserta bioaktivitasnya

Bagian Tumbuhan	Kandungan Fitokimia	Bioaktivitas
Daun	Alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, dan glikosida (Purba et al. 2021)	Antibakteri terhadap <i>Salmonella typhi</i> (Salsabila, 2020)
Daun	1-Octadecene; bis (2-ethylhexyl) hexanedioic; and bis (2-ethylhexyl) phthalate (Novianti et al. 2019)	
Daun	Alkana (C23) dan golongan asam lemak jenuh yaitu asam lemak alkil ester (Sunarto & Martinus, 2019)	Antibakteri (Sunarto & Martinus, 2019; Djohan et al., 2022)
Daun	Alkaloid, triterpenoid, steroid, fenolat, flavonoid dan saponin (Juwita et al., 2017); flavonoid dan terpenoid (Sundhani et al., 2017)	Antihiperurisemia (Juwita et al., 2017); Antihipertensi (Sandhiutami et al., 2022); efek hipoglikemik (Sundhani et al., 2017)
Daun	Alkaloid, flavonoid, fenolik dan triterpenoid, senyawa alkaloid dan senyawa fenolik (Wati et al., 2017)	Penghambat angiogenesis, tumor pada tikus, Toksisitas Subkronis hati dan ginjal (Hasti et al., 2022)
Daun	Etanol (Maulana et al., 2021), alkaloid, flavonoid dan tannin (Dias & Moraes, 2014, Noviantri et al. 2016).	Aktivitas anti larvasida terhadap larva nyamuk <i>Aedes aegypti</i> (Maulana et al., 2021)
Daun	Alkaloid, triterpenoid dan steroid; fraksi etil asetat mengandung alkaloid, triterpenoid, fenolik dan flavonoid, triterpenoid, saponin dan fenolik (Hayati et al., 2016)	Antibakteri pada aktivitas tumbuh <i>Staphylococcus aureus</i> & <i>Escherichia coli</i> (Hayati et al., 2016); Antifungi (Rahma, 2021); Hepatoprotektor (Aeni, 2016)
Buah	Antosianin (Santoni et al., 2013)	Pewarna alami (Nurasyikin et al., 2019)

Selain itu, Syari et al. (2022) juga menjelaskan bahwa senyawa flavonoid, alkaloid, saponin, tanin, polifenol yang terdapat pada tanaman pucuk merah memiliki aktivitas antidiabetes. Ada efek yang signifikan dengan penambahan ekstrak daun pucuk merah terhadap kadar glukosa darah. Alkaloid yang terkandung dalam daun pucuk merah juga mempunyai kegiatan fisiologi yang menonjol dan berpotensi digunakan secara luas dalam bidang pengobatan (Pay et al., 2022) karena alkaloid mempunyai kemampuan regenerasi sel β pankreas yang rusak (Emilda, 2018). Novianti et al. (2019) melaporkan identifikasi menggunakan GC-MS menunjukkan bahwa pada ekstrak n-Heksana daun pucuk merah mengandung 3 senyawa dominan yaitu bis (2-etil heksil) heksanadioat; 1-oktadekena; dan bis (2-etil heksil) ftalat yang dapat dikembangkan menjadi senyawa aktif dalam sediaan farmasetik.

Berdasarkan penelitian Hasti et al. (2022), pucuk merah mengandung etanol yang bersifat toksisitas subkronik terhadap cara kerja hati dan ginjal pada tikus. Pada uji toksisitas subkronik pada mencit putih (*Mus musculus*) aman terhadap

fungsi hati dan ginjal pada dosis 300 mg/kgBB sehingga membuktikan ekstrak pucuk merah berpotensi dipergunakan sebagai bahan aktif sediaan farmasetik yang berhubungan dengan gangguan hati, ginjal hingga gangguan angiogenesis dan tumor. Hal ini juga didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Pratama et al. (2022) yang memaparkan bahwa ekstrak daun pucuk merah dengan pengolahan secara fermentasi dapat meningkatkan efektivitas senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, kalkon, terpenoid, asam betunilik, alkaloid, saponin, triterpenoid, minyak atsiri, dan antosianin dengan konsentrasi 300 mg/mL yang mendukung penurunan *serum glutamic oxaloacetic transaminase* (SGOT) pada darah tikus. Penelitian oleh Aeni (2016) menunjukkan bahwa ekstrak daun pucuk merah mempunyai aktivitas sebagai hepatoprotektor pada dosis 210 mg/kgBB dan aktivitasnya lebih efektif pada dosis 420 mg/kgBB. Hal tersebut diperkuat lagi oleh penelitian Juwita et al. (2017), yang menyatakan daun pucuk merah memiliki aktivitas hepatoprotektor, dan antioksidan, serta antihiperurisemia.

Indriani et al. (2020) melaporkan ekstrak etanol pucuk merah dapat dibuat sediaan gel sebagai sediaan rehabilitasi luka bakar pada tikus *sprague-dawley*. Penggunaan ekstrak sebanyak 6% menunjukkan reaksi penyembuhan sebesar 99,81% selama 17 hari. Oleh karena itu, ekstrak pucuk merah menunjukkan potensi terapi pemulihan luka bakar pada manusia jika dikembangkan menjadi sediaan yang lebih efektif. Lain halnya dengan laporan Maulana et al. (2021), ekstrak etanol daun pucuk merah memiliki aktivitas larvasida nyamuk *Aedes aegypti*. Peneliti tersebut melaporkan bahwa ekstrak etanol daun pucuk merah dengan konsentrasi 1% memiliki aktivitas larvasida terhadap larva nyamuk *Aedes aegypti* setara temefos 1%. Kontrol negatif (air) dan kontrol positif (temefos 1%) yang didapatkan nilai analisis probit LC_{50} dan LC_{90} sebesar 0,382 (0,282-0,444) dan 0,769 (0,655-1,080). Data tersebut menunjukkan perbedaan yang signifikan antara konsentrasi dengan kontrol negatif yang digunakan. Dengan demikian bahwa ekstrak etanol daun pucuk merah memiliki aktivitas larvasida.

Pemanfaatan Pucuk Merah di Indonesia

Pucuk merah (*S. myrtifolium*) di Indonesia banyak digunakan sebagai tanaman hias yang mudah dibudidayakan (Nurasyikin et al., 2019). Dalam sektor ekonomi, tumbuhan pucuk merah cukup menjanjikan karena banyak diminati oleh masyarakat Indonesia (Andani et al., 2021). Hal ini terjadi karena tumbuhan ini menarik secara estetika dan merupakan tumbuhan asli dari Asia Tenggara sehingga mudah untuk hidup dan dibudidayakan di seluruh wilayah Indonesia (Flora Fauna Web 2022). Tingginya minat pemanfaatan tanaman pucuk merah sebagai tanaman hias berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Srawati et al. (2017) di Kota Palu yang menunjukkan rata-rata aktivitas pembelian tumbuhan pucuk merah sebesar 78,6% dari semua ukuran dan jenis tumbuhan tersebut. Oleh karena itu, tanaman ini memiliki nilai ekonomi berpotensi meningkatkan pendapatan masyarakat (Taddang et al., 2022) melalui jual beli tumbuhan hias pucuk merah (Mahalizikri, 2019).

Saat ini, masyarakat sudah memanfaatkan berbagai tumbuhan sebagai upaya mengurangi emisi karbon penyebab krisis iklim dan pemanasan global (Afriani et al., 2022) tidak terkecuali pucuk merah. Sebagai contoh, upaya penanaman yang dilakukan oleh masyarakat Desa Ngunut, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah di taman Gongseng (Surya et al., 2022) serta masyarakat Desa Aji Baho, Sumatera Utara sebagai upaya penghijauan (Ramadhani et al., 2022). Hal ini memungkinkan karena usia tumbuhan ini yang

dapat mencapai puluhan tahun (Andani et al., 2021), serta daunnya yang rimbun dan warna daun yang unik membuatnya selain cocok dijadikan sebagai penghias rumah dan taman tetapi juga cocok menjadi tumbuhan yang bermanfaat sebagai peneduh serta mengurangi gas buang akibat kendaraan bermotor (Surya et al., 2022). Tumbuhan pucuk merah memiliki kemampuan menyerap karbon dioksida (CO₂) lebih besar dibandingkan jenis tumbuhan yang lain jika ditinjau berdasarkan laju fotosintesis dan kandungan timbal (Pb) daun pucuk merah (Ningsih, 2016). Selain cukup efektif sebagai penyerap karbon, pucuk merah juga mampu mereduksi kebisingan. Penelitian oleh Putri & Natalia (2022) membuktikan bahwa tanaman pucuk merah dengan daun yang rapat cukup efisien untuk menurunkan tingkat kebisingan.

Dalam skala kecil, pucuk merah (*S. myrtifolium*) dimanfaatkan sebagai inisiasi mitigasi bencana banjir sudah dilakukan oleh masyarakat Kabupaten Pacitan, Jawa Timur. Wilayah Kabupaten Pacitan berpotensi mengalami bencana banjir berdasarkan Indeks Risiko Bencana Indonesia (IRBI) yang ditinjau oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana Kabupaten Pacitan (BNBP 2020; Suci et al., 2022). Upaya penanaman pucuk merah dinilai dapat mencegah bencana banjir oleh masyarakat sekitar karena tumbuhan ini mampu menyerap air dengan baik (Rahmadhani et al., 2022). Masyarakat Desa Sepotong, Kabupaten Bengkalis, Riau juga memanfaatkan pucuk merah sebagai mitigasi bencana longsor (Mahalizikri, 2019). Hal ini dilakukan oleh masyarakat desa tersebut karena pucuk merah mampu mengurangi risiko longsor melalui akar tumbuhan pucuk merah yang kokoh untuk menahan substrat tanah yang mudah longsor.

Pemanfaatan pucuk merah sebagai penunjang aspek pendidikan juga dilakukan oleh masyarakat Desa Purwahamba, Kabupaten Tegal, Jawa Tengah. Pucuk merah digunakan sebagai media ajar reboisasi untuk siswa sekolah dasar (SD) dengan metode *outdoor learning* (Mujayanti et al., 2021). Dengan menggunakan media ajar reboisasi berupa tumbuhan pucuk merah, siswa sekolah dasar Desa Purwahamba memberikan respon positif dengan menunjukkan minat dalam melakukan reboisasi yang dilakukan di desa tersebut. Selain sebagai media *outdoor learning* reboisasi, penanaman pucuk merah juga dilakukan sebagai upaya mitigasi bencana longsor di desa tersebut (Mujayanti et al., 2021).

Pada masyarakat Hindu di Bali, bunga pucuk merah digunakan untuk kelengkapan ritual upacara keagamaan. Seperti yang dilaporkan oleh Sujarwo & Lestari (2018) bunga pucuk merah ditemukan dalam pelaksanaan upacara *Butha Yadnya*, *Dewa Yadnya*, *Manusa Yadnya*, *Pitra Yadnya*, dan *Rsi Yadnya*. Selain itu, berdasarkan sumber yang sama masyarakat Hindu Bali juga menggunakan daun pucuk merah untuk memperlancar proses persalinan. Cara menggunakannya dengan daun diseduh dengan air panas lalu ditunggu hingga air berubah warna kemudian diminum. Berdasarkan penelitian Sandhiutami et al. (2022), pucuk merah juga sangat berpotensi sebagai obat hipertensi. Tumbuhan ini banyak mengandung senyawa flavonoid dan tanin dapat menurunkan resistensi vaskular sistemik dan menghambat aktivitas ACE yang berperan penting dalam proses terjadinya hipertensi.

Masyarakat Kuala Tungkal, Jambi mulai memanfaatkan buah pucuk merah sebagai pewarna alami dan bioherbisida. Selain itu, mereka juga mengonsumsi buah pucuk merah dalam bentuk minuman (sirup buah pucuk merah) (Nurasyikin et al., 2019; Soleha, 2019). Lebih lanjut, masyarakat Lebak, Banten juga memanfaatkan pucuk merah sebagai bahan dasar pembuatan teh. Namun bukan bagian buah yang digunakan melainkan daun. Pemanfaatan oleh

masyarakat Lebak bahkan sudah sampai ke taraf peningkatan kesejahteraan dengan mendirikan unit bisnis teh pucuk merah di bawah naungan CV Putri Hijau (Mabarroh, 2022). Hal ini menunjukkan, pemanfaatan pucuk merah di Indonesia tidak hanya sebatas sebagai tanaman hias, namun juga sebagai penyerap karbon, pereduksi bising, mitigasi banjir dan longsor, bahan ajar, pelengkap upacara keagamaan, bahan baku sirup, dan memiliki potensi tinggi sebagai bahan baku obat-obatan.

SIMPULAN

Pucuk merah (*Syzygium myrtifolium* Walp). tidak hanya berpotensi sebagai tanaman hias yang berperan dalam bidang ekonomi, tetapi juga berperan dalam bidang kesehatan, keselamatan bencana, lingkungan, dan pendidikan. Hal tersebut dibuktikan dengan data pemanfaatan tanaman pucuk merah di Indonesia yang beragam dari pemanfaatan sebagai tanaman hias, namun juga sebagai penyerap karbon, pereduksi bising, mitigasi banjir dan longsor, bahan ajar, pelengkap upacara keagamaan, bahan baku sirup, dan memiliki potensi tinggi sebagai bahan baku obat-obatan. Pucuk merah mengandung zat fitokimia bermanfaat antara lain alkaloid, triterpenoid, steroid, fenolat, flavonoid dan saponin dengan berbagai bioaktivitas antioksidan, antibakteri, antijamur, antivirus, antidiabetik, antihipertensi, dan efek hipoglikemik. Dari hasil studi literatur tersebut dapat disimpulkan bahwa tumbuhan ini berpotensi untuk diolah menjadi obat-obatan modern. Tumbuhan ini berpotensi antara lain sebagai antiseptik, antibakteri, antidiabetic, antihipertensi, hingga upaya rehabilitasi dari luka bakar. Dengan adanya studi literatur ini diharapkan dapat meningkatkan pengetahuan masyarakat dalam hal pemanfaatan pucuk merah (*S. myrtifolium*) agar dapat dipergunakan lebih baik lagi.

KEPUSTAKAAN

- Aeni N. 2016. Efek Hepatoprotektor Ekstrak Etanol Daun Pucuk Merah (*Syzygium Campaulatum* Korth) pada Tikus Jantan Galur Wistar (*Rattus Norvegicus*) yang diinduksi Paracetamol. (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Purwokerto). Dapat diakses pada <https://repository.ump.ac.id/>
- Agastya P, Wijayanti PU, Artini NWP. 2022. Potensi Pengembangan Usaha Tanaman Hias di Desa Petiga, Kecamatan Marga, Kabupaten Tabanan. *Jurnal Agribisnis dan Agrowisata* **11(1)**: 1-12.
- Agus NDP, Nurlalelih EE, Sitawati. 2015. Evaluasi Pemilihan Jenis dan Penataan Tanaman Median Jalan Kota Malang. *Jurnal Produksi Tanaman* **3(4)**: 269-277.
- Ahmad MA, Lim YH, Chan YS, Hsu CY, Wu TY, & Sit NW. 2022. Chemical composition, antioxidant, antimicrobial and antiviral activities of the leaf extracts of *Syzygium myrtifolium*. *Acta Pharmaceutica* **72(2)**: 600-50.
- Andani NKS, Pinkan W, Sulmi. 2021. Analisis Usaha Tanaman Hias Pucuk Merah Rara Garden Di Kota Palu. *Agrotekbis* **9(4)**: 827 – 833.
- Badan Pusat Statistik. 2021. *Pertanian dan Pertambangan : Holtikultura*. BPS: Jakarta.
- Djohan H, Sugito, Slamet, 2022. Aktivitas Perasan Daun Pucuk Merah (*Syzygium oleana*) Sebagai Bahan Alami Hand Sanitizer. *Jurnal Laboratorium Khatulistiwa* **6(1)**: 19-23.
- Emilda, 2018. Efek Senyawa Bioaktif Kayu Manis (*Cinnamomum burmanii* Nees Ex.Bl.) Terhadap Diabetes Melitus: Kajian Pustaka. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia* **5(1)**: 246-252.
- Haryanti D, Budyaningrum L, Denisa E, Hanik NR. 2021. Identifikasi Hama dan Penyakit pada Tanaman Pucuk Merah (*Syzygium oleana*) Di Desa Nglurah Tawangmangu. *Florea : Jurnal Biologi dan Pembelajarannya* **8(1)**: 39-47.
- Haryati NA, Saleh C, Erwin. 2016. Uji toksisitas dan aktivitas antibakteri ekstrak daun merah tanaman pucuk merah (*Syzygium myrtifolium* Walp.) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Kimia Mulawarman* **13(1)**: 35-40.
- Hasti S, Rusnedy R, Musdalifah M, Asnila A, Renita L, Santi F, Anggraini S, and Sinata N, 2022. Uji Toksisitas Subkronis Ekstrak Etanol Daun Pucuk Merah (*Syzygium myrtifolium* Walp.) Terhadap Fungsi Hati Dan Ginjal. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia* **20(1)**: 30-37.

- Indriani L, Almasyhuri, Pratama AR. 2020. Aktivitas Gel Ekstrak Etanol Daun Pucuk Merah (*Syzygium myrtifolium*) terhadap Penyembuhan Luka Bakar Tikus Sprague-dawley. *Fitofarmaka : Jurnal Ilmiah Farmasi* **10(2)**: 178-187.
- Istiqomah N, Mulyani NS, Mafruhah I, Ismoyowati D. 2020. Analisis Pengembangan Klaster Hortikultura di Kabupaten Ngawi. *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah* **16(1)**: 104-118.
- Juwita R, Saleh C, Sitorus S. 2017. Uji aktivitas antihiperurisemia dari daun hijau tanaman pucuk merah (*Syzygium myrtifolium* walp.) terhadap mencit jantan (*Mus musculus*). *Jurnal Atomik* **2(1)**: 162-168.
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 2018. *Sektor Pertanian Masih Menjadi Kekuatan Ekonomi di Indonesia*. KEMENPERIN: Jakarta.
- Mabarroh, SIA. 2022. Pendirian Unit Bisnis Teh Herbal Pucuk Merah di CV Putri Hijau Lebak Banten. (*Undergraduted Thesis, IPB University*). Dapat diakses pada <https://ereport.ipb.ac.id/id/eprint/12001/>
- Mahalizikri IF. 2019. Membangun Masyarakat Desa Melalui Pemberdayaan Ekonomi Dengan Budidaya Tanaman Pucuk Merah Pada Unit Usaha Bumdes Desa Sepotong. *Iqtishaduna: Jurnal Ilmiah Ekonomi Kita* **8(1)**: 89-100.
- Malik A, Larasati W, Aini MQ, Anjani RW, Ramadhani N, Ismawati J, Hayyilana CR. 2022. Inventarisasi Tanaman Obat di Kebun Raya Purwodadi. *Bio-Sains: Jurnal Ilmiah Biologi* **1(2)**: 25-32.
- Maulana H, Wydiamala E, Biworo A, 2021. Uji Aktivitas Larvasida Ekstrak Etanol Daun Pucuk Merah (*Syzygium myrtifolium* Walp.) terhadap Nyamuk *Aedes aegypti*. *Homeostasis* **4(3)**: 567-574.
- Mujayanti M, Larasati D, Idris MF, Sanyoto MT, Aditya TG. 2021. Outdoor Learning Melalui Reboisasi Bagi Siswa Sekolah Dasar Desa Purwahamba. *JAMU: Jurnal Abdi Masyarakat UMUS* **2(1)**: 78-83.
- Ningsih W, Firmansyah, Anggraini S. 2016. Formulasi dan Uji Aktivitas Antibakteri Gel Pembersih Tangan Perasan Etanol Daun Kembang Bulan. *Jurnal Ilmiah Farmasi* **12(2)**: 79-85.
- Ningsih WR. 2017. Laju Fotosintesis dan Kandungan Timbal (Pb) Daun Pucuk Merah. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Biologi*, 97-102.
- Novianti T, Saleh C, Erwin E. 2019. Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder Ekstrak N-Heksana Daun Berwarna Merah dari *Syzygium Myrtifolium* Walp. *Jurnal Kimia Mulawarman* **17(1)**: 11-15.
- Nurasyikin, Maimunah S, Soleha U, Heryani. 2019. Teknologi Tepat Guna Sirup Buah Pucuk Merah Mudah dan Aman. *Aktualita Jurnal Penelitian Sosial Dan Keagamaan* **9(1)**: 32-48.
- Pay C, Watuguly Th, Wael S. 2022. Potensi Ekstrak Daun Bandotan (*Ageratum conyzoides* L) Sebagai Obat Diabetes Melitus. *Biopedix* **9(1)**: 89-99.
- POWO. 2023. *Plants of the World Online*. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet; <http://www.plantsoftheworldonline.org/> Retrieved 30th August 2023.
- Pratama DAO, Dahal PAST, Prasetyo D, Permata FS, 2022. Potensi Teh Herbal Pucuk Merah sebagai Hepatoprotektor dan Antioksidan pada Tikus Model Intoksikasi Organophosphate terhadap Kadar SGPT dan SGOT. *Universitas Brawijaya*.
- Purba N, Putri N, 2022. Test of Antibacterial Activity From The Combination of Ethanol Extract Of Waru (*Hibuscustiliaceus* l.) Leaves And Leaf Red Pucuk (*Syzygium oleana*) Against *Salmonella thypi* on 2021. *Jurnal Farmasimed (JFM)* **4(2)**: 44-50.
- Putri AP, Nasution MP. 2022. Skrining Fitokimia dan Uji Sitotoksisitas Ekstrak Etanol Daun Tapak Dara (*Catharanthus Roseus* L.) Dengan Metode Brine Shrimp Lethality Test (Bslt). *Journal of Health and Medical Science* **1(2)**: 203-219.
- Putri H, Natalina N. 2022. Efisiensi Penurunan Tingkat Kebisingan oleh Tanaman Pucuk Merah (*Syzygium paniculatum*) dan Asoka (*Sarasa asoka*). *Jurnal Lingkungan dan Sumberdaya Alam (JURNALIS)* **5(2)**: 121-131.
- Putri TD, Prasasti AG, Ati S, Idayanti T. 2020. Potensi Ekstrak Daun Pucuk Merah pada Tanaman Pucuk Merah (*Syzygium myrtifolium* wlap) sebagai Handsanitizer Alami. *Prosiding Seminar Nasional Kesehatan Poltekkes Kemenkes Surabaya* **2(1)**.
- Ramadhani SS, Hilman YA, 2022. Strategi BPBD Kabupaten Pacitan Dalam Upaya Penanggulangan Bencana Banjir Dan Tanah Longsor. *Jurnal Riset Inossa* **4(1)**: 24-37.
- Salsabila FS, 2020. Efektivitas ekstrak daun pucuk merah (*Syzygium myrtifolium* Walp.) sebagai antimikroba terhadap *Salmonella typhi*. (*Undergraduate Thesis, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim*).

- Sandhiutami NMD, Dewi RS, Rahma F, Yang F. 2022. Potential Use of Some Indonesian Plants to Inhibits Angiotensin-converting Enzyme In Vitro. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences* **10(A)**: 1571-1576.
- Santoni A, Darwis D, Syahri S. 2013. Isolasi antosianin dari buah pucuk merah (*Syzygium campanulatum* Korth.) serta pengujian antioksidan dan aplikasi sebagai pewarna alami. *Prosiding SEMIRATA* **1(1)**.
- Sembiring FR, Sulaeman R, Budiani ES. 2017. Karakteristik Minyak Atsiri dari Tanaman Pucuk Merah (*Syzygium campanulatum* Korth.). *Jurnal Ilmi-Ilmu kehutanan* **1(1)**: 1-8.
- Sofiyanti N, Iryani D, Lestari AR, 2022. Kajian Anatomi-Histokimia Tangkai Daun dan Karakteristik Epidermis Pucuk Merah (*Syzygium myrtifolium* Walp. – Myrtaceae). *Buletin Anatomi dan Fisiologi* **7(2)**: 83-90.
- Soleha NSMU. 2019. Teknologi Tepat Guna Sirup Buah Pucuk Merah Mudah dan Aman. *Aktualita: Jurnal Penelitian Sosial Keagamaan* **9(1)**: 32-48.
- Srawati F, Muis A. 2017. Analisis Pemasaran Tanaman Hias Pucuk Merah (*Oleina syzygium*) Pada Usaha Kembang Asri Di Kota Palu. *Jurnal Agroland* **24(2)**: 155-162.
- Sujarwo W, Lestari SG. 2018. Studi etnobotani tumbuhan obat dan upacara adat Hindu di Bali. *Buletin Kebun Raya* **21(2)**: 117-139.
- Sunarto S, Martinus A. 2019. Penelusuran Senyawa Aktif Antibakteri dari Beberapa Tanaman Obat yang Tumbuh di Daerah Banyumas. *Prosiding Seminar Nasional* **8(1)**.
- Sundhani E, Zumrohani LR, Nurulita NA. 2017. Efektivitas Ekstrak Etanol Daun Adam Hawa (*Rhoeo discolor*) dan Daun Pucuk Merah (*Syzygium campanulatum* Korth.) Dalam Menurunkan Kadar Gula Darah pada Tikus Putih Jantan Galur Wistar dengan Pembebanan Glukosa. *Pharmacy: Jurnal Farmasi Indonesia (Pharmaceutical Journal of Indonesia)* **13(2)**: 137-149.
- Surya A, Kusuma P, Aprillia T, Fitryana D, Aprillia P, Noviana M, Fatimatuz A, Naufal M. 2022. Pelestarian Tanaman Pucuk Merah (*Syzygium Paniculatum*) di Taman Gongseng Desa Ngunut Kabupaten Karanganyar. *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Enviromental, and Learning* **19(1)**: 174-177.
- Syari JP, Djohan H, Tumpuk S. 2022. Efek Ekstrak Metanol Daun Pucuk Merah Terhadap Kadar Glukosa Darah. *Jurnal Laboratorium Khatulistiwa* **6(1)**: 24-30.
- Syilfia H, Emrizal, Susilawati F. 2017. Uji aktivitas antidiabetes ekstrak n-heksana daun Pucuk Merah (*Syzygium Myrtifolium* Walp.) terhadap Mencit Putih diabetes. *Pharmacy: Jurnal Farmasi Indonesia (Pharmaceutical Journal of Indonesia)* **13(2)**: 172-81.
- Wati M, Erwin E, Tarigan D. 2017. Isolasi dan Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder Dari Fraksi Etil Asetat Pada Daun Berwarna Merah Pucuk Merah (*Syzygium myrtifolium* Walp.). *Jurnal Kimia Mulawarman* **14(2)**: 100-107.
- Wenas DM, Meilani PA, Herdini. 2020. Uji Antioksidan Infusa Daun berwarna Merah dan Hijau dari Pucuk Merah (*Syzygium myrtifolium* Walp.) dengan Metode 13-23DPPH. *Journal of Science and Technology* **13(1)**: 13-23.
- Zed M. 2008. *Metode Penelitian Kepustakaan*. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta (ID): 94 halaman

Etnobotani pewarna alami kain tenun futus Suku Dawan di Kabupaten Timor Tengah Utara

Ethnobotany of natural dyes of futus woven fabrics used by Dawan Tribe in North Central Timor Regency

Emilia Juliyanti Bria^{1,*}, Polikarpia Wilhelmina Bani¹, Dicky Frengky Hanas¹, Elinora Naikteas Bano², Yofrida Tefa¹

1) Program Studi Biologi, Fakultas Pertanian, Universitas Timor, Jl. Km. 09 Sasi, Kefamenanu, NTT, Indonesia – 85616

2) Program Studi Matematika, Fakultas Pertanian, Universitas Timor, Jl. Km. 09 Sasi, Kefamenanu, NTT, Indonesia – 85616

*Email: emiliajuliyanti@gmail.com

Diterima
6 Juli 2022

Disetujui
14 Juni 2023

INTISARI

Futus merupakan istilah yang digunakan oleh masyarakat Suku Dawan merujuk pada kain tenun yang dihasilkan dengan teknik ikat yang diaplikasikan dalam proses pewarnaan benang. Kain tenun ini merupakan salah satu kearifan lokal turun temurun di Suku Dawan Kabupaten Timor Tengah Utara. Proses pewarnaan adalah tahap penting dalam proses pengolahan kain tenun tersebut yang menggunakan tumbuhan sebagai zat pewarna. Penelitian ini bertujuan untuk mengungkapkan jenis tumbuhan pewarna alami kain tenun ikat, organ tumbuhan yang digunakan dan bagaimana proses pengolahannya. Metode wawancara semi-terstruktur digunakan dalam diskusi kelompok terarah pada 38 responden yang merupakan pengrajin tenun. Penelitian ini mengungkapkan bahwa terdapat 17 spesies dari 12 famili tumbuhan yang dimanfaatkan sebagai bahan pewarna kain tenun ikat masyarakat suku Dawan di Kabupaten Timor Tengah Utara. Kunyit (*Curcuma longa* L.) adalah tumbuhan yang paling banyak digunakan. Bagian tumbuhan yang paling banyak digunakan sebagai bahan pewarna yaitu daun, diikuti rimpang, akar, kulit batang, buah dan biji. Pengolahan tumbuhan menjadi pewarna kain tenun ikat terdiri atas dua cara yakni direbus dan tanpa perebusan yang masing-masing menghasilkan warna berbeda dengan campuran fiksatif yang berbeda pula.

Kata kunci: pewarna alami, kain tenun futus, Suku Dawan, etnobotani

ABSTRACT

Futus is a term used by the Dawan people to refer to woven fabrics produced by the ikat technique which is applied in the yarn dyeing process. This woven cloth is one of the local pearls of wisdom passed down from generation to generation in the Dawan Tribe, North Central Timor District. The dyeing process is an important stage in the processing of woven fabrics that use plants as dyes. This study aims to reveal the types of natural coloring plants for woven fabrics, the plant organs used, and how they are processed. The semi-structured interview method was used in focus group discussions with 38 respondents who are weavers. This study revealed that there are 17 species from 12 plant families that are used as dyes for woven fabrics of the Dawan tribe in the North Central Timor District. Turmeric (*Curcuma longa* L.) is the most widely used plant. The part of the plant most used as a dye is the leaves, followed by rhizomes, roots, bark, fruit, and seeds. The processing of plants into dyes for woven fabrics consists of two ways, namely boiling and without boiling, each of which produces a different color with a different fixative mixture.

Keywords: natural dyes, futus woven fabric, Dawan tribe, ethnobotany

PENDAHULUAN

Zat pewarna sangat berperan penting dalam industri tekstil. Berdasarkan asalnya, zat pewarna tekstil dapat digolongkan menjadi dua kategori yaitu zat pewarna sintesis (ZPS) dan zat pewarna alam (ZPA). Zat pewarna sintesis adalah zat pewarna buatan yang dibuat dengan cara sintesis yang diproses secara kimia, sedangkan zat pewarna alam merupakan zat warna alami yang berasal dari tanaman atau pun hewan. Secara umum, pewarna alam yang berasal dari tumbuhan memiliki kandungan zat berbeda-beda dan ditandai dengan warna yang dihasilkan (Rizeki & Achir, 2015). Zat pewarna alam mempunyai warna yang indah dan khas yang sulit ditiru dengan zat pewarna sintetis, sehingga banyak disukai. Sebagian besar bahan baku pewarna alami diperoleh dari tumbuh-tumbuhan merupakan pewarna yang mudah terdegradasi. Pewarna ini bersifat tidak beracun, mudah terurai, dan ramah lingkungan. Tanaman yang mengandung zat pewarna telah banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia. Harbelubun et al. (2005) menemukan tujuh spesies tumbuhan penghasil pewarna alami yang dimanfaatkan oleh Suku Marori Men-Gey di Taman Nasional Wasur Kabupaten Merauke. Selain itu, Santa et al. (2015) juga mengungkapkan bahwa terdapat tujuh spesies tumbuhan sebagai bahan pewarna alami oleh Suku Dayak Iban di Kabupaten Kapuas Hulu.

Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU) merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) yang masyarakatnya didominasi oleh suku Dawan. Suku ini dapat dibedakan lagi menjadi beberapa sub-suku berdasarkan beberapa ciri, antara lain dialek bahasa, bentuk rumah adat, tahapan upacara adat dan corak/warna kain adat. Penggunaan kain adat di kabupaten ini menjadi identitas masyarakat lokal dan dijadikan kebijakan pemerintah dalam pelaksanaan kegiatan sehari-hari. Salah satu kain adat yang biasa digunakan di Kabupaten TTU adalah tenun ikat atau yang disebut *futus*. Menurut Sukanadi (2018), tenun ikat adalah tenun yang pembuatan motifnya menggunakan teknik ikat, yaitu mengikat atau menutup motif pada bagian-bagian benang yang tidak akan diberi pewarna pada saat dilakukan proses pewarnaan. Masyarakat dalam pembuatan tenun ini menggunakan benang yang biasanya diwarnai dengan pewarna baik sintetik maupun alami.

Pewarna alami sebagai bahan pewarna kain tenun di Provinsi Nusa Tenggara Timur, sudah banyak diteliti. Siombo (2019) mengungkapkan tiga spesies tanaman pewarna yang digunakan untuk pewarnaan benang oleh kelompok penenun tenun ikat Timor di Atambua- NTT yakni kunyit (*Curcuma domestica* L.), mengkudu (*Morinda citrifolia* L.), dan tarum (*Indigofera tinctoria* L). Selanjutnya, Atti et al. (2018) juga mendokumentasikan enam spesies tanaman yang digunakan untuk pewarna kain tenun oleh masyarakat Desa Boti Kecamatan Kie Kabupaten Timor Tengah Selatan, antara lain, mengkudu (*Morinda citrifolia* L.), loba (*Symplocos fasciculata* Zoll), tarum (*Indigofera tinctoria* L.), kunyit (*Curcuma domestica* L.), mahoni (*Swietenia macrophylla* Kingg.), dan cabai merah (*Capsicum annum* L.). Selain itu, Nomleni et al. (2019) menemukan lima spesies tumbuhan pewarna alami oleh Suku Meto di Kecamatan Nunkolo, Kabupaten Timor Tengah Selatan yakni kunyit (*Curcuma domestica* L.), kratok/arbila/koto (*Phaseolus lunatus* L.), mengkudu (*Morinda citrifolia* L.), tarum (*Indigofera tinctoria* L), buah tinta (*Phyllanthus reticulatus* Poir). Di Kabupaten Timor Tengah Utara juga telah ada penelitian tentang pewarna alami kain tenun, tetapi terbatas pada kain tenun *buna* yang dibuat dengan teknik timbul (Naisumu et al., 2022). Data tentang pewarna alami kain tenun ikat masih sangat kurang dan terbatas di Kabupaten Timor Tengah Utara. Hal ini berimplikasi pada menurunnya nilai kearifan lokal

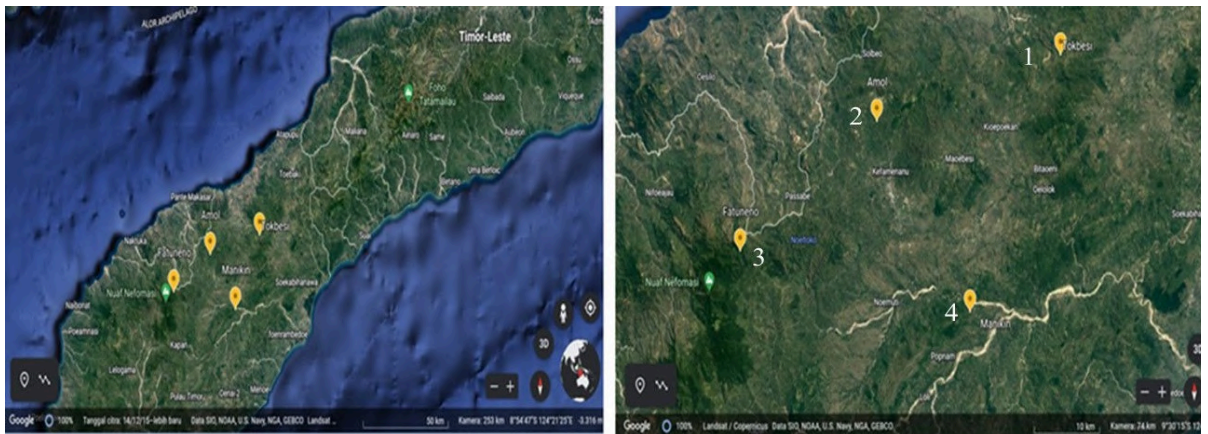
yang merupakan identitas suatu kelompok masyarakat. Oleh karena itu, sebelum kearifan, kelestarian dan, pengetahuan lokal ini hilang maka perlu diadakan dokumentasi tentang pemanfaatan tumbuhan sebagai pewarna alami kain tenun futus di Kabupaten Timor Tengah Utara oleh Suku Dawan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengungkapkan jenis tumbuhan pewarna alami kain tenun ikat, bagian atau organ tumbuhan yang digunakan dan bagaimana proses pengolahan kain tenun futus Suku Dawan di Kabupaten Timor Tengah Utara.

MATERI DAN METODE

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Timor Tengah Utara, Nusa Tenggara Timur pada bulan Maret 2021 sampai Juni 2021. Desa yang dijadikan wilayah penelitian yaitu Desa Tokbesi, Desa Amol, Desa Fatuneno, dan Desa Manikin (Gambar 1). Keempat desa tersebut ditentukan secara *purposive sampling* karena masyarakat pada empat wilayah ini yang menggunakan kain tenun futus.



Gambar 1. Lokasi penelitian.

Keterangan: (1) Desa Tokbesi, (2) Desa Amol, (3) Desa Fatuneno, (4) Desa Manikin. (Sumber: Peta Kabupaten Timor dengan *Google Earth*).

Bahan dan alat

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kamera, alat tulis, perekam suara, daftar pertanyaan dalam bentuk kuisisioner, aplikasi PlantNet dalam *smartphone*, dan aplikasi untuk identifikasi dan tatanama tumbuhan seperti *Integrated Taxonomic Information System – web service* (https://www.itis.gov/web_service.html), dan *World Flora Online* (<http://www.worldfloraonline.org>).

Metode

Pengambilan data dilakukan dengan teknik wawancara semi-terstruktur menggunakan kuesioner sebagai pemandu diskusi kelompok terarah (*focused group discussion/FGD*) (Murniati & Takandjandji, 2015). Responden yang diwawancarai berjumlah 38 orang yang merupakan anggota kelompok wanita penenun yang berada di masing-masing wilayah penelitian. Proses identifikasi dilakukan secara langsung di lapangan.

Analisis data

Tumbuhan yang digunakan sebagai pewarna kain futus diinventarisasi dan diidentifikasi dengan cara memotret tumbuhan dengan aplikasi PlantNet kemudian mengkonfirmasi pemberian nama tumbuhan yang benar pada website itis.gov dan worlfloraonline.org. Selanjutnya data disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan gambar. Perhitungan persentase penggunaan spesies dan juga persentase bagian tumbuhan menggunakan formula (Obenu & Bria, 2021; dengan sedikit modifikasi) sebagai berikut:

$$\% \text{ penggunaan spesies} = \frac{\sum \text{spesies tumbuhan ke-}i \text{ tiap lokasi}}{\sum \text{lokasi sampel}} \times 100$$

$$\% \text{ bagian tumbuhan} = \frac{\sum \text{bagian tumbuhan ke-}i}{\sum \text{bagian tumbuhan}} \times 100$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini berhasil mengungkapkan keragaman spesies tumbuhan yang digunakan sebagai pewarna benang, organ/ bagian tumbuhan yang digunakan sebagai sumber pewarna, dan cara pengolahan dan fiksatif yang digunakan dalam proses pewarnaan benang. Adapun tumbuhan yang digunakan sebagai pewarna ini oleh masyarakat diperoleh baik dari pekarangan sekitar (ditanam sendiri) maupun dari hutan yang hidup liar.

Spesies dan bagian tumbuhan yang dimanfaatkan sebagai pewarna kain futus

Tujuh belas spesies dan dua belas famili tumbuhan dimanfaatkan oleh masyarakat Suku Dawan di Kabupaten Timor Tengah Utara (Tabel 1). Jumlah tumbuhan per masing-masing desa berbeda-beda. Hal ini juga berimplikasi pada persentase jumlah tumbuhan yang digunakan oleh masyarakat Suku Dawan (Gambar 2). Persentase tumbuhan paling tinggi yang digunakan sebagai perwarna kain tenun adalah kunyit (*Curcuma longa* L.), dan diikuti oleh mahoni (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.), kratok (*Phaseolus lunatus* L.), dan belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) sedangkan yang paling sedikit digunakan adalah gewang (*Corypha utan* Lam.), turi (*Sesbania grandiflora* (L.) Pers.), asam (*Tamarindus indica* L.), pinang (*Areca catechu* L.), baluntas (*Pluchea indica* (L.) Less.), merkuri anjing (*Mercurialis perennis* L.), kepuh (*Sterculia foetida* L.) dan koro benguk (*Mucuna pruriens* (L.) DC.).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa masyarakat suku dawan di Kabupaten Timor Tengah Utara memiliki variasi kain tenun berdasarkan wilayahnya dan masih mempertahankan kearifan lokal yang menunjukkan kekhasan dari suku tersebut. Persentase tumbuhan pewarna yang paling banyak digunakan oleh masyarakat suku dawan dalam pengolahan warna benang kain tenun adalah kunyit (*Curcuma longa* L.). Tingginya persentase tumbuhan ini juga sangat berkaitan dengan warna kain tenun ikat dari keempat daerah yang diambil yakni harus ada warna kuning dan turunannya berdasarkan fiksatif yang digunakan (Gambar 3).

Penelitian sebelumnya telah mengungkapkan bahwa pada umumnya Suku Dawan menggunakan kunyit sebagai bahan pewarna kain tenun. Hal ini dikemukakan oleh Atti et al. (2018), bahwa suku Dawan Boti di Kabupaten Timor Tengah Selatan juga memanfaatkan kunyit sebagai pewarna kain tenun.

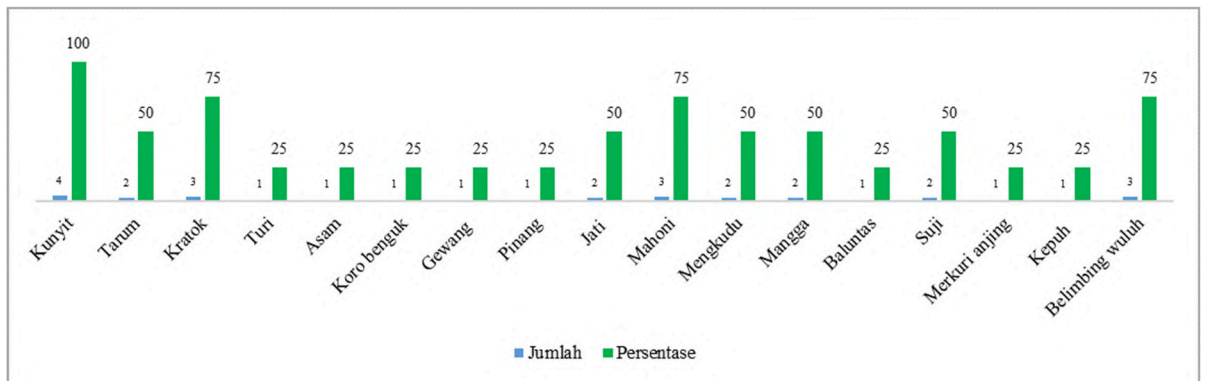
Selain Suku Dawan, kunyit juga telah lama diketahui sebagai salah satu tumbuhan sumber warna yang dimanfaatkan oleh masyarakat pulau Jawa sebagai pewarna batik (Pujilestari, 2015), dan juga oleh masyarakat Kabupaten Sambas dan Kabupaten Sintang Kalimantan Barat sebagai pewarna kuning (Muflihati et al., 2019).

Tabel 1. Spesies dan bagian tumbuhan yang digunakan sebagai pewarna alami kain tenun futus Kab. Timor Tengah Utara

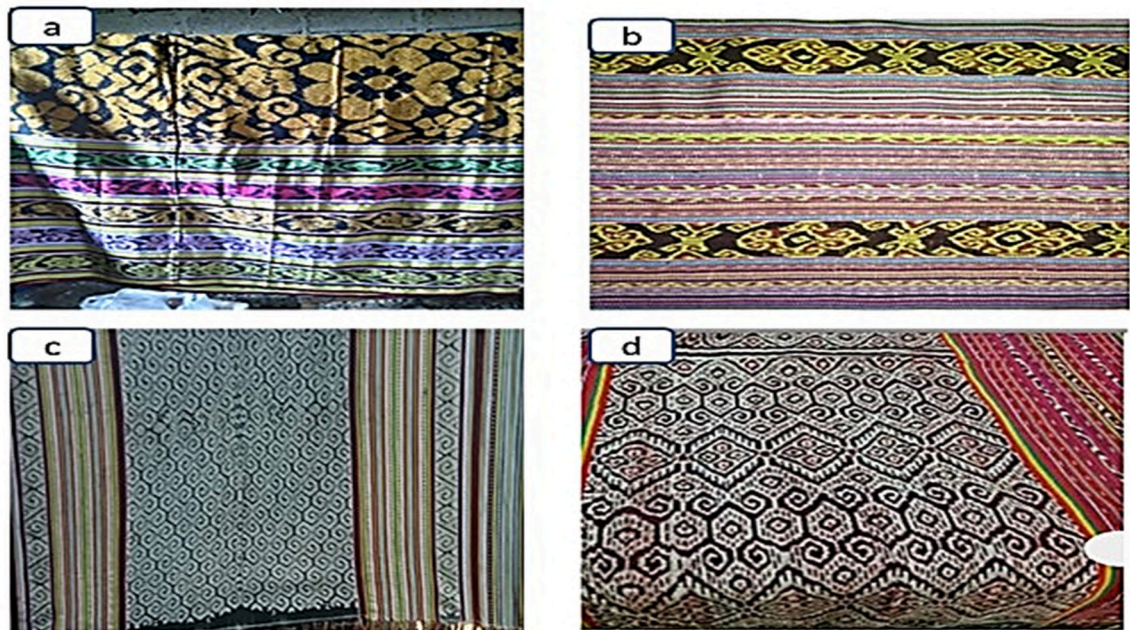
No	Famili	Nama Ilmiah	Nama Indonesia	Nama Daerah (Dawan)	Bagian/organ yang digunakan	Lokasi
1	Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	Mangga	Upun	Kulit batang, Daun	Fatuneno, Tokbesi
2	Arecaceae	<i>Corypha utan</i> Lam.	Gewang	Tune	Daun	Amol
3	Arecaceae	<i>Areca catechu</i> L.	Pinang	Puah	Daun	Tokbesi
4	Asteraceae	<i>Pluchea indica</i> (L.) Less.	Baluntas	Beluntas	Daun	Fatuneno
5	Euphorbiaceae	<i>Mercurialis perennis</i> L.	Merkuri anjing	Maumuna	Daun	Tokbesi
6	Fabaceae	<i>Indigofera tinctoria</i> L.	Tarum	Taum	Daun	Manikin, Tokbesi
7	Fabaceae	<i>Mucuna pruriens</i> (L) DC.	Koro benguk	Nipe	Biji	Manikin
8	Fabaceae	<i>Phaseolus lunatus</i> L.	Kratok	Koto/arbila	Daun	Manikin, Fatuneno, Tokbesi
9	Fabaceae	<i>Sesbania grandiflora</i> (L.) Pers.	Turi	Kane	Daun	Amol
10	Fabaceae	<i>Tamarindus indica</i> L.	Asam	Kiub	Daun, Buah	Manikin
11	Lamiaceae	<i>Tectona grandis</i> L.f	Jati	Jati	Daun	Amol, Fatuneno
12	Malvaceae	<i>Sterculia foetida</i> L.	Kepuh	Nites	Kulit batang	Tokbesi
13	Meliaceae	<i>Swietenia mahagoni</i> (L.) Jacq.	Mahoni	Mahoni	Kulit batang	Tokbesi, Amol, Fatuneno, Tokbesi
14	Oxalidaceae	<i>Averrhoa bilimbi</i> L.	Belimbing wuluh	Blimbing	Buah	Tokbesi
15	Rubiaceae	<i>Morinda citrifolia</i> L.	Mengkudu	Baok ulu	Akar	Amol, Tokbesi
16	Ruscaceae	<i>Dracaena angustifolia</i> (Medic.)Roxb.	Suji	Suji	Daun	Amol, Tokbesi
17	Zingiberaceae	<i>Curcuma longa</i> L.	Kunyit	Huki	Rimpang	Amol, Fatuneno, Manikin, Tokbesi

Bagian tumbuhan yang dimanfaatkan untuk pewarna alami kain tenun futus adalah akar, rimpang, kulit batang, akar, buah, biji dan daun dengan persentase tertinggi (Gambar 4). Hasil persentase ini menggambarkan bahwa spesies tumbuhan yang paling banyak digunakan adalah tumbuhan yang memiliki daun berwarna hijau dan mudah diperoleh di lingkungan sekitar. Warna hijau dihasilkan oleh kandungan klorofil yang merupakan kandungan utama daun (Efendi et al., 2017). Berdasarkan hasil wawancara, masyarakat suku dawan di Kabupaten ini, mengambil daun tumbuhan yang berwarna hijau dari spesies

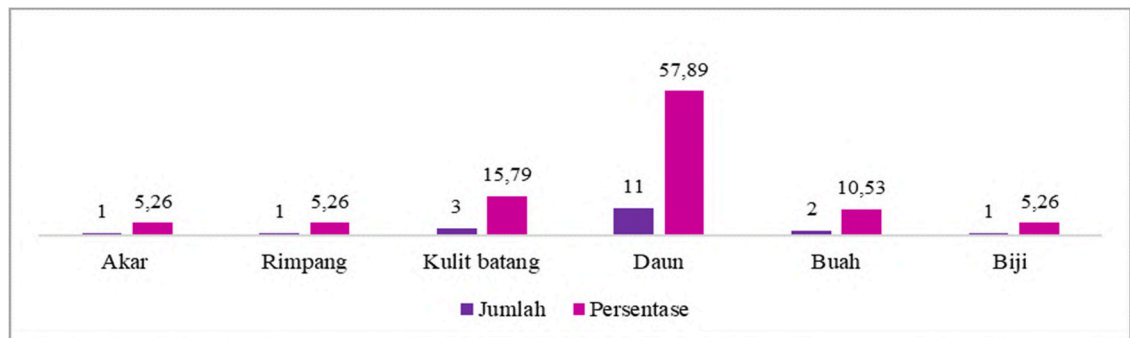
tumbuhan yang berada di sekitar lingkungan tempat tinggal. Selanjutnya, ada spesies tumbuhan yang dalam pemanfaatannya digunakan lebih dari satu bagian, yaitu mangga (*M. indica*) digunakan baik kulit batang maupun daunnya dan asam (*T. indica*) juga digunakan batang dan buahnya.



Gambar 2. Persentase tumbuhan pewarna kain tenun futus.



Gambar 3. Keragaman motif Kain Tenun Futus Suku Dawan TTU. Ket. a) Kain Tenun Fatuneno; b) Kain Tenun Manikin; c) Kain Tenun Tunbaba, d) Kain Tenun Biboki. (Sumber: dokumen pribadi).



Gambar 4. Jumlah dan Persentase bagian tumbuhan yang digunakan sebagai pewarna kain tenun futus.

Hidayat & Saati (2006) menyatakan bahwa warna dapat diperoleh dari produk tumbuhan, karena pada jaringan tumbuhan terdapat pigmen tumbuhan penimbul warna yang berbeda. Golongan pigmen tumbuhan dapat berbentuk klorofil, karotenoid, antosianin, dan tanin. Klorofil adalah kelompok pigmen fotosintesis yang terdapat dalam tumbuhan, menyerap cahaya merah, biru dan ungu, serta merefleksikan cahaya hijau yang menyebabkan tumbuhan memperoleh ciri warnanya yang umumnya terdapat pada bagian daun. Karotenoid adalah pigmen tumbuhan yang menghasilkan warna kuning, sampai merah terdapat pada akar, dan kulit kayu. Selanjutnya, antosianin yaitu pigmen yang dapat memberikan warna merah, biru, atau keunguan kebanyakan terdapat pada bunga dan kulit kayu sedangkan tanin ialah pigmen pembentuk warna gelap biasa terdapat pada akar dan daun tumbuhan.

Warna merah biasa dihasilkan oleh pigmen karotenoid dan antosianin yang banyak ditemukan pada bagian akar, batang, bunga, buah dan jarang ditemukan di daun (Hasidah et al., 2017). Warna kuning dihasilkan oleh pigmen karotenoid dan kurkumin. Menurut (Hartati & Balitro, 2013), kunyit banyak mengandung senyawa pigmen. Rimpangnya banyak mengandung zat metabolit sekunder seperti kurkuminoid, alkaloid, flavonoid, saponin, dan minyak atsiri yang sangat banyak dimanfaatkan sebagai pewarna alami dan pengobatan (Marnoto et al., 2012). Warna biru banyak dihasilkan dari tanaman *Indigofera* dengan pigmen indigotina. Warna ungu dihasilkan dari senyawa antosianin. Warna hijau biasanya diperoleh dari pigmen klorofil yang juga digunakan sebagai pewarna makanan dan minuman. Warna hitam banyak diperoleh dari kulit batang dan buah (Siva, 2007; Efendi et al., 2017).

Akar, batang dan kulit kayu memiliki kandungan tanin tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pewarna. Buah dan biji merupakan sumber warna yang juga dapat ditemukan pada tumbuhan (Efendi et al., 2017). Daun jati merupakan salah satu tanaman yang mengandung tanin dan antosianin. Dalam pewarnaan tanin dapat dimanfaatkan sebagai bahan pewarna dan perekat zat warna pada kain. Selain tanin, daun jati juga mengandung antosianin, yang merupakan pigmen larut dalam air dan dapat memberi warna biru, ungu, kuning, violet, mangenta, merah dan oranye (Puspaningtyas, 2013). Mengkudu juga digunakan sebagai bahan penghasil warna merah untuk mewarnai benang sebelum ke proses penenunan. Bagian dari tumbuhan ini yang dimanfaatkan sebagai bahan penghasil warna adalah akarnya. Karotenoid yang terkandung dalam akar mengkudu dimanfaatkan menjadi pewarna alami tekstil, yang melalui proses yang cukup lama serta campuran bahan lain akar ini dapat membuat benang putih menjadi berwarna merah alami (Priangga et al., 2017).

Cara pengolahan tumbuhan menjadi pewarna benang

Secara umum, cara pengolahan dari 17 spesies tumbuhan oleh masyarakat Suku Dawan Kabupaten Timor Tengah Utara terdiri dua jenis pengolahan yakni direbus dan tanpa direbus. Proses pengolahan ini sangat sederhana dan masih tergolong tradisional yang masih menggunakan alat-alat seperti tungku dan lesung (Gambar 5 dan Gambar 6). Adanya perbedaan cara pengolahan tumbuhan ini merupakan salah satu tradisi dari setiap wilayah. Menurut hasil wawancara, teknik pengolahan tanpa direbus akan menghasilkan warna yang lebih bagus, sedangkan teknik pengolahan dengan perebusan menghasilkan zat warna yang dihasilkan tidak akan meresap dengan baik pada benang karena masih tercampur dengan air.



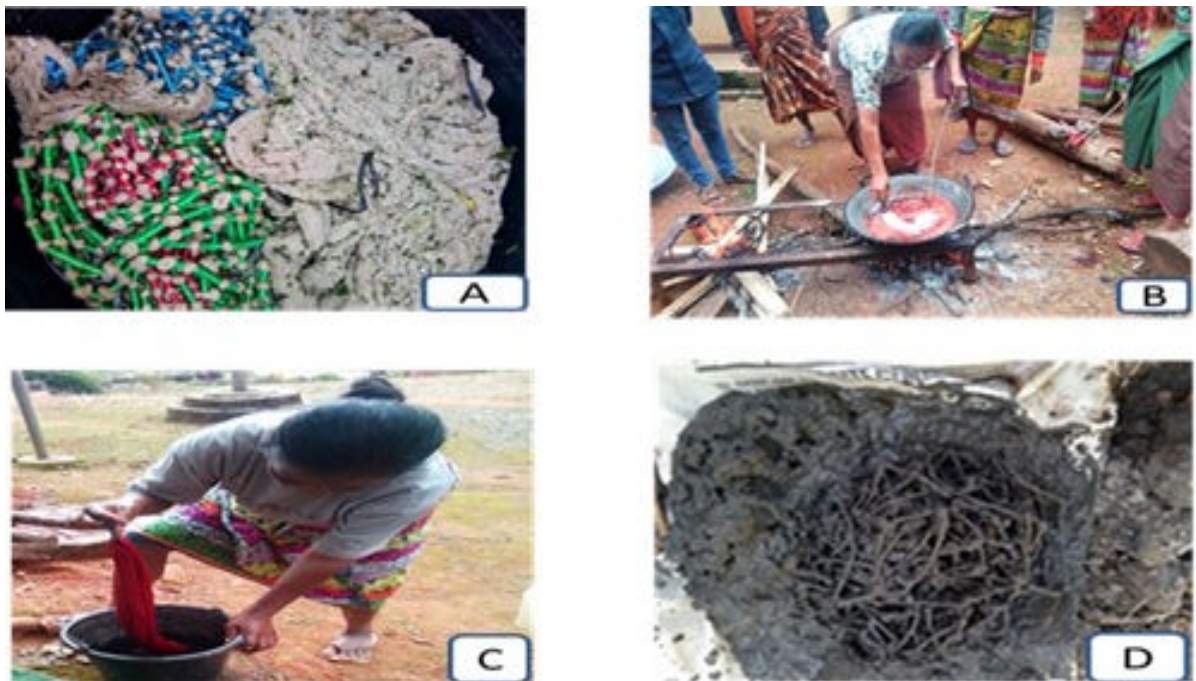
Gambar 5. Cara pengolahan tumbuhan tanpa direbus (A dan B) tumbuhan ditumbuk dalam lesung; (C) Proses perendaman daun tarum; (D) Rimpang kunyit dicampur dengan detergen. (Sumber: dokumen pribadi).

Tahapan tanpa direbus dan direbus terdiri atas ekstraksi, pencelupan, dan fiksasi. Tahap ekstraksi inilah yang membedakan cara pengolahannya. Ledoh et al. (2021) menyatakan bahwa tujuan tahapan ekstraksi adalah agar cairan yang terdapat di dalam organ tumbuhan tersebut keluar dan diserap oleh benang. Pada cara pengolahan yang tidak direbus, bagian tumbuhan ditumbuk dan langsung dicampur dengan benang. Sebaliknya untuk cara perebusan, bagian tumbuhan direbus bersama dengan benang (Tabel 2).

Warna yang dihasilkan didasarkan pada tumbuhan utama, tumbuhan tambahan, zat fiksatif, dan cara pengolahan. Hal ini dapat dilihat pada rimpang kunyit dengan bahan tambahan kulit batang mangga tanpa zat fiksatif menghasilkan warna kuning (Tabel 2 no.1a), rimpang kunyit dengan fiksatif menghasilkan merah maroon (Tabel 2 no.1b) sedangkan rimpang kunyit direbus dengan fiksatif menghasilkan degradasi warna yang berbeda (Tabel 2 no. 1c). Begitu pula pada campuran daun beberapa tumbuhan (suji, pinang, kratok, dan asam) tanpa tambahan dan fiksatif menghasilkan warna hijau (Tabel 2 no.2a) sedangkan campuran daun beberapa tumbuhan (suji, gewang, turi, kratok, manga dan baluntas) direbus dengan fiksatif menghasilkan warna hijau tua (Tabel 2 no.2b).

Pada tahap akhir, agar zat warna yang dipakai untuk mencelup memiliki kekuatan warna yang baik maka perlu dilakukan proses fiksasi atau mordan. Tujuan tahapan ini adalah untuk mencegah benang agar tidak luntur dan warna lain tidak ikut campur pada benang tersebut (Angendari, 2014). Proses fiksasi pada prinsipnya adalah mengondisikan zat pewarna yang telah terserap dalam waktu tertentu agar terjadi reaksi antara bahan yang diwarnai dengan zat warna dan bahan yang digunakan untuk fiksasi (Muflihati et al., 2019; Pujilestari, 2014).

Masyarakat Kabupaten TTU menggunakan beberapa zat fiksatif seperti kapur sirih, tunjung, tawas, cuka, *noba*, detergen dan lumpur. Dalam pengerjaannya masyarakat biasa memodifikasi fiksatif sendiri jika tidak ada. Misalnya, besi karat yang direndam selama satu malam lalu disaring airnya digunakan untuk pewarnaan benang hal ini dilakukan untuk mengganti tunjung apabila tidak ada, juga dapat menghemat biaya. Tunjung atau fero sulfat (FeSO_4) merupakan jenis garam yang bersifat higroskopis, artinya mudah menyerap uap air dari udara. Salah satu sifat tunjung adalah larut dalam air. Sebagai *fixer* tunjung cenderung menghasilkan warna-warna gelap. Semakin banyak takaran tunjung yang digunakan semakin pekat warna yang dihasilkan (Nilamsari & Giari, 2018). Selain itu, buah asam (*T. indica*) dan belimbing wuluh (*A. bilimbi*) juga bisa digunakan sebagai pengganti cuka ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) sebagai fiksatif atau pewarna tambahan. *Noba* merupakan istilah dari masyarakat lokal untuk menyebut bagian kulit batang tumbuhan yang didapatkan dari toko lokal sebagai fiksatif. Namun, dalam penelitian ini tumbuhan tersebut belum teridentifikasi karena organ lainnya tidak ada.







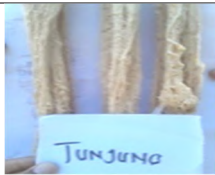






Gambar 6. Cara pengolahan tumbuhan dengan perebusan (A) Benang yang sudah diikat motif; (B) Proses perebusan kulit batang mahoni; (C) pencelupan benang dalam fiksatif kapur sirih; (D) benang dicampur dalam fiksatif lumpur (sumber: dokumen pribadi).

Dalam proses pengolahannya, proses pemberian warna secara merata pada bahan tekstil baik berupa serat, benang, dan kain dengan zat warna tertentu yang sesuai dengan jenis bahan dengan cara dicelupkan akan menghasilkan produk yang tahan luntur warna. Abu et al. (2017) menyatakan bahwa tahapan pencelupan dalam zat warna alam biasanya dilakukan dengan berulang-ulang untuk mendapatkan warna yang diinginkan. Corak atau motif tertentu dapat ditimbulkan dari proses pencelupan apabila benang atau kain memiliki komposisi yang berbeda dari dua jenis atau lebih serat tekstil. Hal ini disebabkan oleh daya dukung celup dan adanya efek dari warna yang berbeda-beda oleh masing-masing jenis serat terhadap setiap jenis zat warna yang digunakan (Melati et al., 2019).

Dari hasil penelitian ini dapat diperoleh data bahwa masyarakat Suku Dawan di Kabupaten Timor Tengah Utara masih memanfaatkan tumbuhan dalam memenuhi kebutuhan hidupnya. Selain itu, masyarakat suku ini juga memiliki pengetahuan yang tinggi dalam memanfaatkan secara maksimal semua organ tumbuhan seperti akar, kulit batang, daun, buah, dan biji. Proses pengolahan kain tenun *futus* ini dapat dipandang sebagai salah satu kearifan lokal masyarakat Suku Dawan di Kabupaten Timor Tengah Utara. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara, diketahui bahwa tumbuhan sebagai sumber pewarna diperoleh dari lingkungan sekitar tanpa mengambil semua bagian tumbuhan dan tidak merusak habitatnya. Hal ini dapat menjadi salah satu tindakan konservasi tradisional dari masyarakat suku ini. Walaupun demikian, ada juga beberapa tumbuhan yang susah diperoleh seperti *noba* (salah satu bahan fiksatif) sehingga proses identifikasi tidak dapat dilakukan. Hal ini dapat menjadi perhatian dalam usaha konservasi sehingga kearifan lokal Suku Dawan Kabupaten Timor Tengah Utara tidak hilang seiring perkembangan zaman.

Tabel 2. Cara pengolahan tumbuhan menjadi pewarna benang

No	Organ yang Digunakan		Bahan Tambahan	Cara Pengolahan	Warna yang Dihasilkan
	Tumbuhan Utama	Tumbuhan Tambahan			
1a	Rimpang kunyit	Kulit batang mangga	Air, benang putih,	Untuk memperoleh benang berwarna kuning, kedua bahan dibersihkan lalu ditumbuk dalam lesung, kemudian benang dimasukkan ke dalam lesung ditumbuk bersama hingga benang berwarna kuning. Selanjutnya, benang dicuci bersih dan dijemur di tempat yang tidak terkena sinar matahari.	 Kuning
1b	Rimpang kunyit		Benang putih, Detergen	Untuk memperoleh benang berwarna merah maroon masukan detergen dalam rimpang kunyit, kemudian masukan benang ke dalam rimpang yang sudah dicampur dengan detergen diremas-remas hingga warna meresap pada benang setelah benang berwarna merah maroon dicuci hingga bersih dijemur di tempat yang tidak terkena sinar matahari.	 Merah maroon
1c	Rimpang kunyit		Air, benang putih, Kapur sirih, tawas, tunjung	Rimpang kunyit dibersihkan dari akar dan tanah yang masih menempel. Selanjutnya direbus selama 1-2 jam. Airnya disaring kemudian benang putih dicelup selama 1-2 jam. Setelah itu, benang dicelup lagi dalam larutan kapur sirih, tawas, tunjung masing-masing selama 30 menit. Benang kemudian dicuci dengan air bersih dan dijemur di tempat yang tidak terkena cahaya matahari.	 Kuning- lilac
					 Kuning-cream

No	Organ yang Digunakan		Bahan Tambahan	Cara Pengolahan	Warna yang Dihasilkan
	Tumbuhan Utama	Tumbuhan Tambahan			
					 <p>Kuning- ivory</p>
2a	Daun suji, daun arbila, daun asam, daun pinang,		Air, benang putih	Keempat bahan dibersihkan dari batangnya kemudian ditumbuk hingga halus, kemudian masukan benang ditumbuk bersama-sama dengan keempat bahan apabila warna telah meresap merata pada benang keluarkan dicuci hingga bersih dijemur di tempat yang tidak terkena cahaya matahari	 <p>Hijau terang</p>
2b	Daun suji, daun gewang, daun turi, daun arbila, daun baluntas		Air, benang putih, tawas	Kelima bahan dibersihkan dan direbus dalam satu wadah selama 1-2 jam. Airnya disaring kemudian benang dicelup selama 2 jam. Lalu benang dicelup lagi dalam larutan tawas selama 30 menit kemudian dicuci dijemur di tempat yang tidak terkena cahaya matahari.	 <p>Biru kehiajaun</p>
3	Daun tarum		Air, benang putih, kapur sirih	Daun tarum dibersihkan dari batangnya, kemudian masukan dalam wadah isi air beserta kapur sirih biarkan terendam selama satu malam. Lalu disaring airnya dicelup apabila benang sudah meresap warna benang dicuci dijemur di tempat yang tidak terkena cahaya matahari.	 <p>Biru</p>
4	Kulit batang mahoni		Air, benang putih, kapur sirih, tawas, tunjung, cuka	Kulit mahoni dibersihkan dan direbus dalam satu wadah selama 1-2 jam. Disaring airnya, lalu benang dicelup selama 1-2 jam. Selanjutnya, benang dicelup ke dalam larutan kapur sirih, larutan tawas, larutan tunjung, dan larutan cuka masing-masing selama 30 menit. Setelah itu, benang dicuci dan dijemur di tempat yang tidak terkena cahaya matahari.	 <p>Merah darah</p>
					 <p>Merah kecoklatan</p>
					 <p>Merah bata</p>

No	Organ yang Digunakan		Bahan Tambahan	Cara Pengolahan	Warna yang Dihasilkan
	Tumbuhan Utama	Tumbuhan Tambahan			
					 <p>Coklat kemerahan</p>
5	Daun jati		Air, benang putih, tawas, tunjung	Daun jati dibersihkan lalu direbus selama 1-2 jam saring airnya celup benang ke dalam larutan daun jati selama 1 – 2 jam. Setelah itu benang dicelup dalam larutan tawas dan larutan tunjung masing-masing selama 15 – 30 menit. Benang dicuci dan dijemur di tempat yang tidak terkena cahaya matahari	 <p>Ungu-lavender</p>  <p>Ungu-lilac gelap</p>
6	Daun tarum	Kepuh, koro benguk, merkuri anjing	Air, benang putih, lumpur	Keempat bahan dibersihkan lalu direbus selama 1-2 jam. Setelah itu, air rebusan disaring selanjutnya, benang dicelup ke dalam air rebusan tadi (larutan tarum, kepuh, koro benguk, merkuri anjing). Kemudian, benang dimasukkan ke dalam lumpur kali selama 1-3 jam. Setelah itu, benang dikebas-kebas agar tidak terdapat lumpur yang menempel, kemudian benang dicuci dijemur di tempat yang tidak terkena cahaya matahari.	 <p>Hitam</p>
7	Akar mengkudu		Benang putih, Noba	Akar mengkudu dibersihkan akarnya lalu direbus selama 1-2 jam saring airnya masukan noba, kemudian benang dicelup selama 1- 2 jam hingga warna terserap merata ke benang kemudian dicuci dengan air bersih dan benang dijemur di tempat yang tidak terkena cahaya matahari	 <p>Pink</p>

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 17 spesies dari 12 famili tumbuhan yang dimanfaatkan sebagai spesies pewarna utama dan spesies pewarna tambahan kain tenun *futus* oleh masyarakat Suku Dawan di Kabupaten Timor Tengah Utara. Spesies pewarna utama yaitu: kunyit (*Curcuma longa* L.), mahoni (*Swietenia mahagoni* L.), tarum (*Indigofera tinctoria* L.), mengkudu (*Morinda Citrifolia* L.), suji (*Dracaena angustifolia*) (Medic.) Roxb, kratok (*Phaseolus lunatus* L.) gewang (*Corypha utan* Lam.), turi (*Sesbania grandiflora* (L.) Pers.), jati (*Tectona grandis* L.f), asam (*Tamarindus indica* L.), mangga

(*Mangifera indica* L.), baluntas (*Pluchea indica* L.), pinang (*Arace catechu* L.), merkuri anjing (*Mercurialis perennis* L.), kepuh (*Sterculia foetida* L.), dan koro bengkok (*Mucuna pruriens* L.). Spesies pewarna tambahan yang berfungsi sebagai pengganti fiksatif kimia yakni asam (*Tamarindus indica* L.), belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) dan *noba*. Bagian-bagian tumbuhan yang digunakan sebagai bahan pewarna yaitu: rimpang, akar, kulit batang, daun, dan biji. Pengolahan tumbuhan menjadi pewarna kain tenun ikat terdiri atas dua cara yakni direbus dan tanpa perebusan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Timor yang telah mendanai penelitian ini dalam Kontrak Program Penelitian Dosen Pemula Nomor: 15/UN60/LPPM/PP/2021.

KEPUSTAKAAN

- Abu A, Kurniati, Hading A. 2016. Pewarnaan tumbuhan alami kain sutera dengan menggunakan fiksator tawas, tunjung dan kapur tohor. *Indonesian Journal of Fundamental Science* **2(2)**: 86–91.
- Angendari MD. 2014. Pengaruh jumlah tawas terhadap pewarnaan kain katun menggunakan ekstrak kulit bawang merah. *Seminar Nasional 2014 “Prospek Pendidikan Vokasi Dan Industri Kreatif Indonesia Menghadapi Masyarakat Ekonomi ASEAN” Jurusan PTBB FT UNY*, 83–92.
- Atti AH, Boro TL, Mauboy RS. 2018. The inventory species of natural producing herbs and their use traditionally in community lives in boti Village of Kie Subdistrict at South Central Timor. *Jurnal Biotropikal Sains* **15(1)**: 44–56.
- Efendi M, Hapitasari IG, Rustandi, Supriyatna A. 2016. Inventarisasi tumbuhan penghasil pewarna alami di kebun raya cibodas. *Jurnal Bumi Lestari* **16(1)**: 50–58.
- Harbelubun AE, Kesaulija EM, Rahawarin YY. 2005. *Tumbuhan Pewarna Alami dan Pemanfaatannya secara Tradisional oleh Suku Marori Men-Gey di Taman Nasional Wasur Kabupaten Merauke Natural colourant plant and the use of traditionally by tribe of Marori Men-Gey in*. **6(282)**: 281–284.
- Hartati SY, Balitro. 2013. Perkebunan_KhasiatKunyit.pdf. In *Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri* **19(2)**: 5–9.
- Hasidah, Mukarlina, Rousdy DW. 2017. Kandungan pigmen klorofil, karotenoid dan antosianin Daun Caladium. *Protobiont* **6(2)**: 29–36.
- Hidayat N, Saati EA. 2006. *Membuat pewarna alami*. Surabaya: Trubus Agrisarana. <https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=659440>
- Ledoh DY, Sabuna ACH, Daud Y. 2021. Pemanfaatan tumbuhan dalam proses pewarnaan kain tenun ikat di Pulau Ndao, Desa Ndao Nuse, Kabupaten Rote Ndao. *Indigenous Biologi* **4(2)**: 37–45.
- Marnoto T, Haryono G, Gustinah D, Putra FA. 2012. Ekstraksi tannin sebagai bahan pewarna alami dari tanaman putrimalu (*Mimosa pudica*) menggunakan pelarut organik. *Reaktor* **14(1)**: 39–45.
- Melati HA, Ratih Y, Kartika M. 2019. Pelatihan Teknik Pencelupan Dan Pengikatan Warna Benang Kepada Perajin Tenun Corak Insang Di Kota Pontianak. *International Journal of Community Service Learning* **3(3)**: 138–144.
- Muflihati, Wahdina, Kartikawati SM, & Wulandari RS. 2019. Natural Dye Plants for Traditional Weaving in Sintang and Sambas Regencies, West Kalimantan. *Media Konservasi* **24(3)**: 225–236.
- Murniati, Takandjandji M. 2015. Tingkat pemanfaatan tumbuhan penghasil warna pada usaha tenun ikat di Kabupaten Sumba Timur. *Jurnal Penelitian Tanaman Hutan* **12(3)**: 223–237.
- Naisumu YG, Bria EJ, Obenu NM. 2022. Pemanfaatan Tumbuhan Sebagai Pewarna Alami Kain Tenun Buna Di Desa Fafinesu Kecamatan Insana Fafinesu, Kabupaten Timor Tengah Utara. *Jurnal Biologi Indonesia* **18(1)**: 11–18.
- Nilamsari Z, Giari N. 2018. Uji coba pewarna alami campuran buah secang dan daun mangga pada kain katun prima. *Jurnal Seni Rupa* **6(01)**: 839–847.
- Nomleni FT, Sabuna AC, Sanam, SD. 2019. Tumbuhan Pewarna Alami Kain Tenun Ikat Suku Meto Di Kecamatan Nunkolo, Kabupaten Timor Tengah Selatan. *Indigenous Biologi: Jurnal Pendidikan dan Sains Biologi* **2(1)**: 34–41.

- Obenu NM, Bria EJ..2021.. Ethnobotany medicinal plants of dawan ethnic in North Central Timor Regency. *BIOTROPIKA* **9(3)**: 246–252.
- Priangga IKS, Sudarmawan A, Sura IGN. 2016. Pewarna alami kain tenun Desa Seraya Timur, Karangasem. *Jurnal Pendidikan Seni Rupa* **6(1)**: 1-12.
- Pujilestari T. 2014. Pengaruh ekstraksi zat warna alam dan fiksasi terhadap ketahanan luntur warna pada kain batik katun. *Dinamika Kerajinan Dan Batik* **31(1)**: 31–40.
- Pujilestari T. 2015. Review : sumber dan pemanfaatan zat warna alam untuk keperluan industri. *Dinamika Kerajinan Dan Batik* **32(2)**: 93–106.
- Puspaningtyas D E. 2013. *The Miracle of Fruits* (N. Opi (ed.)). Agromedia Pustaka.
- Rizeki C, Achir S. 2015. Pengaruh tingkat komposisi bubuk biji pepaya dan bubuk kulit manggis terhadap hasil pewarnaan rambut beruban. *Jurnal Tata Rias* **4(1)**: 25–32.
- Santa EK, Mukarlina, Linda R. 2015. Kajian etnobotani tumbuhan yang digunakan sebagai pewarna alami oleh Suku Dayak Iban di Desa Mension, Kabupaten Kapuas Hulu. *Jurnal Protobiont* **4(1)**: 58–61.
- Siombo MR. 2019. Kearifan Lokal Dalam Proses Pembuatan Tenun Ikat Timor (Studi Pada Kelompok Penenun Di Atambua-Ntt). *Bina Hukum Lingkungan* **4(1)**: 97–112. h
- Siva R. 2007. Status of natural dyes and dye-yielding plants in India. *Current Science* **92(7)**: 916–925.
- Sukanadi IM. 2018. *Teknik dan pengembangan desain tenun lurik*. BP ISI Yogyakarta.

Bio efficacy of frog skin bacteria as biological control agents against chili anthracnose disease

Bioefikasi bakteri dari kulit katak sebagai agensia biokontrol terhadap penyakit antraknosa pada cabai

Lela Susilawati^{1,*}, P. Afrizka Sari¹, Maulana Septiani¹, E.S. Purnomo^{1,2}

1) Department of Biology, Faculty of Science and Technology, UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta
Jl. Marsda Adisutjipto No.1, Yogyakarta-Indonesia, 55281

2) Lab. Microbiology, Integrated Laboratory, UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta
Jl. Marsda Adisutjipto No.1, Yogyakarta-Indonesia, 55281

*Email: lela.susilawati@uin-suka.ac.id

Diterima
20 Maret 2023

Disetujui
16 Juni 2023

ABSTRACT

Amphibian skin e.g., frog carry bacterial symbionts on their skin that protect the frog from invasion of pathogen infection. This study aimed to evaluate antifungal activity of five bacterial skin frog (namely KSMD3; KSMD9; KSMD10; KSMV12; KSMV15) of Indonesian origin, *Fejervarya limnocharis*, against phytopathogen (*Colletotrichum capsici*) TCKr2. Primary screening for their antifungal activity was performed using dual culture method on nutrient agar contained 2% (w/v) of dextrose. The alteration of hyphal morphology on media and the detached chili fruit bioassay were observed. Isolate of KSMD3 was selected based on its significant performance in inhibiting the growth of the chili anthracnose pathogen, *C. capsici*. In addition, the KSMD3 showed low severity of disease incidence on detached chili fruit. Based on the analysis of 16S rDNA, the isolate of KSMD3 was identified as member of genera of *Pseudomonas*.

Kata kunci: antifungal activity, *Colletotrichum* sp. bioassay, Indonesian frog, *Pseudomonas* sp.

INTISARI

Kulit amfibi seperti katak membawa simbiosis bakteri pada kulitnya yang melindungi katak dari serangan infeksi patogen. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi aktivitas antifungi dari lima bakteri kulit katak yaitu KSMD3; KSMD9; KSMD10; KSMV12; KSMV15 yang diisolasi dari spesies katak asal Indonesia, *Fejervarya limnocharis* terhadap fitopatogen (*Colletotrichum capsici*) TCKr2. Skrining utama aktivitas antifungi dilakukan menggunakan metode *dual culture* pada media agar yang mengandung 2% (b/v) dekstrosa. Adanya perubahan morfologi hifa dan bioassay buah cabai diamati. Isolat KSMD3 terpilih berdasarkan aktivitas antifungi dalam menghambat pertumbuhan *C. capsici*. Selain itu, KSMD3 menunjukkan tingkat keparahan penyakit yang rendah pada buah cabai. Berdasarkan analisis 16S rDNA, isolat KSMD3 diidentifikasi sebagai anggota genus *Pseudomonas*.

Kata kunci: aktivitas antifungi, *Colletotrichum* sp., bioassay, katak Indonesia, *Pseudomonas* sp.

INTRODUCTION

Amphibian skin is frequently exposed to the environment including physical factors, microorganisms and predators (Xu & Lai, 2015). The amphibian skin is relatively thin and permeable (Varga et al., 2019), hence, their skin is vulnerable to pollutants (McCoy & Peralta, 2018) and pathogen (Madison

et al., 2017). Therefore, the essential physiological processes occurred in their skin play an important role for maintaining their health (Varga et al., 2019).

Amphibian skin can secrete some remarkable substances such as antioxidants (C. Liu et al., 2010), and antimicrobial peptides (AMPs) (Conlon, 2011). Those substances not only has the essential role for gas exchange but also host defense against some invasive organisms (Jared et al., 2018). Mostly, those discovered peptides from frog skin demonstrated high antimicrobial and antifungal activities (Abbassi et al., 2008) that effectively against Gram-positive and Gram-negative bacteria. In addition to several studies indicated that these peptides from frog skin considerably have attracted to be developed as a promising therapeutic alternative in the future. For example, frog's peptide brevinine-1, brevinine-2, esculantin-2, and temporin from *Hylarana erythraea* (the green frog) (Al-Ghaferi et al., 2010) showed effectively inhibit the growth of *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*, and *Acetivobacter baumannii*. Recently D'Auria et al. (2022) reported that Temporin G (TG), originally isolated from *Rana temporaria* (European red frog), demonstrated inhibitory activity against fungi *C. albicans* and *Cryptococcus neoformans*. Moreover, TG showed high activity that inhibited the virulence factor of *C. albicans*.

These antimicrobial compounds are secreted by microbial symbiont on amphibian skin (Mangoni et al., 2001). These communities of microbiota occupies the mucous layer forming a microbiological barrier for skin protection (Smith et al., 2018; Varga et al., 2019). High diversity of microbes can grow and reside on amphibian skin surface because the skin provides a suitable habitats for them by producing a glycoprotein-containing mucus (Austin, 2000).

Previous studies have been reported of the recovery of frog-skin bacterial symbiont from several area and species. Belden et al. (2015) successfully isolated diverse species of bacteria from the skin of frogs, *Craugastor fitzingeri* (Fitzinger's robber frog), *Dendropsophus ebraccatus* (pantless treefrog), and *Agalychnis callidryas* (red-eyed leaf frog) in Panama. From Japan, Susilawati et al., (2021) obtained a total 102 bacterial isolates from three native species of wild frog *Hyla japonica*, *Pelophylax porosus porosus* and *Buergeria buergeri*. Yet, to our knowledge, no study has been reported in Indonesian frog. Susilawati & Sari (2014) obtained 20 culturable bacteria isolates from local species of frog *Fejervarya limnocharis* with no further study on the identification and their potentiality against invasive pathogen.

In fact, Indonesia is one of the megadiverse countries in the world comprises about 17,000 islands with high diverse of endemic species of floras and faunas (Iskandar & Erdelen, 2006). This provides an opportunity to preserve species of frog in Indonesia by applying its microbial community for controlling other microbial pathogen such as bacteria, fungi and virus in agriculture, wildlife, and human. Here, we investigate the bacterial community on endemic Indonesian frog and evaluating their antifungal activities against phytopathogen *Colletotrichum*, causing agent of chili anthracnose disease.

Chili is an essential horticultural commodity in tropical and subtropical countries, including Indonesia. Indonesia together with other Asian countries such as Thailand, China, Turkey, and India are known as the largest chili producers in the world (Saxena et al., 2016). However, there are obstacles in chili production, especially anthracnose disease caused by *Colletotrichum* sp. (De Silva et al., 2017). This fungus causes the black spots on the surface of the chili fruit, thus reducing its marketability (Than et al., 2008). Chili Anthracnose disease causes significant yield losses globally; for example, in Thailand, yield

losses of up to 80% (Montri et al., 2009), 10% in Korea (Kim et al., 2008), about 10-80% and 2-35% in the rainy season and dry season respectively in Indonesia (Than et al., 2008). To control this disease, we investigate the antifungal activity of bacteria isolated from frog skin against *Colletotrichum*. This study is the first report using frog skin bacteria as a potential biological control agent.

MATERIALS AND METHODS

Microorganisms and culture conditions

Five bacterial isolates from Indonesian's frog skin species *Fejervarya limnocharis* namely KSMD3; KSMD9; KSMD10; KSMV12; KSMV15 were used in this study. Pure bacterial cultures stored at -80°C in 10% skim milk were revived on NA agar plates and incubated at 28°C for 48 h. *Colletotrichum capsici* TCKr2, the chili anthracnose fungus was used. The fungi was cultured on PDA (potato dextrose agar) medium at 28°C in the dark (Kubota and Abiko, 2000). Ten-day old PDA plate cultures of *C. capsici* TCKr2 was flooded with 10 ml sterile distilled water and carefully scraped with a paint brush to harvest conidia. The conidial suspension was filtered through two layers of sterilized cheesecloth, and the density was adjusted to 10^5 conidia/ml using a haemocytometer under microscope (Olympus, Tokyo, Japan).

Primary screening of antagonistic bacteria by dual culture method

All five bacterial isolates were initially screened for their antifungal activity against the chili anthracnose pathogen *C. capsici* TCKr2 by the dual-culture method (Damasceno et al., 2019) with a slight modification. Briefly, a 10-day old mycelial plug of *C. capsici* ($\varnothing 3$ mm) obtained from the PDA culture was placed on the centre of plate contained a fresh NA added with 2% of dextrose ($\varnothing 90$ -mm Petri dish) and incubated in the dark at 29°C for 24 h. A loop full of bacteria was streaked 3.0 cm away from the fungal pathogen on plate, incubated in the dark at 29°C for 3 days. Percent inhibition of mycelial growth (GI) was calculated as: $\text{GI} (\%) = [(R-r)/R] \times 100$; where, R represents the colony radial size (mm) of the fungus distal to the bacteria (as a control) and r represents the colony radial size (mm) proximal to the bacteria.

The alteration of fungal morphology was examined by taking a treated aerial mycelium of fungi with a sterilized needle and put on the clean slide glass. Then the fungus was stained with 0.01% (w/v) trypan blue in lactophenol dye. Fungal morphology was observed using a light microscope.

Chili anthracnose disease resistance assay

The fresh chili pepper (*Capsicum frutescens* L.) fruit washed with distillate sterile water and allowed to air dry. The surface of dried chili were sterilized with 70% of ethanol and wiped them with a sterile tissue paper (Rajapakse & Ranasinghe, 2002). All sterilized chili pepper, were wounded in two site (4.0mm in diameter) and dropped $3\mu\text{l}$ of bacterial suspension (10^{10} cfu/ml). After 2h, the $3\mu\text{l}$ (10^5 conidia/ml) fungal pathogen was inoculated to each wound. The fungicide mancozeb was used as a control. Then, all treated chili were kept in a transparent box for 7 days with wet filter paper inside to maintain the humidity. After incubation period, the disease incidence was measured using the formula described by Cardoso et al. (2004) $I = \Sigma x/N$ where x represents the number of diseased plants divided by the total number of evaluated plants.

Molecular identification of bacteria using analysis 16S rDNA gene

Genomic DNA of selected bacteria was extracted using the *Wizard Genomic DNA Purification Kit* following the manufacturer's instructions. Bacterial isolates were cultured in nutrient broth at 37°C for 24h. The bacterial cells were harvested by centrifugation (536 ×g) at 4°C for 15 min. An approximately 1.5-kb fragment of the bacterial 16S rRNA gene was amplified using the universal primer set 27F (5'-AGAGTTTAGTCCTGGCTCAG-3') and 1529R (5'-CAIAAAGGAGGTGATCC-3). The total reaction volume per vial was 10.0 µl using kit MegaMix Blue (Microzone Ltd). Reactions were held at 94°C for 5 min to denature the DNA, with amplification proceeding for 30 cycles at 94°C for 1 min, 55°C for 1.5 min, and 72°C for 2 min, and a final extension at 72°C for 10 min. The amplicon was visualized in a 2% (w/v) agarose gel and subjected to DNA sequencing (ABI PRISM310 Genetic Analyzer, Thermo Fisher Science, Waltham, MA, USA). Primers used for sequencing were the same as those used for amplification of the 16S region (27F and 1492R).

Sequence analysis

The sequence of each isolate was analyzed for its similarity with the sequences in the NCBI GenBank database (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>) and aligned by Clustal W (Thompson et al., 1994). A phylogenetic tree was constructed with Neighbor-Joining analysis (NJ) using MEGA 11 (Kumar et al., 2018).

RESULTS AND DISCUSSION

Primary screening of bacterial frog-skin isolates for antagonistic activity against *C. capsici*

Two of the five bacteria, KSMD3 and KSMD10, showed high inhibitory activity against *C. capsici* (Fig. 1.A.). The percentage of mycelial growth inhibition achieved by KSMD3 was 50.0% followed by KSMD10 with 45.0% (Fig. 1.B).

Frog-skin bacteria has been widely investigated for protecting the amphibian fungal pathogen, *Batrachochytridium dendrobatidis* and *B. salamandrivorans* by producing antifungal compounds (Woodhams et al., 2018). In this study, we evaluated the efficacy of frog-skin bacteria in controlling the phytopathogen. Two selected isolates, KSMD3 and KSMD10 showed high capability inhibited the growth of *C. capsici*. It is indicated that these two isolates releases antifungal compound. However, the study on the mechanisms involved in this inhibition is required.

Colletotrichum has been considered as one of the most important fungal pathogen genera among other ten genera which significantly reduce the productivity (Dean et al., 2012). Application of synthetic fungicide is still popular to control the disease caused by *Colletotrichum*, however the excessive application can promote the fungal resistance to fungicide (Jamalizadeh et al., 2011). Thus, the application of biological control agent for instance bacteria can help to tackle the attacking of fungi.

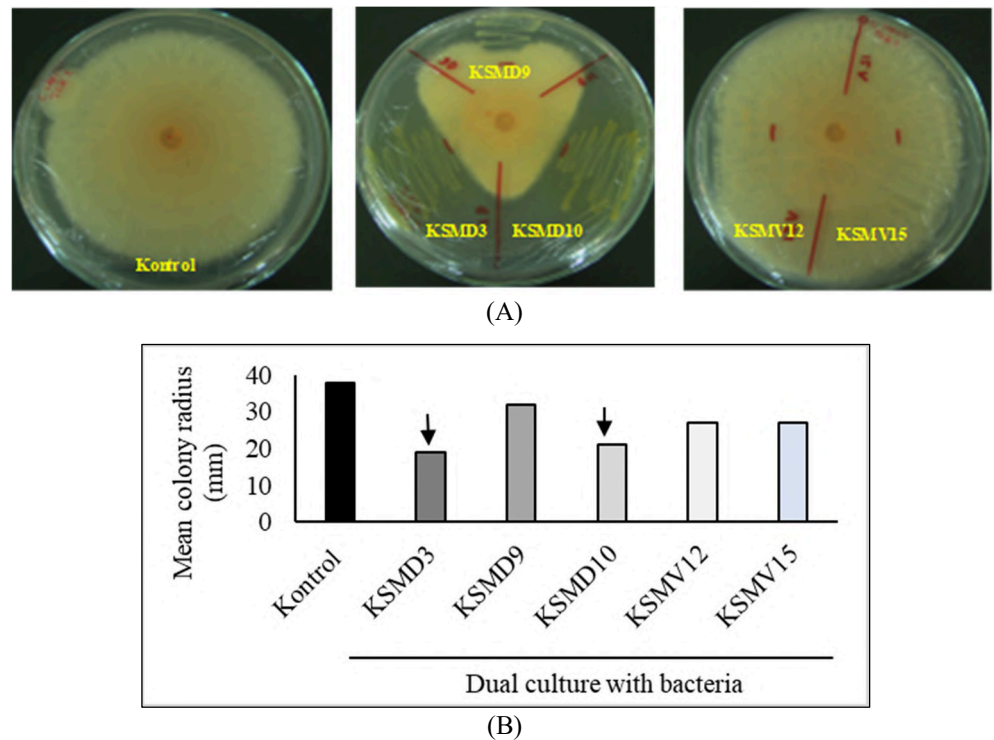


Figure 1. Five tested frog-skin bacterial isolates, KSMD3, KSMD10, KSMD9, KSMV12 and KSMV15 streaked on PDA medium inhibited the mycelial growth of *C. capsici* TCr2 in dual cultures incubated at 29°C. 3-days post inoculation of inhibited fungal pathogen viewed from above of the PDA medium (A). The radius of colony on the side nearest the bacteria was compared with the control (B). KSMD3 and KSMD10 showed the strongest inhibitory toward *C. capsici*.

In vitro interactions between the frog-skin bacteria and *C. capsici*

Treated mycelial fungal with frog-skin bacteria was observed with a light microscope. *C. capsici* treated with one of the isolates (KSMD3 and KSMD10) resulted in swelling and lysis of hyphae (Fig. 2).

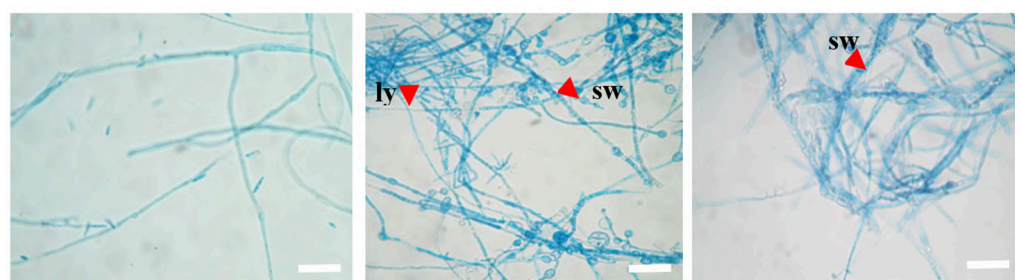


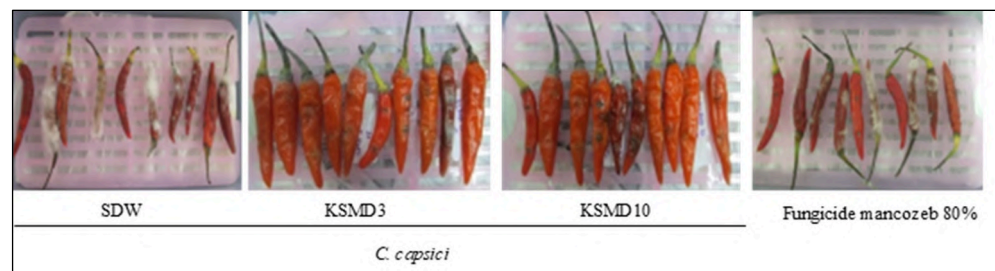
Figure 2. Treated *Colletotrichum capsici* TCr2 with selected bacterial isolates KSMD3 (middle) and KSMD10 (left) after 3-days incubation at 29°C. No abnormal hyphae were observed in the control (right) without bacteria; whereas in the presence of bacteria, some abnormal mycelia formed, including swollen hyphae (sw) and lysed (ly). Scale bars 20 µm.

The suppressive effect of two selected bacteria KSMD3 and KSMD10 presented the alteration of fungal hyphae after co-culture with *C. capsici*. Hyphal morphology was observed with a light microscope resulted in swelling hyphae (sw) and lysis of hypae (ly) (Fig. 2). These two bacteria indicated the induction of morphological changes. A previous study by Kwon et al., (2022) showed that

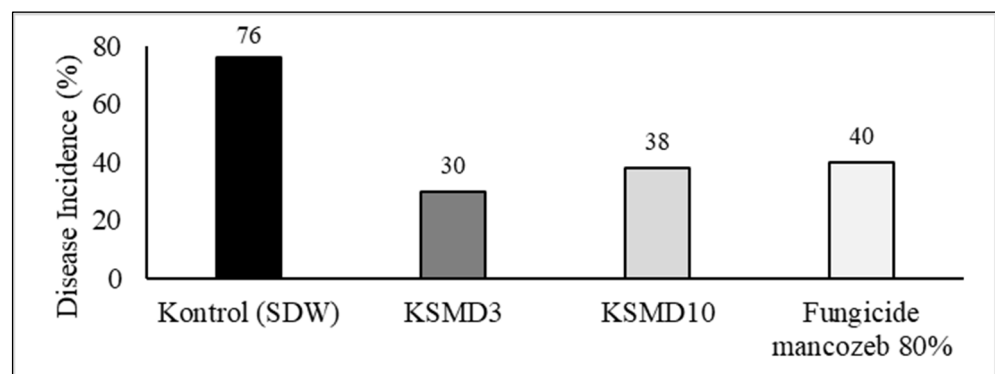
Bacillus tequilensis GYUN-300 induced the changes of mycelial *Colletotrichum acutatum*, where the conidia has swollen. Another study by Zepeda-Giraud et al., (2020) demonstrated the damage of *C. gloesporoides* mycelia after treated with biocontrol agent yeast *Wickerhamomyces anomalus*. Likewise, Susilawati et al., (2021) reported that three bacterial isolates frog skin causes severe changes in mycelia of *C. orbiculare* A-19. The mode of action involved in this mycelial alteration included the production of hydrolytic enzymes (Zepeda-Giraud et al., 2020), nutrient competition, hyperparasitism and antibiosis (Köhl et al., 2019).

Chili anthracnose disease resistance assay

Two selected bacteria, KSMD3 and KSMD10 were tested for their resistance activity toward *C. capsici* using fresh chili pepper. KSMD3 showed the lowest disease incidence percentage with 30% compared to control using SDW and the commercial fungicide with 76% and 40% respectively (Fig. 3.B). The mycelial of *C. capsici* growing well covered whole the fruit of chili pepper after 7 days-inoculation in control treatment, while chili fruit treated with KSMD3 the mycelial fungi did not show high severity disease (Fig. 3.A). The treatment of chili with KSMD3 proved satisfactory results, with the percentage of DI (30%) lower than the control (76%) and KSMD10 by 38%. The high inhibition demonstrated by KSMD3 and KSM10 could be due to the production of antifungal substances, however the mode of action of the inhibitory activity of both isolates is still unknown. Therefore, the further study is required.



(A)



(B)

Figure 3. Two selected frog-skin bacteria KSMD3 and KSMD10 were dropped on wounded healthy chili fruit after 24h inoculated with *C. capsici*. controlled chili fruit with SDW showed high severity disease with chili fully covered with mycelium of *C. capsici* after 7-days inoculation compared to KSMD3 treatment (A). The lowest percentage of disease incidence showed by treatment with KSMD3 followed by KSMD10, while application of fungicide mancozeb 80% presented slight disease incidence compared to KSMD3 (B).

Molecular identification of best bacteria using analysis 16S rDNA gene

We sequenced the 16S rRNA of best bacteria KSMD3. The sequence was 99.28% identical to those of *Pseudomonas aeruginosa* (for example NR114471.1; Fig. 4). We identified KSMD3 as a *Pseudomonas* sp. *Pseudomonas* are widely known as effective biological control (Höfte, 2022). According to Lahlahi et al. (2022) genus of *Bacillus* and *Pseudomonas* are mostly important genera which high capability in secondary metabolites production. *Pseudomonas* has been reported able to inhibit several most important plant diseases such as *P. chloroaphis* zm-1 isolated from rhizosphere showed high inhibition of fungal pathogen causing peanut stem rot, *Sclerotium rolfsii* by producing 1-hydroxy phenazine (Liu et al., 2022), *P. aeruginosa* Ld-08 effectively suppressed the growth of three tested phytopathogens, *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinerea*, *Botryosphaeria dothidea*, and *Fusarium fujikuroi* due to its ability of several bioactive substances production such as quinolones; 3,9-Dimethoxypteroc arpan; cascaroside B; dehydroabietylamine; epiandrosterone; nocodazole; oxolinic acid; pyochelin; rhodotulic acid; 9,12-octadecadienoic acid; di-peptides; tri-peptides; pinolenic acid methyl ester; ursodiol; and venlafaxine (Khan et al., 2022). From these studies, *Pseudomonas* isolated from common niche of environment for instance soil, rhizosphere, or water (Lahlahi et al., 2022). In this study, we isolated *Pseudomonas* from amphibian skin. To date, this study is the first report of bacteria isolated from frog skin showing the antagonistic effect on *Colletotrichum* sp.

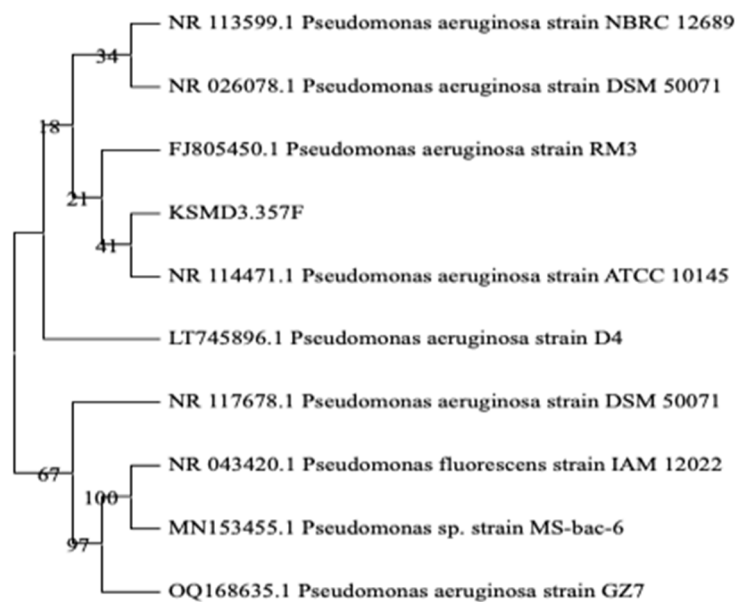


Figure 4. Neighbor joining (NJ) phylogenetic trees constructed based on 16S rRNA gene sequence indicate relationships between KSMD3 and *Pseudomonas* spp. Values at the nodes represent the percentage NJ bootstrap values from 1000 replicates; values $\geq 50\%$ are shown. Bars indicate phylogenetic distances of 10%.

CONCLUSION

In conclusion, *Pseudomonas* sp. KSMD3 isolated from the skin of the Indonesian native frog species, *F. limnocharis*, is a candidate for biocontrol agents of plant disease caused by *Colletotrichum capsici*. The mode of action responsible for the control of disease seemed to be antibiosis, however further analysis to study this mode of action is necessary to be done.

ACKNOWLEDGEMENT

We thank MORA (Ministry of Religion Affair Republic Indonesia) for fully funding support this research. D.E. Saputro (Integrated Lab UIN Sunan Kalijaga) for his help providing all material needed. S.J.Munawwaroh, for providing fungal pathogen culture *C. capsici*.

REFERENCES

- Abbassi F, Oury B, Blasco T, Sereno D, Bolbach G, Nicolas P, Hani K, Amiche M, Ladram A. 2008. Isolation, characterization, and molecular cloning of new temporins from the skin of the North African ranid *Pelophylax saharica*. *Peptides* **29(9)**: 1526–1533.
- Al-Ghaferi N, Kolodziejek J, Nowotny N, Coquet L, Jouenne T, Leprince J, Vaudry H, King, Jay. D, Conlon JM. 2010. Antimicrobial peptides from the skin secretions of the South-East Asian frog *Hylarana erythraea* (Ranidae). *Peptides* **31(4)**: 548–554.
- Austin R. M. 2000. Cutaneous Microbial Flora and Antibiosis in *Plethodon Ventralis*. In: Bruce RG, Jaeger LD, Houck (eds) *The Biology of Plethodontid Salamanders*, 451–462): Springer US.
- Cardoso JE, Santos AA, Rossetti AG, Vidal JC. 2004. Relationship between incidence and severity of cashew gummosis in semiarid north-eastern Brazil. *Plant Pathology* **53(3)**: 363–367.
- Conlon JM. 2011. Clinical Applications of amphibian antimicrobial peptides. *Journal of Medical Sciences*, **4(2)**: 62–72. <https://doi.org/10.2174/1996327001104020062>.
- D'Auria FD, Casciaro B, De Angelis M, Marcocci ME, Palamara AT, Nencioni L, Mangoni, ML. 2022. Antifungal activity of the frog skin peptide Temporin G and its effect on *Candida albicans* virulence factors. *International Journal of Molecular Sciences* **23(11)**: 6345.
- Damasceno CL, Duarte EAA, dos Santos LBPR, de Oliveira TAS, de Jesus FN, de Oliveira LM, Góes-Neto A, Soares ACF. 2019. Postharvest biocontrol of anthracnose in bananas by endophytic and soil rhizosphere bacteria associated with sisal (*Agave sisalana*) in Brazil. *Biological Control*, **137**, 104016.
- Dean R, Van Kan JAL, Pretorius ZA, Hammond-Kosack KE, Di Pietro A, Spanu PD, Rudd JJ, Dickman M, Kahmann R, Ellis J, Foster GD. 2012. The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology: Top 10 fungal pathogens. *Molecular Plant Pathology* **13(4)**: 414–430.
- De Silva DD, Crous PW, Ades PK, Hyde KD, Taylor PWJ. 2017. Lifestyles of *Colletotrichum* species and implications for plant biosecurity. *Fungal Biology Reviews* **31(3)**: 155–168.
- Höfte M. 2021. The use of *Pseudomonas* spp. as bacterial biocontrol agents to control plant diseases. In: Wageningen University & Research, The Netherlands & J. Köhl (Eds.), *Burleigh Dodds Series in Agricultural Science* (pp. 301–374). Burleigh Dodds Science Publishing.
- Iskandar DT, Erdelen WR. 2006. *Conservation of amphibians and reptiles in Indonesia: Issues and problems* **4(1)**: 60-87.
- Jamalizadeh M, Etebarian HR, Aminian H, Alizadeh A. 2011. A review of mechanisms of action of biological control organisms against post-harvest fruit spoilage: A review of mechanisms of action of biological control organisms. *EPPO Bulletin* **41(1)**: 65–71.
- Jared C, Mailho-Fontana PL, Marques-Porto R, Sciani JM, Pimenta DC, Brodie ED, Antoniazzi MM. 2018. Skin gland concentrations adapted to different evolutionary pressures in the head and posterior regions of the caecilian *Siphonops annulatus*. *Scientific Reports* **8(1)**: 3576.
- Khan N, Maymon M, Hirsch A. 2017. Combating *Fusarium* infection using *Bacillus*-based antimicrobials. *Microorganisms* **5(4)**: 75.
- Kim TJ, Sook-Young P, Woobong C, Yong-Hwan L, Heung TK. 2008. Characterization of *Colletotrichum* isolates causing anthracnose of pepper in Korea. *Plant Pathology Journal* **24(1)**: 17-23.
- Köhl J, Kolnaar R, Ravensberg WJ. 2019. Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: relevance beyond efficacy. *Frontiers in Plant Science* **10**: 845.
- Kubota M, Abiko K. 2000. Induced resistance in hypocotyl of cucumber by infection with *Colletotrichum lagenarium* in leaves. *J Gen Plant Pathol* **66**: 128–131.
- Kumar S, Stecher G, Li M, Knyaz C, Tamura K. 2018. MEGA X: Molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution* **35(6)**: 1547–1549.

- Kwon HT, Lee Y, Kim J, Balaraju K, Kim HT, Jeon Y. 2022. Identification and characterization of *Bacillus tequilensis* GYUN-300: an antagonistic bacterium against red pepper anthracnose caused by *Colletotrichum acutatum* in Korea. *Frontiers in Microbiology* **13**: 826827.
- Lahlali R, Ezrari S, Radouane N, Kenfaoui J, Esmaeel Q, El Hamss H, Belabess Z, Barka EA. 2022. Biological control of plant pathogens: a global perspective. *Microorganisms* **10(3)**: 596.
- Liu C, Hong J, Yang H, Wu J, Ma D, Li D, Lin D, Lai R. 2010. Frog skins keep redox homeostasis by antioxidant peptides with rapid radical scavenging ability. *Free Radical Biology and Medicine* **48(9)**: 1173–1181.
- Liu F, Yang S, Xu F, Zhang Z, Lu Y, Zhang J, Wang G. 2022. Characteristics of biological control and mechanisms of *Pseudomonas chlororaphis* zm-1 against peanut stem rot. *BMC Microbiology* **22(1)**: 9 .
- Madison JD, Berg EA, Abarca JG, Whitfield SM, Gorbatenko O, Pinto A, Kerby JL. 2017. Characterization of *Batrachochytrium dendrobatidis* Inhibiting bacteria from amphibian populations in Costa Rica. *Frontiers in Microbiology* **8**: 290.
- Mangoni ML, Miele R, Renda TG, Barra D, Simmaco M. 2001. The synthesis of antimicrobial peptides in the skin of *Rana esculenta* is stimulated by microorganisms. *The FASEB Journal* **15(8)**: 1431–1432.
- McCoy KA, Peralta AL. 2018. Pesticides could alter amphibian skin microbiomes and the effects of *Batrachochytrium dendrobatidis*. *Frontiers in Microbiology* **9**: 748.
- Montri P, Taylor PWJ, Mongkolporn O. 2009. Pathotypes of *Colletotrichum capsici*, the causal agent of chili anthracnose in Thailand. *Plant Disease* **93(1)**: 17–20.
- Saxena A, Raghuwanshi R, Gupta VK, Singh HB. 2016. Chilli anthracnose: the epidemiology and management. *Frontiers in Microbiology* **7**: 1527.
- Smith HK, Pasmans F, Dhaenens M, Deforce D, Bonte D, Verheyen K, Lens L, Martel A. 2018. Skin mucosome activity as an indicator of *Batrachochytrium salamandrivorans* susceptibility in salamanders. *PLoS ONE* **13(7)**: e0199295.
- Stecher G, Tamura K, Kumar S. 2020. Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) for macOS. *Molecular Biology and Evolution* **37(4)**: 1237–1239.
- Susilawati L, Iwai N, Komatsu K, Arie T. 2021. Antifungal activity of bacteria isolated from Japanese frog skin against plant pathogenic fungi. *Biological Control* **153**: 104498.
- Than PP, Jeewon R, Hyde KD, Pongsupasamit S, Mongkolporn O, Taylor PWJ. 2008. Characterization and pathogenicity of *Colletotrichum* species associated with anthracnose on chilli (*Capsicum* spp.) in Thailand. *Plant Pathology* **57(3)**: 562–572.
- Thompson JD, Higgins DG, Gibson TJ. 1994. CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucl. Acid. res.* **22**: 4673-4680.
- Varga JFA, Bui-Marinis MP, Katzenback BA. 2019. Frog skin innate immune defences: sensing and surviving pathogens. *Frontiers in Immunology* **9**: 3128.
- Woodhams DC, LaBumard BC, Barnhart KL, Becker MH, Bletz MC, Escobar LA, Flechas SV, Forman ME, Iannetta AA, Joyce MD, Rabemananjara F, Gratwicke B, Vences M, Minbiole KPC. 2018. Prodigiosin, violacein, and volatile organic compounds produced by widespread cutaneous bacteria of amphibians can inhibit two *Batrachochytrium* fungal pathogens. *Microbial Ecology* **75(4)**: 1049–1062.
- Xu X, Lai R. 2015. The chemistry and biological activities of peptides from amphibian skin secretions. *Chemical Reviews* **115(4)**: 1760–1846.
- Zepeda-Giraud LF, Olicón-Hernández DR, Pardo JP, Villanueva MGA, Guerra-Sánchez G. 2020. Biological control of *Thielaviopsis paradoxa* and *Colletotrichum gloeosporioides* by the extracellular enzymes of *Wickerhamomyces anomalus*. *Agriculture* **10(8)**: 325.

JURNAL BIOLOGI UDAYANA

P-ISSN: 1410-5292 E-ISSN: 2599-2856

Volume 27 | Nomor 1 | Juni 2023

DOI: <https://doi.org/10.24843/JBIOUNUD.2023.v27.i01.p12>

Keanekaragaman lalat buah (*Bactrocera* spp.) di Sumbawa Barat

Diversity of fruit flies (*Bactrocera* spp.) in West Sumbawa

Ika Rusmawati, Galuh Tresnani, I Wayan Suana *

Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram

Jl. Majapahit No. 62 Mataram, Indonesia – 83125

*Email: wynsuana@unram.ac.id

Diterima
23 April 2023

Disetujui
30 Juni 2023

INTISARI

Pelabuhan Poto Tano di Sumbawa Barat merupakan salah satu pintu masuk perdagangan komoditas hortikultura antarpulau yang berpotensi menjadi media penyebaran lalat buah dari suatu wilayah ke wilayah lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman lalat buah di Sumbawa Barat dan buah-buahan yang menjadi inangnya, serta membahas kemungkinan masuknya lalat buah ke Sumbawa Barat melalui perdagangan komoditas hortikultura antarpulau. Pengambilan sampel menggunakan metode *purposive random sampling*. Lalat buah dikoleksi dengan perangkap (*trapping*) dan pemeliharaan inang (*host rearing*). Hasil penelitian menemukan 14 spesies lalat buah *Bactrocera* spp. dengan indeks keanekaragaman (H') 1,44 (kategori sedang), indeks dominansi (D) 3,19 (kategori tinggi), indeks pemerataan (E) 0,54 (kategori sedang). *B. dorsalis* dan *B. carambolae* merupakan spesies yang mendominasi serta memiliki kisaran inang yang luas. Tanaman yang menjadi inang lalat buah sebagian besar merupakan buah komersial yang terdiri dari 12 spesies buah-buahan. Tidak ditemukan bukti yang kuat untuk menyatakan bahwa selama 10 tahun terakhir terjadi penambahan spesies lalat buah di Sumbawa Barat akibat adanya lalu lintas perdagangan buah antarpulau.

Kata kunci: *Bactrocera*, hortikultura, perdagangan antarpulau, perangkap, pemeliharaan inang

ABSTRACT

The Port of Poto Tano in West Sumbawa is one of the entry points for inter-island trade in horticultural commodities which has the potential to become a medium for the spread of fruit flies from one region to another. This study aims to determine the diversity of fruit flies in West Sumbawa and the fruits that become their hosts, as well as to discuss the possibility of fruit flies entering West Sumbawa through the inter-island trade in horticultural commodities. The purposive random sampling method was used as sample collection. Fruit flies were collected by trapping and host rearing. The results of the study found 14 species of *Bactrocera* spp. with a diversity index (H') of 1.44 (medium category), dominance index (D) of 3.19 (high category), evenness index (E) of 0.54 (medium category). *B. dorsalis* and *B. carambolae* were the dominant species and had wide host ranges. Plants that turn out to be the host of fruit flies are mostly commercial fruits, consisting of 12 fruit species. There is no strong evidence to suggest that during the last 10 years there has been an increase in fruit fly species in West Sumbawa due to inter-island fruit trade traffic.

Keywords: *Bactrocera*, horticulture, inter-island trade, trapping, host rearing

PENDAHULUAN

Lalat buah khususnya dari genus *Bactrocera* (Diptera: Tephritidae) merupakan salah satu hama utama yang menyerang berbagai tanaman hortikultura, seperti buah-buahan dan sayur-sayuran (Liu et al., 2019). Akibatnya tanaman hortikultura akan mengalami penurunan kualitas dan mutu buah sehingga menyebabkan kerugian ekonomi akibat serangan lalat buah. Menurut penelitian Ariningsih et al. (2022) tingkat kerusakan yang diakibatkan oleh serangan lalat buah pada komoditas hortikultura di Indonesia sangat bervariasi berkisar antara 13,5-70% dan perkiraan kerugian ekonomi terhadap komoditas hortikultura mencapai Rp 48,5 triliun/tahun. *Bactrocera* spp. tergolong hama yang dapat menyebar dari satu daerah ke daerah lain melalui media perantara seperti buah atau sayuran yang terinfeksi telur lalat buah (Yong et al., 2012). Peningkatan lalu lintas perdagangan komoditas hortikultura membuka peluang penyebaran lalat buah antardaerah maupun antarnegara menjadi semakin meningkat. Pelabuhan Poto Tano yang terletak di Kabupaten Sumbawa Barat merupakan pintu masuk utama untuk orang dan barang dari Pulau Lombok ke Pulau Sumbawa, sehingga Kabupaten Sumbawa Barat menjadi daerah yang pertama dan terdepan bagi kemungkinan masuk dan menyebarnya lalat buah maupun organisme pengganggu tumbuhan (OPT) lainnya. Wahyuni (2013) melaporkan bahwa di Sumbawa Barat terdapat 13 spesies lalat buah yang teridentifikasi dari hasil *trapping* dan *host rearing*. Pemantauan yang dilakukan oleh Stasiun Karantina Pertanian Kelas I Sumbawa dari 2018 sampai 2022 melalui *trapping* ditemukan 8 spesies lalat buah. Dari 8 spesies lalat buah tersebut terdapat 1 spesies yang tidak ditemukan pada pemantauan sebelumnya, yang kemungkinan masuk melalui lalu lintas perdagangan buah dan sayuran antarpulau. Dari penelitian Wahyuni (2013) juga terungkap bahwa terdapat 10 spesies buah yang menjadi inang lalat buah, dimana 9 spesies merupakan buah-buahan komersial yang umum dijadikan sebagai komoditas perdagangan. Fakta ini semakin menguatkan dugaan bahwa lalat buah masuk ke Sumbawa Barat melalui perdagangan buah antarpulau.

Dalam artikel ini kami melaporkan tentang keanekaragaman lalat buah di Kabupaten Sumbawa Barat, serta buah-buahan yang menjadi inangnya. Adanya spesies lalat buah yang baru ditemukan dalam penelitian ini, yang belum pernah dilaporkan pada penelitian sebelumnya, merupakan fakta yang akan didiskusikan mengenai kemungkinan terjadinya penyebaran lalat buah melalui perdagangan buah antarpulau. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pembaharuan basis data spesies lalat buah di Kabupaten Sumbawa Barat, sehingga tindakan pemantauan maupun pengendalian yang dilakukan akan lebih efektif dan efisien.

MATERI DAN METODE

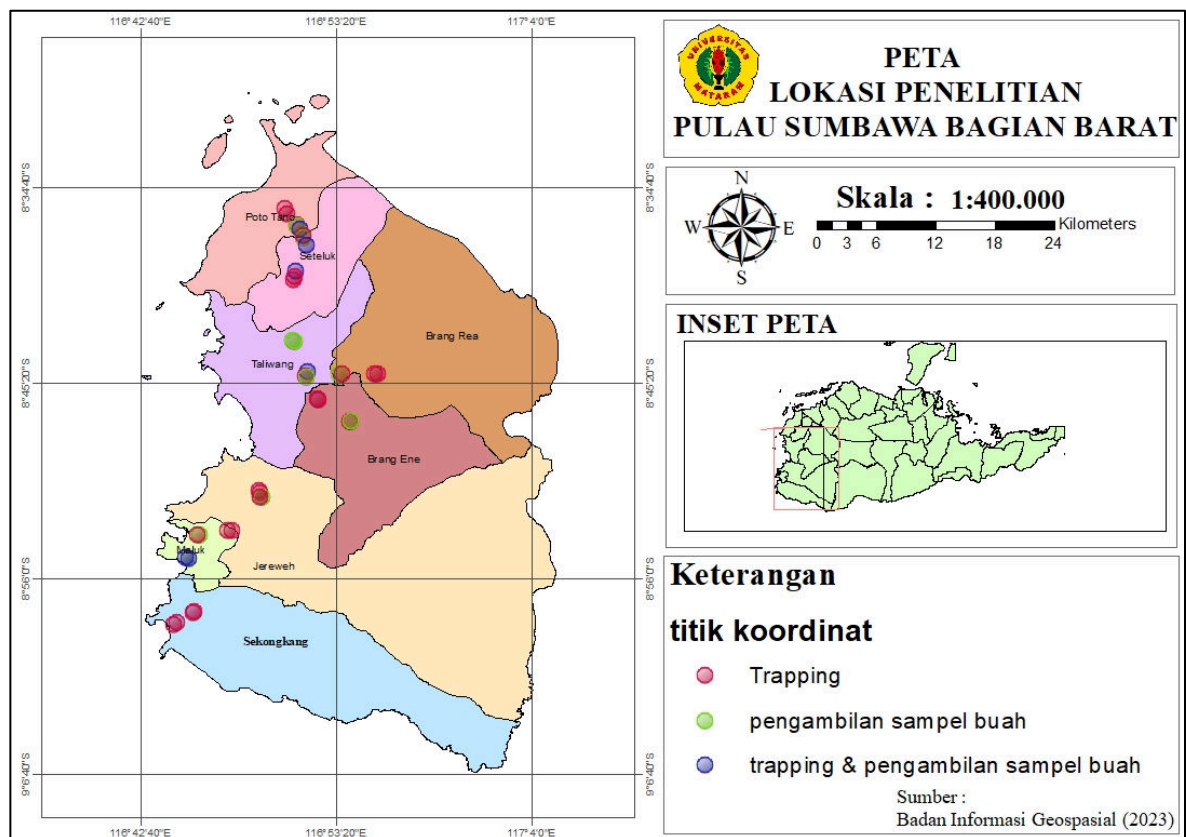
Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilaksanakan selama tiga bulan, Februari sampai April 2023 di Sumbawa Barat. Pemeliharaan inang (*host rearing*) dan identifikasi lalat buah dilakukan di Laboratorium Stasiun Karantina Pertanian Kelas I Sumbawa Besar. Lokasi penelitian dan pengambilan sampel ditunjukkan pada Gambar 1.

Bahan dan alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat tulis, aplikasi LC mikro, buku identifikasi, cawan petri, tabung film 10-20 mL, *Global Positioning System* (GPS), jarum serangga, karung kain kasa, kamera, kertas label, lux meter, plastik klip, mikroskop stereo, pinset, plastisin, botol semprot, termohigrometer,

dan anemometer. Bahan-Bahan yang digunakan yaitu alkohol 96%, klorofom, madu atraktan *Cue Lure* (CUE) yang mengandung bahan aktif senyawa 4-(*p*-hydroxyphenyl)-2- butanone acetate dan *Methyl Eugenol* (ME) yang mengandung bahan aktif benzene, 1,2-dimethoxy-4-(2-propenyl).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Metode

Sampel lalat buah dikoleksi dengan memasang perangkap (*trapping*) dan pemeliharaan inang (*host rearing*) menggunakan metode survei dengan teknik *purposive random sampling*. Lokasi pengambilan sampel terdiri dari 8 kecamatan di Sumbawa Barat yang memiliki potensi sebagai penghasil buah. Daerah yang dipilih sebagai lokasi pengambilan sampel tersebut adalah Kecamatan Taliwang (K1), Kecamatan Brang Rea (K2), Kecamatan Seteluk (K3), Kecamatan Jereweh (K4), Kecamatan Sekongkang (K5), Kecamatan Brang Ene (K6), Kecamatan Maluku (K7) dan Kecamatan Poto Tano (K8) (Gambar 1). Dari masing-masing lokasi ditentukan dua tempat pemasangan perangkap, sehingga dari 8 lokasi diperoleh 16 unit perangkap untuk pengambilan sampel lalat buah.

Perangkap yang digunakan untuk menangkap lalat buah mengikuti metode Yong et al. (2012) yaitu metode pengolesan atraktan di permukaan daun. Pengolesan tiap atraktan CUE dan ME diberi jarak minimal 100 meter pada tiap lokasi. Daun yang telah diolesi atraktan, ditunggu kurang lebih 30 menit untuk memastikan adanya lalat buah yang berkumpul pada daun tersebut. Kemudian dilakukan penangkapan dengan menyungkup menggunakan kantong plastik dan lalat buah yang terperangkap dimasukkan ke dalam botol sampel, serta diawetkan dengan alkohol.

Pengambilan sampel buah dilakukan sebanyak satu kali untuk setiap lokasi. Buah yang dikumpulkan adalah buah yang memiliki tanda bercak-bercak hitam bekas tusukan ovipositor lalat buah betina. Pengambilan buah dilakukan di tiap kecamatan baik di daerah perkebunan, pemukiman, pasar ataupun hutan yang terdapat buah busuk atau buah yang ada bekas tusukan ovipositor lalat buah. Tiap buah dikumpulkan menggunakan karung kain kasa yang terpisah untuk tiap jenis buah. Buah yang telah dikumpulkan dimasukkan ke dalam wadah plastik berisi pasir steril. Media pasir yang digunakan berupa pasir halus dan ketebalan media sekitar 2 cm sebagai media pupasi. Tiap wadah plastik diletakkan buah yang berbeda berdasarkan jenis dan berdasarkan tempat pengambilan buah dan ditutup menggunakan kain kasa. Jika terdapat pupa maka diayak dan diletakkan di dalam wadah pemeliharaan. Setelah itu, pupa diinkubasi di dalam wadah pemeliharaan hingga menjadi imago. Lalat buah yang didapatkan kemudian dimatikan menggunakan kloroform, setelah itu lalat buah didokumentasikan menggunakan kamera terutama bagian yang menjadi karakteristik identifikasi. Kemudian lalat buah dipreparasi menggunakan awetan basah dengan konsentrasi alkohol 96% di dalam botol film. Setelah itu dimasukkan ke dalam freezer.

Imago lalat buah yang didapat dari hasil perangkap dan pemeliharaan, diidentifikasi dengan menggunakan buku *The Australian Handbook for the Identification of Fruit Flies* (Plant Health Australia, 2018) dan buku identifikasi lalat buah *Their Identification, Pest Status and Pest Management. International Centre the Management of Pest Fruit Flies (ICMPFF)* (Griffith University and Ministry of Agriculture, 2009). Lalat buah diamati dibawah mikroskop stereo dan didokumentasi menggunakan kamera yang telah terhubung ke mikroskop stereo dan aplikasi LC mikro yang terhubung melalui computer.

Analisis data

Analisis data menggunakan Indeks Dominansi (Simpson), Indeks Kemerataan, dan Indeks Keanekaragaman (Shanon-Wiener) (Begon et al., 1986), dengan formula sebagai berikut:

$$\text{Indeks Dominansi (D)} = \frac{1}{\sum(\pi_i)^2}, \text{ dimana } \pi_i = \frac{n_i}{N}$$

Keterangan

- D : Indeks Dominansi
- π_i : Proporsi spesies ke-i
- n_i : Jumlah Individu spesies ke-i
- N : Jumlah Total Individu

Kriteria Indeks dominansi Simpson sebagai berikut :

- $D < 0,4$: Indeks dominansi rendah
- $0,4 < D < 0,6$: Indeks dominansi sedang
- $D > 0,6$: Indeks dominansi tinggi

$$\text{Indeks Kemerataan (E)} = \frac{H'}{H_{\max}}, \text{ dimana } H_{\max} = \ln S$$

Keterangan

- E : Indeks kemerataan spesies
- H' : Indeks keanekaragaman spesies Shanon-Wiener
- S : Jumlah spesies yang ditemukan

ln : Logaritma netral

Kriteria Indeks pemerataan spesies (Odum,1993):

- $0 < E \leq 0,4$: Tingkat pemerataan rendah
 $0,4 < E \leq 0,6$: Tingkat pemerataan sedang
 $0,6 < E \leq 1$: Tingkat pemerataan tinggi

$$\text{Indeks Keanekaragaman (H')} = - \sum p_i \ln p_i, \text{ dimana } p_i = \frac{n_i}{N}$$

Keterangan

- H' : Indeks keragaman
 P_i : Proporsi spesies ke-i
 n_i : Jumlah individu spesies ke-I
 N : Total jumlah individu
 ln : Logaritma netral

Kriteria indeks keanekaragaman Shanon-Wiener :

- $H < 1$: Keanekaragaman spesies rendah
 $1 < H < 3$: Keanekaragaman spesies sedang
 $H > 3$: Keanekaragaman spesies tinggi

HASIL

Lalat buah yang diperoleh dari hasil *trapping* dan *host rearing* adalah sebanyak 14 spesies dengan total jumlah individu sebanyak 644 ekor (Tabel 1). Hasil *trapping* terdiri dari 14 spesies, dimana 5 spesies tertarik atraktan ME, sementara itu 9 spesies tertarik atraktan CUE. Hasil *host rearing* memperoleh 5 spesies. Buah yang menjadi inang lalat buah sebanyak 12 spesies dari 18 spesies buah yang dikumpulkan dari berbagai lokasi pengambilan sampel (Tabel 2). *B. dorsalis* adalah spesies lalat buah yang memiliki kisaran inang yang luas, yaitu 10 spesies inang, disusul *B. carambolae* yang memiliki 4 spesies inang.

Hasil perhitungan Indeks Dominansi mendapatkan nilai 3,19. Nilai tersebut tergolong tinggi yang mengisyaratkan bahwa terdapat spesies yang mendominasi, yakni *B. dorsalis* dan *B. carambolae*. Hal ini juga dipertegas dari hasil perhitungan Indeks Kemerataan yang memperoleh nilai sedang, yaitu 0,54. Maknanya bahwa jumlah individu setiap spesies tidak merata atau terdapat spesies yang memiliki jumlah individu banyak, sementara spesies-spesies yang lain memiliki jumlah individu sedikit. Perhitungan nilai Indeks Keanekaragaman diperoleh hasil 1,44 yang tergolong dalam kategori sedang.

Berdasarkan perbandingan data lalat buah yang ditemukan pada tahun-tahun sebelumnya yang dilakukan oleh Wahyuni (2013), Stasiun Karantina Pertanian Kelas I Sumbawa (2018 – 2022), dan hasil penelitian ini (2023) menunjukkan adanya spesies-spesies lalat buah yang tidak ditemukan pada pemantauan sebelumnya, kemudian ditemukan pada pemantauan berikutnya. Pada penelitian ini ditemukan 5 spesies yang belum pernah dilaporkan pada pemantauan sebelumnya (Tabel 3).

Tabel 1. Lalat buah hasil *trapping* dan *host rearing* di Sumbawa Barat

No	Nama Spesies	Trapping	Host Rearing
1	<i>Bactrocera carambolae</i>	ME	Jambu biji (<i>Psidium guajava</i>) Terong (<i>Solanum</i> sp.) Salak pondoh (<i>Salacca edulis</i>) Belimbing (<i>Averhoa carambola</i>) Palem (<i>Veitchia merilii</i>)
2	<i>Bactrocera dorsalis</i>	ME	Jambu biji (<i>Psidium guajava</i>) Jeruk (<i>Citrus</i> sp.) Terong (<i>Solanum</i> sp.) Cabai rawit (<i>Capsicum</i> sp.) Salak pondoh (<i>Salacca edulis</i>) Anggur (<i>Vitis</i> sp.) Paria (<i>Momordica</i> sp.) Belimbing (<i>Averhoa carambola</i>) Rambutan (<i>Nephelium lappaceum</i>)
3	<i>Bactrocera umbrosa</i>	ME	Nangka (<i>Artocarpus heterophyllus</i>)
4	<i>Bactrocera florissae</i>	ME	-
5	<i>Bactrocera minuscula</i>	ME	-
6	<i>Bactrocera albistrigata</i>	CUE	Jambu biji (<i>Psidium guajava</i>)
7	<i>Bactrocera cucurbitae</i>	CUE	Paria (<i>Momordica</i> sp.) Jambu kristal (<i>Psidium</i> sp.)
8	<i>Bactrocera exornata</i>	CUE	-
9	<i>Bactrocera emittens</i>	CUE	-
10	<i>Bactrocera nigrotibialis</i>	CUE	-
11	<i>Bactrocera caudata</i>	CUE	-
12	<i>Bactrocera calumniata</i>	CUE	-
13	<i>Bactrocera</i> sp.1	CUE	-
14	<i>Bactrocera</i> sp.2	CUE	-

Tabel 2. Sampel buah yang dikumpulkan dari lokasi penelitian

No	Lokasi Pengambilan Sampel	Nama Umum	Famili	Nama Ilmiah
1	Perkebunan	Jeruk	Rutaceae	<i>Citrus</i> sp.
2	Pasar buah	Jeruk mandarin		<i>Citrus reticulata</i>
3	Perkebunan	Jambu biji	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>
4	Pasar	Jambu kristal		<i>Psidium</i> sp.
5	Pasar	Terong gelatik hijau	Solanaceae	<i>Solanum melongena</i>
6	Pemukiman	Terong kuning		<i>Solanum</i> sp.
7	Perkebunan	Cabai rawit		<i>Capsicum</i> sp.
8	Pasar	Tomat		<i>Solanum lycopersicum</i>
9	Pasar buah	Salak pondoh	Arecaceae	<i>Salacca edulis</i>
10	Pemukiman	Palem		<i>Veitchia merilii</i>
11	Pasar buah	Anggur	Vitaceae	<i>Vitis</i> sp.
12	Perkebunan	Nangka	Moraceae	<i>Artocarpus heterophyllus</i>
13	Pegunungan	Ara		<i>Ficus carica</i>
14	Perkebunan	Paria	Cucurbitaceae	<i>Momordica</i> sp.
15	Pemukiman	Belimbing	Oxalidaceae	<i>Averhoa carambola</i>
16	Pasar buah	Rambutan	Sapindaceae	<i>Nephelium lappaceum</i>

17	Pemukiman	Sirsak	Annonaceae	<i>Annona muricata</i>
18	Pasar	Pisang	Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i>

Tabel 3. Spesies lalat buah yang terpantau dari tahun 2013 sampai 2023 di Sumbawa Barat

No	Nama Spesies	Wahyuni (2013)	Stasiun Karantina Pertanian Kelas I Sumbawa (2018 – 2022)	2023
1	<i>Bactrocera umbrosa</i>	√	√	√
2	<i>Bactrocera florissae</i>	-	-	√
3	<i>Bactrocera papayae</i>	√	√	-
4	<i>Bactrocera minuscula</i>	√	√	√
5	<i>Bactrocera occipitalis</i>	√	-	-
6	<i>Bactrocera carambolae</i>	√	√	√
7	<i>Bactrocera albistrigata</i>	√	√	√
8	<i>Bactrocera dorsalis</i>	-	√	√
9	<i>Bactrocera cucurbitae</i>	√	√	√
10	<i>Bactrocera caudata</i>	√	√	√
11	<i>Bactrocera tau</i>	-	-	-
12	<i>Bactrocera calumniata</i>	√	-	√
13	<i>Bactrocera limbifera</i>	√	-	-
14	<i>Bactrocera philippinensis</i>	√	-	-
15	<i>Bactrocera neocognata</i>	√	-	-
16	<i>Bactrocera exornata</i>	-	-	√
17	<i>Bactrocera emittens</i>	-	-	√
18	<i>Bactrocera nigrotibialis</i>	-	-	√
19	<i>Bactrocera</i> sp.1	-	-	√
20	<i>Bactrocera</i> .sp.2	-	-	√

PEMBAHASAN

Keanekaragaman spesies adalah sifat suatu komunitas yang memperlihatkan keanekaragaman tingkat spesies organisme yang ada di dalamnya. Keanekaragaman tingkat spesies dapat ditandai dengan adanya perbedaan warna, ukuran, bentuk, jumlah, tekstur, penampilan dan sifat-sifat lainnya (Siregar et al., 2014). Nilai Indeks Keanekaragaman sebesar 1,44 yang diperoleh dalam penelitian ini termasuk dalam kategori sedang. Menurut Nugroho et al. (2013) tinggi rendahnya Indeks Keanekaragaman tergantung dari banyaknya jumlah spesies dan individu pada masing-masing spesies. Keanekaragaman yang tinggi ditandai dengan banyaknya jumlah spesies dan spesies cenderung tersebar merata. Keanekaragaman akan semakin tinggi jika banyak terdapat jumlah spesies dan jumlah masing-masing spesies yang merata. Hasil penelitian ini memperoleh 14 spesies yang memiliki nilai Indeks Kemerataan 0,54 yang termasuk dalam kategori sedang, yang artinya penyebaran spesies tidak merata. Penyebaran spesies yang tidak merata tersebut disebabkan karena adanya beberapa spesies yang mendominasi dalam suatu komunitas. Nilai Indeks Dominansi menunjukkan angka 3,19 termasuk dalam kategori tinggi, yang artinya terdapat spesies yang mendominasi. Spesies yang dominan yaitu *B. dorsalis* dan *B. carambolae*. Kedua spesies lalat buah ini sangat mendominasi karena mempunyai daya reproduksi yang tinggi, penyebaran luas dan kemampuan jelajah yang tinggi serta bersifat polifag (Sahetapy et al., 2019). Sifat polifag terbukti dari hasil penelitian ini, dimana *B. dorsalis* memiliki

kisaran inang yang paling luas, yakni 10 spesies inang. Menurut Saputra & Afriansyah (2019) *B. dorsalis* menyerang tanaman cabai yang merupakan tanaman inang utamanya, sementara itu Larasati et al. (2013) menyatakan bahwa *B. dorsalis* juga memiliki preferensi inang alternatif dari tanaman hutan yaitu *Gmelina* sp. Sama halnya dengan *B. dorsalis*, *B. carambolae* juga memiliki kisaran inang yang luas. Selain 4 spesies inang yang ditemukan dalam penelitian ini, beberapa peneliti seperti Astriyani et al. (2016) melaporkan bahwa *B. carambolae* menyerang beberapa spesies buah-buahan seperti jeruk, belimbing, cabai, sawo, jambu biji dan jambu air. Yong et al. (2014) menemukan inang baru bagi *B. carambolae*, yaitu melinjo (*Gnetum gnemon*). Hal tersebut menjadikan *B. dorsalis* dan *B. carambolae* sebagai hama yang memiliki daya adaptasi tinggi terhadap keberadaan inang yang mampu memanfaatkan tanaman alternatif saat keberadaan inang utama tidak tersedia. Dengan banyaknya alternatif inang bagi *B. dorsalis* dan *B. carambolae* maka akan meningkatkan peluangnya untuk bertahan hidup serta bereproduksi dibandingkan dengan spesies lain yang memiliki kekhususan inang. Keberadaan inang yang melimpah dan tersedia terus menerus akan mempengaruhi pertumbuhan populasi lalat buah di suatu daerah (Pramudi et al., 2020).

B. albistrigata juga sejatinya memiliki kisaran inang yang luas. Menurut Khaerudin et al. (2015) *B. albistrigata* tercatat memiliki 12 tanaman inang dari 7 famili antara lain Anacardiaceae, Clusiaceae, Moraceae, Myrtaceae dan Sapotaceae. *B. albistrigata* ditemukan menyerang jambu biji, jambu air, jambu bol dan duku (Astriyani et al., 2016; Pujiastuti et al., 2020), namun dalam penelitian ini *B. albistrigata* ditemukan hanya 1 ekor pada jambu biji. Pada buah yang sama juga ditemukan *B. dorsalis* dan *B. carambolae*, sehingga kemungkinan terjadi kompetisi dalam mendapatkan nutrisi untuk bertahan hidup, dimana *B. dorsalis* dan *B. carambolae* lebih dominan dibandingkan *B. albistrigata*. Hal ini karena *B. dorsalis* dan *B. carambolae* bersifat invasif dan lebih kompetitif dari spesies lainnya (Saputra & Afriansyah, 2019).

B. umbrosa dan *B. cucurbitae* merupakan jenis lalat buah yang bersifat oligofag yaitu hanya menyerang tanaman dari 1 famili saja. Dalam penelitian ini *B. umbrosa* ditemukan menyerang buah nangka dari famili Moraceae. Sejalan dengan penelitian Astriyani et al. (2016), Larasati et al. (2013) dan Aryuwandi et al. (2020) yang menemukan *B. umbrosa* lebih banyak menyerang buah dari famili Moraceae yaitu cempedak, sukun dan nangka. Namun, berbeda dengan penelitian Hendrival et al. (2020), *B. umbrosa* ditemukan menyerang buah dari famili selain Moraceae yaitu mangga, srikaya, buah naga, jambu, belimbing, jeruk, tomat, lemon, dan sawo. Hal ini mengindikasikan bahwa *B. umbrosa* dapat menjadi polifag jika keberadaan tanaman inang utama tidak tersedia, sehingga harus beradaptasi agar dapat bertahan hidup seiring perubahan waktu. Sama halnya dengan *B. cucurbitae* yang umumnya ditemukan menyerang famili Cucurbitaceae, tetapi dalam penelitian ini ditemukan juga menyerang famili Myrtaceae. Centre for Agriculture and Biosciences International (2018) menyatakan bahwa inang *B. cucurbitae* selain dari famili Cucurbitaceae, juga dapat meluas ke famili Caricaceae, Fabaceae, Loganiceae, Malvaceae, Myrtaceae, Pandanaceae, Passifloraceae, Rhamnaceae, Saptoaceae, Solanaceae, Agavaceae, Capparidaceae, Moraceae, Rutaceae dan Vitaceae.

Salah satu spesies lalat buah yang menjadi perhatian yaitu *B. occipitalis* yang merupakan Organisme Pengganggu Tumbuhan Karantina (OPTK) yang keberadaannya dicegah masuk ke wilayah lain karena merupakan spesies OPTK golongan II yang mudah menginvasi suatu wilayah dan daerah persebarannya masih terbatas di wilayah tertentu seperti di Kalimantan. Wahyuni (2013) pernah

menemukan *B. occipitalis* menyerang buah mangga di Sumbawa Barat, namun hingga saat ini tidak ditemukan lagi keberadaannya. Hal tersebut karena pada saat penelitian dilakukan belum memasuki musim mangga dan ketersediaan di pasar buah juga belum ada. Hal yang terpenting adalah telah diberlakukannya tindakan karantina sesuai dengan Peraturan Kementerian Pertanian No. 25 tahun 2020, salah satunya yaitu pemusnahan media pembawa, jika terdapat tanda-tanda buah yang terinfeksi lalat buah. Sejalan dengan hasil pemantauan yang dilakukan tahun 2018-2022 oleh Stasiun Karantina Pertanian Kelas I Sumbawa Besar yang sudah tidak menemukan spesies tersebut dari hasil *trapping* di Kabupaten Sumbawa Barat. Beberapa spesies lain yang tidak ditemukan lagi keberadaannya hingga saat ini seperti *B. limbifera*, *B. neocognata* dan *B. philipinensis* kemungkinan disebabkan oleh keberadaan inang dan adaptasi spesies yang rendah sehingga dikalahkan oleh spesies lain yang memiliki daya adaptasi yang tinggi.

Hasil penelitian ini tidak mendapatkan bukti yang kuat untuk menyimpulkan bahwa lalu lintas perdagangan antarpulau menjadi perantara masuknya spesies baru, karena hasil *host rearing* hanya menemukan spesies yang sudah umum dilaporkan menyerang tanaman komersial seperti *B. umbrosa*, *B. papayae*, *B. carambolae*, *B. dorsalis*, *B. albistrigata*, dan *B. cucurbitae*. Spesies lalat buah yang baru terpantau pada penelitian ini adalah *B. emittens*, *B. exornata*, *B. nigrotibialis*, *B. sp.1* dan *B. sp.2*. Mengacu kepada Drew & Romig (2013) dan Suputa et al. (2010) yang menyatakan bahwa *B. emittens*, *B. exornata*, dan *B. nigrotibialis* tersebar di wilayah Sumatra, Kalimantan, Sulawesi, Jawa, Sunda Kecil dan Maluku, sehingga kemungkinan besar ketiga spesies lalat buah tersebut memang sudah ada di Sumbawa Barat, hanya saja baru terpantau pada penelitian ini. Selain itu, ketiga spesies lalat buah tersebut tertarik pada atraktan CUE dengan jumlah individu yang tidak melimpah dan tidak ditemukan pada buah komersial. Larasati et al. (2013) menyatakan bahwa sebagian besar spesies lalat buah yang tertarik atraktan CUE merupakan spesies lalat buah hutan dengan kategori sebagai spesies non dominan yang memiliki jumlah individu yang terbatas. Belum ditemukannya penambahan spesies akibat peningkatan lalu lintas perdagangan buah dari luar daerah kemungkinan besar disebabkan oleh ketatnya pemantauan karantina terhadap media pembawa, sehingga peluang masuknya spesies baru sangat kecil.

SIMPULAN

Lalat buah *Bactrocera* spp. yang ditemukan di Sumbawa Barat sebanyak 14 spesies, dengan Indeks Keragaman (H') 1,44 termasuk dalam kategori sedang, Indeks Dominansi (D) 3,19 tergolong kategori tinggi, dan Indeks Kemerataan 0,54 termasuk dalam kategori sedang. *B. dorsalis* dan *B. carambolae* adalah spesies lalat buah yang dominan dan memiliki kisaran inang yang luas. Inang lalat buah meliputi 12 spesies buah-buahan yang sebagian besar merupakan buah-buahan komersial. Tidak ditemukan bukti yang kuat untuk menyimpulkan bahwa lalu lintas perdagangan antarpulau menjadi media penyebaran lalat buah di Sumbawa Barat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Stasiun Karantina Pertanian Kelas I Sumbawa Besar yang telah memfasilitasi penelitian ini serta membantu mengidentifikasi dan memverifikasi spesies lalat buah yang didapatkan.

KEPUSTAKAAN

- Ariningsih E, Ashari, Saptana, Saliem HP, Septanti KS. 2022. Kerugian Ekonomi dan Manajemen Pengendalian Serangan Lalat Buah pada Komoditas Hortikultura di Indonesia. *Forum Penelitian Agro Ekonomi* **40(2)**.
- Aryuwandari VEF, Trisyono YA, Suputa S, De Faveri S, Vijaysegaran S. 2020. Survey of Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) from 23 Species of Fruits Collected in Sleman, Yogyakarta. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia* **24(2)**: 122.
- Astriyani NKNK, Supartha IW, Sudiarta IP. 2016. Kelimpahan Populasi dan Persentase Serangan Lalat Buah yang Menyerang Tanaman Buah-Buahan di Bali. *Jurnal Agrica Ekstensi* **5(1)**: 19–27.
- Begon M, Harper JL, Townsend CR. 1986. *Ecology : Individuals, Population and Communities*. Blackwell Scientific Publications: USA.
- Centre for Agriculture and Biosciences International. 2018. *Bactrocera dorsalis* (Oriental fruit fly).
- Drew RAI, Romig MC. 2013. *Tropical fruit flies (Tephritidae: Dacinae) of South-East Asia*. CAB International: Wallingford.
- Griffith University and Ministry of Agriculture. 2009. *Their Identification, Pest Status and Pest Management*. International Centre the Management of Pest Fruit Flies (ICMPFF). Australia.
- Hendriwal H, Aryani DS, Saputri N. 2020. Diversity and Host Range of Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) in Horticultural Commodities in Lembah Seulawah District, Aceh Besar Regency, Aceh Province, Indonesia. *Journal of Tropical Horticulture* **3(1)**: 6.
- Hudiwaku S, Himawan T, Rizali A. 2022. Lalat Buah (Diptera: Tephritidae: Dacinae) di Pulau Lombok. *Jurnal Entomologi Indonesia* **19(2)**: 111–126.
- Khaeruddin, Hidayat P, Yayi M. 2015. Identifikasi Lalat Buah (Diptera: Tephritidae) di Beberapa Kabupaten di Provinsi Sulawesi Barat. IPB.
- Larasati A, Hidayat P, Buchori D. 2013. Keanekaragaman dan Persebaran Lalat Buah Tribe Dacini (Diptera: Tephritidae) di Kabupaten Bogor dan Sekitarnya. *Jurnal Entomologi Indonesia* **10(2)**: 51–59.
- Liu X, Zhang L, Haack RA, Liu J, Ye H. 2019. A Noteworthy Step on a Vast Continent: New Expansion Records of the Guava Fruit Fly, *Bactrocera correcta* (Bezzi, 1916) (Diptera: Tephritidae) in Mainland China. *BioInvasions Records* **8(3)**: 530–539.
- Nugroho MSS, Ningsih, Ihsan M. 2013. Keanekaragaman Jenis Burung Pada Areal Dongi-Dongi di Kawasan Taman Nasional Lore Lindu. *Jurnal Warta Rimba* **1(1)**.
- Odum EP. 1993. *Dasar-Dasar Ekologi Edisi Ketiga*. Universitas Gajah Mada: Yogyakarta.
- Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 25 Tahun 2020 Tentang Jenis Organisme Pengganggu Tumbuhan Karantina.
- Plant Health Australia. 2018. *The Australian Handbook for the Identification of Fruit Flies*. ACT: Canberra.
- Pramudi MI, Soedijo S, Rosa HO, Aphrodyanti L. 2020. *Buku Ajar Dasar-Dasar Ekologi Serangga*. CV Banyubening Cipta Sejahtera : Banjarbaru.
- Pujiastuti Y, Irsan C, Herlinda S, Kartini L, Yulistin E. 2020. Keanekaragaman dan Pola Keberadaan Lalat Buah (Diptera: Tephritidae) di Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Entomologi Indonesia* **17(3)**: 125.
- Pusat Karantina Tumbuhan dan Keamanan Hayati Nabati. 2015. *Pedoman Pemantauan Dini Lalat Buah*. Badan Karantina Pertanian Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Sahetapy B, Uluputty MR, Naibu L. 2019. Identifikasi Lalat Buah (*Bactrocera* spp.), pada Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L.) dan Belimbing (*Averrhoa carambola* L.) di Kecamatan Salahutu Kabupaten Maluku Tengah. *Agrikultura* **30(2)**: 63.
- Saputra HM, Afriyansyah B. 2021. Distribution and Identification of Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) Attracted on Methyl Euganol and Cue Lure in Central Bangka Regency, Bangka Belitung. *Journal of Tropical Plant Pests and Diseases* **21(1)**: 72–81.
- Siregar AS, Bakti D, Zahara F. 2014. Keanekaragaman Jenis Serangga di Berbagai Tipe Lahan Sawah. *Agroekoteknologi* **2(4)**: 1640–1647.
- Stasiun Karantina Pertanian Kelas I Sumbawa Besar. 2018. *Laporan Hasil Pemantauan Daerah Sebar OPT/OPTK di Pulau Sumbawa*.
- Stasiun Karantina Pertanian Kelas I Sumbawa Besar. 2019. *Laporan Hasil Pemantauan Daerah Sebar OPT/OPTK di Pulau Sumbawa*.
- Stasiun Karantina Pertanian Kelas I Sumbawa Besar. 2020. *Laporan Hasil Pemantauan Daerah Sebar OPT/OPTK di Pulau Sumbawa*.
- Stasiun Karantina Pertanian Kelas I Sumbawa Besar. 2021. *Laporan Hasil Pemantauan Daerah Sebar OPT/OPTK di Pulau Sumbawa*.

- Stasiun Karantina Pertanian Kelas I Sumbawa Besar. 2022. *Laporan Hasil Pemantauan Daerah Sebar OPT/OPTK di Pulau Sumbawa*.
- Suputa, Trisyono Y, Martono E, Siwi SS. 2010. Update on the Host Range of Different Species of Fruit Flies in Indonesia. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia* **16(2)**: 62–75.
- Wahyuni S. 2013. Inventarisai Lalat Buah (*Bactrocera* spp.) di Pulau Sumbawa bagian Barat. Skripsi. Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Mataram.
- Yong H.S., Suana IW, Lim PE, Tan J, Eamsobhana P. 2012. Biodiversity of Dacinae Fruit Flies (Insecta: Diptera: Tephritidae). *Proceedings of the 2nd Society for Indonesian Biodiversity International Conference*.
- Yong HS, Lim PE, Tan J, Suana IW. 2014. *Gnetum gnemon* (Gnetaceae): a New Host Plant of Carambola Fruit Fly *Bactrocera carambolae* (Insecta: Tephritidae). *Journal of Science and Technology in the Tropics* **10**: 39-44.

JURNAL BIOLOGI UDAYANA

P-ISSN: 1410-5292 E-ISSN: 2599-2856

Volume 27 | Nomor 1 | Juni 2023

DOI: <https://doi.org/10.24843/JBIOUNUD.2023.v27.i01.p13>

Keanekaragaman polen sebagai sumber pakan lebah *Trigona* sp. di Desa Sukawening Kecamatan Dramaga Kabupaten Bogor

Pollen diversity as a source of food for *Trigona* sp. stingless bees at Sukawening village Dramaga sub-district Bogor regency

Ryan Triyadi*, Triastinurmiatiningsih, Moerfiah

Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pakuan
Jl. Pakuan, RT.02/RW.06, Tegallega, Kecamatan Bogor Tengah, Kota Bogor, Jawa Barat 16129

*Email: triyadiryann@gmail.com

Diterima
4 Desember 2022

Disetujui
30 Juni 2023

INTISARI

Lebah tanpa sengat pada umumnya menghasilkan produk madu, selain itu juga terdapat serbuk sari yang dapat dikaji pada ilmu melissopalinalogi untuk mengidentifikasi morfologi polen, jenis serta geografis dari tumbuhan. Polen atau serbuk sari juga dapat mengungkap aspek pakan dari lebah tanpa sengat yang berguna untuk keberlangsungan hidupnya. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi keanekaragaman polen yang digunakan sebagai sumber pakan lebah tanpa sengat *Trigona* sp. di Desa Sukawening Kecamatan Dramaga Kabupaten Bogor. Metode penelitian yang digunakan adalah ekstraksi polen dari madu, asetolisis, identifikasi serta perhitungan persentase polen. Hasil penelitian diperoleh 24 jenis polen (4 spesies belum teridentifikasi) yang termasuk ke dalam 19 famili dan sumber polennya dominan berasal dari tumbuhan herba. Persentase jumlah polen yang dikoleksi dari *Trigona* sp. di Desa Sukawening Kecamatan Dramaga, Kabupaten Bogor didominasi oleh *Cocos nucifera* yaitu sebesar 11.03% dikategorikan sebagai *Important Minor Pollen Type* (IMPT) (3-15%).

Kata kunci: Bogor, Lebah, Polen, *Trigona* sp.

ABSTRACT

Stingless bees generally produce honey products, but there is also pollen that can be studied in melissopalinalogi to identify pollen morphology, type and geography of plants. Pollen can also reveal the feeding aspects of stingless bees that are useful for their survival. This study was conducted to identify the diversity of pollen used as a food source for stingless bees *Trigona* sp. in Sukawening Village, Dramaga District, Bogor Regency. The research method used was the extraction of pollen from honey, acetolysis, identification and calculated the percentage of pollen. The results obtained 24 types of pollen (4 species have not been identified) which belong to 19 families and the dominant source of pollen comes from herbaceous plants. The percentage of pollen collected from *Trigona* sp. in Sukawening Village, Dramaga District, Bogor Regency is dominated by *Cocos nucifera* which is 11.03% categorized as *Important Minor Pollen Type* (IMPT) (3-15%).

Keywords: Bee, Bogor, Pollen, *Trigona* sp.

PENDAHULUAN

Serangga memiliki peran khusus untuk mendukung, melayani dan memenuhi kebutuhan ekosistem. Serangga memiliki kemampuan untuk

menyerbuki bunga, biasanya serangga penyerbuk adalah serangga terbang yang aktif, termasuk lebah yang berperan sebagai penyerbuk (Herlinda, 2021).

Lebah tanpa sengat menghadapi tantangan baru dalam meningkatnya populasi kehidupan manusia, termasuk hilangnya habitat skala besar, meluasnya penggunaan bahan kimia pertanian, dan perubahan iklim yang menekan populasi lebah tanpa sengat (Grüter, 2020). Pakan yang tidak mencukupi dapat menyebabkan koloni melemah, lebah pekerja sedikit, produksi madu rendah, pasokan nektar dan serbuk sari tidak mencukupi, dan penurunan produktivitas ratu lebah (Agussalim et al., 2017). Lebah tanpa sengat mencari tumbuhan pakannya untuk kebutuhan koloninya serta produk-produk yang dihasilkannya sehingga faktor lingkungan berpengaruh nyata terhadap jumlah nektar dan konsentrasi gula yang terkandung di dalamnya (Abrol, 2015). Sehingga keanekaragaman tanaman akan sangat membantu dalam menghasilkan rasa dan aroma madu tertentu. Kualitas madu dapat diketahui dari warna, aroma dan rasa. Jenis tanaman sebagai sumber nektar merupakan pengaruh dominan terhadap kualitas madu (Herlinda, 2021).

Lebah tanpa sengat pada umumnya menghasilkan produk madu yang mengandung glukosa dan fruktosa serta mengandung senyawa bioaktif seperti mineral, vitamin, asam organik, protein serta fitokimia (Siddiqui et al., 2017). Pada madu terdapat polen atau serbuk sari yang dikumpulkan oleh lebah madu (Shubharani et al., 2012). Pada penelitian (Agussalim et al., 2017) lebah *Trigona* mengoleksi polen dari *Amaranthus* spp., *Musa paradisiaca*, *Cocos nucifera*, *Acacia* spp., *Zea mays*, *Oryza sativa*, *Parkia speciosa*, *Antigonon leptopus*, dan *Citrus maxima*. Ilmu melissopalnologi digunakan untuk menentukan morfologi serbuk sari, asal geografis dan tumbuhan dari madu (Rodopoulou et al., 2017). Morfologi polen dapat dijadikan dasar dalam mengidentifikasi tumbuhan dari tingkat famili hingga spesies (Apriyani & Kriswiyani, 2007) sehingga analisis serbuk sari madu akan membantu dalam identifikasi asal spesies tumbuhan. Polen digunakan untuk mengidentifikasi flora sumber daya yang lebih disukai oleh populasi lebah, karena butir polen (serbuk sari) dapat mengungkapkan aspek perilaku makan mereka dan dengan demikian berkontribusi pada studi ekologi dan konservasi dari serangga (de Souza, 2018).

MATERI DAN METODE

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Januari 2022 – April 2022. Pengambilan sampel madu berasal dari peternakan lebah di Desa Sukawening Kecamatan Dramaga Kabupaten Bogor. Preparasi dan identifikasi polen dilakukan di Laboratorium Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pakuan.

Bahan dan alat

Bahan yang digunakan adalah Sampel madu *Trigona* sp., akuades, larutan asetolisis yaitu campuran larutan *acetic anhydride* ($C_4H_6O_3$) ($M = 102,09$ g/mol) dan H_2SO_4 ($M = 98,08$ g/mol) dengan perbandingan 9:1, gliserin 30%, pewarna safranin 0,5%, kutek.

Alat yang digunakan adalah mesin separator sentrifugal, mikroskop, tabung reaksi, gelas objek, kaca preparat, kamera mikroskop (Celestron). Polen diidentifikasi melalui membandingkan bank polen dari *Australasian Pollen and Spore Atlas* dari laman <http://apsa.anu.edu.au/> (APSA, 2007), *Palynological Database 3.3* (PalDat, 2020), *Atlas of the Tropical West African Pollen Flora* (Gosling, 2013), *Karakteristik Umum Polen dan Spora Serta Aplikasinya*

(Nugroho, 2014), *Illustrated Pollen Terminology Second Edition* (Halbritter, 2018), dan *Beekeeping in Malaysia: Pollen Atlas* (Kiew & Muid, 1991).

Metode

Ekstraksi polen dari madu

Ekstraksi polen dari madu dilakukan mengikuti prosedur Wener Von Der Ohe (2004) dengan dimodifikasi. Sebanyak 3 mL madu dimasukkan ke dalam tabung gelas, ditambahkan 12 mL air. Campuran diaduk secara manual menggunakan batang pengaduk kaca sampai sampel madu larut dan homogen. Larutan disentrifugasi pada 3500 rpm selama 10 menit, dan supernatan dibuang. Prosedur ini diulang sekali untuk memastikan bahwa komponen gula benar-benar larut dan hilang dari sampel. Pelet diwarnai dengan 1 mL safranin 0,5% dan dibiarkan selama 24 jam pada suhu ruang. Langkah selanjutnya yaitu membilas pewarna dengan menambahkan 3 mL air suling dan disentrifugasi pada 3500 rpm selama 10 menit.

Metode asetolisis

Polen hasil ekstraksi dianalisis dengan metode asetolisis Erdtman (1960). Sampel polen ditambahkan larutan asetolisis sebanyak 1 mL yang terdiri atas campuran larutan *acetic anhydride* ($C_4H_6O_3$) dan H_2SO_4 perbandingan 9:1, campuran ini menghasilkan panas sehingga ditunggu selama 10 menit. Kemudian dipanaskan di dalam *waterbath* ($80\text{ }^\circ\text{C}$ selama 5 menit) dengan tutup tabung terbuka. Larutan di dalam tabung disentrifugasi (3500 rpm, 10 menit). Larutan asetolisis dibuang, lalu polen dibilas dengan akuades sebanyak 3 mL, disentrifugasi kembali (3500 rpm selama 10 menit), kemudian dibilas 2–3 kali dengan akuades hingga jernih. Tabung yang sudah dibilas dimasukkan ke dalam oven dengan kondisi tutup tabung terbuka ($60\text{ }^\circ\text{C}$ selama 24 jam). Setelah itu, polen dikeluarkan dari oven dan ditambahkan larutan gliserin 30 % sebanyak 3–5 tetes dan diaduk dengan tusuk gigi agar tidak menggumpal. Sampel polen diambil dan diteteskan ke dalam gelas objek dan ditutup dengan gelas penutup. Kutek ditambahkan di setiap sisi gelas penutup sebagai perekat. Lalu amati menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400 x dan dibantu dengan kamera mikroskop (Celestron) yang terhubung dengan laptop

Identifikasi polen

Polen diidentifikasi berdasarkan bentuk sumbu polar dan ekuatorial mengacu pada *Beekeeping in Malaysia: Pollen Atlas* (Kiew & Muid, 1991), *Atlas of the Tropical West African Pollen Flora* (Gosling, 2013), *Karakteristik Umum Polen dan Spora Serta Aplikasinya* (Nugroho, 2014), *Illustrated Pollen Terminology Second Edition* (Halbritter, 2018), database *Australasian Pollen And Spore Atlas* dari laman <http://apsa.anu.edu.au/> (APSA, 2007), *Palynological Database 3.3* (Paldat, 2020).

Analisis data

Pengukuran polen dilakukan dari kedua sisi polen yaitu sumbu polar dan ekuatorial dengan menghitung panjang sumbu vertikal dan sumbu horizontal. Polen yang sudah diidentifikasi dihitung persentasenya Analisis kuantitatif dilakukan dengan menghitung 200-300 butir polen dalam satu preparat (pada penelitian ini hanya dilakukan perhitungan dari satu preparat dan tidak ada pengulangan dalam perhitungan butir polen). Perhitungan persentase tipe polen dilakukan dengan membandingkan jumlah polen dari suatu tipe polen dengan jumlah polen dari semua tipe polen yang diperoleh. Dihitung persentasenya

mengikuti (Azmi et al., 2015). yaitu *predominant pollen type* (PPT) (> 45 %), *secondary pollen type* (SPT) (16 – 45 %); *important minor pollen type* (IMPT) (3 – 15 %) dan *minor pollen type* (MPT) (< 3 %).

$$\text{Persentase polen} = \frac{\text{jumlah polen perspesies tumbuhan pada madu}}{\text{jumlah total polen per sample madu}} \times 100\%$$

HASIL

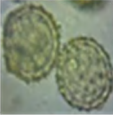
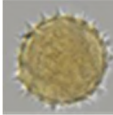




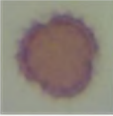




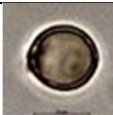
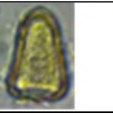
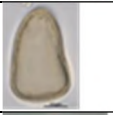
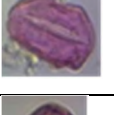


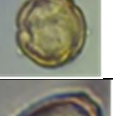



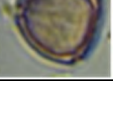


Hasil penelitian memperoleh 24 jenis polen, terdapat 20 jenis polen yang teridentifikasi jenisnya dan termasuk ke dalam 19 famili sedangkan 4 polen belum teridentifikasi. Dua puluh jenis polen berasal dari tumbuhan *Acalypha indica*, *Agerantum conyzoides*, *Amaranthus retroflexus*, *Anthriscus* sp., *Asystasia gangetica*, *Bidens pilosa*, *Carica papaya*, *Cocos nucifera*, *Cyperus rotundus*, *Imperata cylindrica*, *Mangifera indica*, *Oldenlandia corymbosa*, *Psidium guajava*, *Scoparia dulcis*, *Zea mays*, *Campanula trachelium*, *Musa* sp., *Ocinum sanctum*, *Sambucus* sp., dan *Sesbania sesban*. Jenis-jenis tersebut termasuk kedalam 19 famili yaitu Acanthaceae, Adoxaceae, Amaranthaceae, Anacardiaceae, Apiaceae, Arecaceae, Asteraceae, Campanulaceae, Caricaceae, Cyperaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Musaceae, Myrtaceae, Plantaginaceae, Poaceae, Rubiaceae, Sapindaceae (Tabel 1).

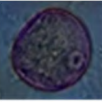




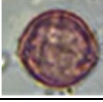

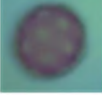



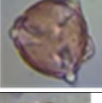


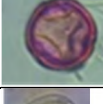

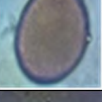
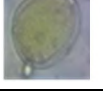

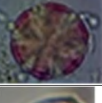

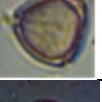



Pengamatan tipe polen terdiri dari unit polen, ukuran, bentuk polen, aperture dan ornamentasi eksin. Berdasarkan hasil yang didapat pada madu lebah *Trigona* sp. di Desa Sukawening Kecamatan Dramaga Kabupaten Bogor, pada unit polen ditemukan hanya bentuk monad saja. Polen yang diperoleh dari madu lebah *Trigona* sp. memiliki ukuran polen yang bervariasi dari yang terkecil yaitu 13.6 µm berasal dari tumbuhan *Anthriscus* sp. dan yang terbesar 68.4 µm berasal dari tumbuhan *Musa* sp. (Tabel 1).







Hasil pengamatan terhadap bentuk polen pada sisi polar yang ditemukan pada madu lebah *Trigona* sp. di Desa Sukawening Kecamatan Dramaga Kabupaten Bogor yaitu bentuk *circular*, *triangular*, dan *irregular*. Pada sisi ekuatorial terdapat bentuk *oblate*, *oblate-spheroidal*, *prolate*, *spheroidal*, *suboblate*. Tipe *aperture* yang diperoleh terdiri atas *inaperture*, *colpate*, *colporate*, *tricolpate*, *tricolporate*, *triporate*, *trimonosulcate*, dan *stephanocolporate*. Ornamentasi eksin yang didapatkan yaitu *psilate*, *echinate*, *reticulate*, *scabrate*, dan *verrucate*.

Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa persentase polen pada madu lebah *Trigona* sp. di Desa Sukawening Kecamatan Dramaga Kabupaten Bogor diperoleh berbagai spesies tumbuhan yang dikategorikan sebagai sumber polen *Important Minor Pollen Type* dan *Minor Pollen Type*. Dari 20 jenis terdapat 11 jenis yang dikategorikan sebagai *Important Minor Pollen Type* yaitu *Acalypha indica*, *Bidens pilosa*, *Cyperus rotundus*, *Cocos nucifera*, *Mangifera indica*, *Psidium guajava*, *Zea mays*, *Anthriscus* sp., *Musa* sp., sp2 dan sp3. Pada kategori *Minor Pollen Type* terdiri dari *Ageratum conyzoides*, *Amaranthus retroflexus*, *Asystasia gangetica*, *Campanula trachelium*, *Imperata cylindrica*, *Ocinum sanctum*, *Oldenlandia corymbosa*, *Sambucus* sp., *Scoparia dulcis*, *Sesbania sesban*, sp1 dan sp4. Persentase polen didominasi oleh jenis tumbuhan yaitu *Cocos nucifera* sebesar 11.03% (Tabel 2) dan dikategorikan sebagai *Important Minor Pollen Type* karena persentasenya berada pada (3 – 15 %). Ada juga yang memiliki persentase polen terendah yakni pada jenis *Asystasia gangetica* sebesar 0.67% (Tabel 2) dan dikategorikan sebagai *Minor Pollen Type* karena persentasenya (< 3%). Polen yang berasal dari madu lebah *Trigona* sp. di Desa Sukawening didominasi oleh *Cocos nucifera* (Tabel 2).

Tabel 1. Keanekaragaman Polen yang dikoleksi oleh *Trigona* sp. di Desa Sukawening Kecamatan Dramaga Kabupaten Bogor

No	Morfologi Sampel		Morfologi Rujukan		Aperture	Bentuk Tampak Polar	Bentuk Tampak Ekuatorial	Ornamen Eksin	Ukuran Polen (µm) Polar / Ekuatorial	Spesies (Familia)	Sumber Rujukan
	Polar	Ekuatorial	Polar	Ekuatorial							
1					Tcpr	Cir	Sph	Ech	18,2	<i>Bidens pilosa</i> (Asteraceae)	PalDat
2					Tmsc	Cir	Obs	Psi	39,6	<i>Imperata cylindrica</i> (Poaceae)	APSA
3					Col	-	Prl	Ver, Sca	32	<i>Asystasia gangetica</i> (Acanthaceae)	APSA
4					Tcpr	Cir	Sph	Ech	16,6	<i>Ageratum conyzoides</i> (Asteraceae)	APSA
5					Col	Cir	Prl	Psi	15,2	<i>Acalypha indica</i> (Euphorbiaceae)	APSA
6					Ina	Pse	-	Sca	24,6	<i>Cyperus rotundus</i> (Cyperaceae)	APSA
7					Col, Dic	Cir	Obl	Psi	41,2	<i>Cocos nucifera</i> (Arecaceae)	APSA
8					Col	Cir	Obl	Psi	29,2	<i>Mangifera indica</i> (Anacardiaceae)	APSA
9					Tcp	Tri	Obl	Sca, Psi	18,8	<i>Psidium guajava</i> (Myrtaceae)	PalDat

No	Morfologi Sampel		Morfologi Rujukan		Aperture	Bentuk Tampak Polar	Bentuk Tampak Ekuatorial	Ornamen Eksin	Ukuran Polen (µm) Polar / Ekuatorial	Spesies (Familia)	Sumber Rujukan
	Polar	Ekuatorial	Polar	Ekuatorial							
10					Col	Cir	Sub	Sca, Psi	53,2	<i>Zea mays</i> (Poaceae)	PalDat
11					Tcpr	Cir	Prl	Sca	13,6 / 20,2	<i>Anthriscus</i> sp. (Apiaceae)	APSA
12					Tcpr	Cir	Sobl	Ret	23,6	<i>Carica papaya</i> (Caricaceae)	Jurnal
13					Pan	Cir	Prl	Sca, Ret	27,4	<i>Amaranthus retroflexus</i> (Amaranthaceae)	APSA
14					Tcpr	Tri	Prl	Psi	16,6	<i>Oldelandia corymbosa</i> (Rubiaceae)	Jurnal
15					Tcpr	Cir	Prl	Ret	19,2	<i>Scoparia dulcis</i> (Plantaginaceae)	Jurnal
16					Tpr	Cir	Sph	Sca, Psi	24,8	<i>Campanula trachelium</i> (Campanulaceae)	APSA
17					Ina	Cir	Sobl	Psi	68,4	<i>Musa</i> sp. (Musaceae)	PalDat
18					Stp	Cir	Obsp	Sca	31,2	<i>Ocimum sanctum</i> (Lamiaceae)	Jurnal
19					Tcp	Cir	-	Psi	17,6	<i>Sambucus</i> sp. (Adoxaceae)	PalDat
20					Tcpr	Tri	Prl	Psi	22,8	<i>Sesbania sesban</i> (Fabaceae)	Jurnal

No	Morfologi Sampel		Morfologi Rujukan		Aperture	Bentuk Tampak Polar	Bentuk Tampak Ekuatorial	Ornamen Eksin	Ukuran Polen (µm) Polar / Ekuatorial	Spesies (Familia)	Sumber Rujukan
	Polar	Ekuatorial	Polar	Ekuatorial							
21					Col	-	Prl	Ver, Psi	17,6	Sp. 1 (Arecaceae)	-
22					Tcpr	Tri	Sobl	Psi	18,8 / 22,6	Sp. 2 (Sapindaceae)	-
23					Col	Cir	Prl	Psi	27,4 / 29,2	Sp. 3 (Anacardiaceae)	-
24					Tcp	Cir	-	Psi	23,4	Sp. 4 (Euphorbiaceae)	-

Keterangan:

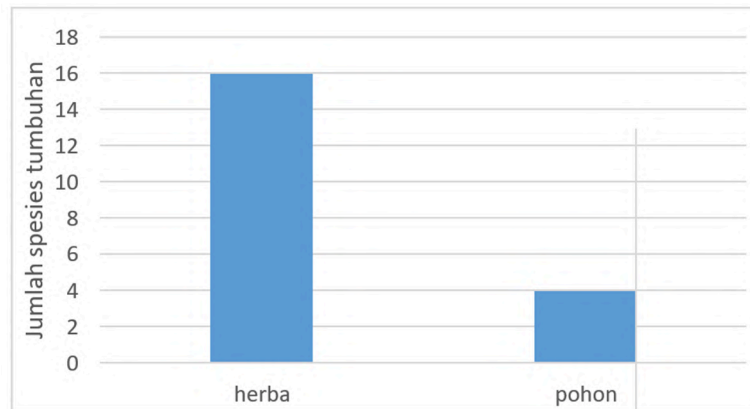
Tcpr (Tricolporate); Col (Colpate); Tmsc (Trimonosulcate); Cir (Circular); Sph (Spheroidal); Obs (Oblate-Spheroidal); Prl (Prolate); Ech (Echinate); Psi (Psilate); Ver (Verrucate); Sca (Scabrate); Ina (Inaperture); Dic (Dicolpate); Tcp (Triporate); Obl (Oblate); Tri (Triangular); Sub (Suboblate); Sca (Scabrate).

Tabel 2. Persentase Polen *Trigona* sp. di Kecamatan Dramaga di Desa Sukawening Kecamatan Dramaga Kabupaten Bogor

No.	Spesies (Famili)	Persentase Jumlah Polen (%) / Kategori	Habitus
1	<i>Acalypha indica</i> (Euphorbiaceae)	5.01% / IMPT	Herba
2	<i>Ageratum conyzoides</i> (Asteraceae)	1.79% / MPT	Herba
3	<i>Amaranthus retroflexus</i> (Amaranthaceae)	1.15% / MPT	Herba
4	<i>Anthriscus</i> sp. (Apiaceae)	9.82% / IMPT	Herba
5	<i>Asystasia gangetica</i> (Acanthaceae)	0.67% / MPT	Herba
6	<i>Bidens pilosa</i> (Asteraceae)	5.74% / IMPT	Herba
7	<i>Campanula trachelium</i> (Campanulaceae)	1.99% / MPT	Herba
8	<i>Carica papaya</i> (Caricaceae)	2.43% / MPT	Pohon
9	<i>Cocos nucifera</i> (Arecaceae)	11.03% / IMPT	Pohon
10	<i>Cyperus rotundus</i> (Cyperaceae)	7.5% / IMPT	Herba
11	<i>Imperata cylindrica</i> (Poaceae)	2.85 / MPT	Herba
12	<i>Mangifera indica</i> (Anacardiaceae)	3.27 / IMPT	Pohon
13	<i>Musa</i> sp. (Musaceae)	10.25% / IMPT	Herba
14	<i>Ocinum sanctum</i> (Lamiaceae)	0.95% / MPT	Herba
15	<i>Oldenlandia corymbosa</i> (Rubiaceae)	2.55% / MPT	Herba
16	<i>Psidium guajava</i> (Myrtaceae)	7.98% / IMPT	Pohon
17	<i>Sambucus</i> sp. (Adoxaceae)	2.49% / MPT	Herba
18	<i>Scoparia dulcis</i> (Plantaginaceae)	2.85% / MPT	Herba
19	<i>Sesbania sesban</i> (Fabaceae)	1.79% / MPT	Herba
20	<i>Zea mays</i> (Poaceae)	7.08% / IMPT	Herba
21	<i>Sp.1</i>	2.18% / MPT	-
22	<i>Sp.2</i>	3.75% / IMPT	-
23	<i>Sp.3</i>	3.27% / IMPT	-
24	<i>Sp.4</i>	1.57% / MPT	-

Keterangan : IMPT (*Important Minor Pollen Type*), MPT (*Minor Pollen Type*)

Berdasarkan habitus, polen yang ditemukan pada madu lebah *Trigona* sp. berasal dari tumbuhan herba dan pohon (Gambar 1). Tumbuhan herba terdiri dari *Acalypha indica*, *Ageratum conyzoides*, *Amaranthus retroflexus*, *Anthriscus* sp., *Asystasia gangetica*, *Bidens pilosa*, *Campanula trachelium* *Cyperus rotundus*, *Imperata cylindrica*, *Musa* sp, *Ocinum sanctum*, *Oldenlandia corymbosa*, *Sambucus* sp., *Scoparia dulcis*, *Sesbania sesban* dan *Zea mays*, sedangkan tumbuhan pohon terdiri dari *Carica papaya*, *Cocos nucifera*, *Mangifera indica*, dan *Psidium guajava*.



Gambar 1. Habitus tumbuhan hasil identifikasi madu *Trigona* sp. di Desa Sukawening Kecamatan Dramaga Kabupaten Bogor

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian ini terdapat kesamaan sumber pakan yang dilakukan oleh Hidayati et al. (2020) yaitu pada Famili Amaranthaceae, Anacardiaceae, Apiaceae, Arecaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Poaceae dan Rubiaceae. Tumbuhan yang mendominasi yaitu polen *Zea mays*, *Ischaemum rugosum*, *Amaranthus dubius*, dan *Chromolaena odorata*. Sedangkan pada penelitian Jayadi & Susandarini (2020) yang dilakukan di Pulau Lombok tercatat 57 famili, di Desa Batu Putih diperoleh polen tanaman *Solanum lycopersicum*, *Carica papaya*, *Capsicum annum*, *Datura metel* dan beberapa jenis dari famili Myrtaceae. Di Desa Sedau diperoleh polen tanaman *Phyllanthus warnockii* dan *Cocos nucifera*. Di Desa Karang Bayan diperoleh 20 famili tanaman yang mendominasi ialah pada jenis *Arenga pinnata* (Arecaceae).

Selain perbedaan daerah, lokasi ketinggian daerah atau tempat juga menjadi suatu pengaruh tumbuhan tersebut dapat tumbuh. Seperti pada penelitian Agussalim et al. (2017) yang dilakukan di Yogyakarta di Kecamatan Cangkringan ketinggian 500 – 900 dan > 1000 m dpl terdapat tumbuhan kelapa, tebu padi, sengon, cabe merah, cabe rawit, tomat, kacang Panjang, pisang, sawi hijau, jagung, ketimun, melinjo, mahoni, kemiri, durian, turi, coklat, kersen, terong, ubi jalar, ubi kayu dan akasia. Di Kecamatan Patuk ketinggian 200 – 700 m dpl terdapat tumbuhan coklat, padi, jagung, ubi kayu, kacang tanah, kedelai, cabe merah, terong, melinjo, jeruk, jambu biji, durian, alpukat, mangga, rambutan, belimbing, sawo, pepaya, pisang, nangka, sukun, lamtoro, sonokeling, akasia, mahoni, ubi jalar, sengon dan kelapa. Beragamnya polen yang dikoleksi lebah dipengaruhi oleh ketinggian tempat. Sehingga serbuk sari yang dikumpulkan dari ketinggian yang berbeda memiliki tipe serbuk sari yang berbeda (Pratama et al., 2018) karena tumbuhan yang cocok untuk tumbuh dengan ketinggian tertentu berbeda. Hal ini menunjukkan lebah tanpa sengat sangat beranekaragam dalam mencari pakan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi dalam koloninya. Gadhiya & Pastagia (2015) menyatakan bahwa *T. laeviceps* mengunjungi bunga dari berbagai jenis tanaman, termasuk tanaman sayuran, tanaman buah-buahan, tanaman hias, bahkan gulma.

Polen yang berasal dari madu lebah *Trigona* sp. di Desa Sukawening Kecamatan Dramaga didominasi oleh *Cocos nucifera* (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa lebah *Trigona* sp. menyukai tumbuhan tersebut. Kunjungan lebah tanpa sengat untuk menghampiri bunga dipengaruhi oleh karakter morfologi bunga sebagai daya tarik visual. Warna bunga yang terang dan cerah,

beraroma sebagai faktor lebah tanpa sengat menghampiri bunga tersebut (Sari & Putra, 2015). Pada *Cocos nucifera* memiliki bunga yang berwarna kehijauan atau kekuningan serta ukuran bunga yang kecil selain itu bunga pada famili *Arecaceae* memiliki aroma yang harum (Priawandiputra, 2020). *Cocos nucifera* dimanfaatkan oleh lebah tanpa sengat sebagai sumber nektar dan polen (Priawandiputra, 2020). Sesuai dengan Majid et al. (2020) bahwa bunga pada famili *Arecaceae* seperti *Elaeis guineensis*, *Cocos nucifera*, dan *Nypa fruticans* menarik untuk lebah sebagai sumber makanannya baik nektar dan polennya. Bunga *Cocos nucifera* merupakan tumbuhan yang berbunga sepanjang tahun dan nektar pada *Cocos nucifera* memiliki kandungan konsentrasi gula yang tinggi (Selvaraju et al., 2019). Pada *Musa* sp., *Trigona* sp. memanfaatkan tumbuhan tersebut sebagai sumber nektar dan polen. Bunga *Musa* sp. berwarna kuning serta merupakan tumbuhan yang berbunga sepanjang tahun sehingga tumbuhan ini menyediakan nektar dan polen yang berkelanjutan (Pratama et al., 2018). Bunga ini dimanfaatkan oleh lebah tanpa sengat sebagai sumber polen. (Priawandiputra, 2020). Bunga tanaman yang dikumpulkan oleh lebah *Trigona* sp. memiliki ukuran bunga yang kecil sehingga sesuai dengan penelitian Azmi et al. (2015) menyatakan bahwa lebah tanpa sengat (*L. terminata*) mengumpulkan polen dengan mahkota bunga berukuran kecil.

Berdasarkan hasil yang didapat menunjukkan bahwa *Trigona* sp. banyak mengumpulkan sumber pakannya berasal dari tumbuhan herba karena disekitar lokasi sarang banyak sekali tumbuhan yang berhabitus herba. Menurut Kifle (2015) dan Rismayanti et al. (2015) tumbuhan herba merupakan tumbuhan penting bagi lebah karena tumbuhan tersebut cenderung tumbuh dan berbunga lebih pendek dibandingkan tumbuhan pohon serta tumbuhan herba dapat berbunga setiap saat. Di lokasi dikelilingi oleh tumbuhan perkebunan dengan hamparan rerumputan liar sehingga lebah tanpa sengat cenderung memanfaatkan sumber pakan yang berada di sekitar sarangnya. Hal ini juga berkaitan dengan polen yang dikumpulkan sehingga semakin dekat jarak tumbuhan dengan sarang makan semakin banyak juga polen yang dikumpulkan serta energi yang digunakan oleh lebah lebih sedikit. Jika jarak sarang dengan pakan yang berbunga lebih jauh maka lebah akan lebih lama tiba di lokasi pakan dan mengumpulkan pakan sampai penuh dan kembali ke sarangnya akan lama juga (Salatnaya et al., 2020). Hal ini didukung oleh pernyataan Sulistia et al. (2018) menyebutkan *Trigona* mengambil polen berdasarkan jarak bunga dengan sarang, aroma, dan warna bunga. Di lokasi pengambilan sampel madu dikelilingi oleh tumbuhan perkebunan yang membuat lebah mencari polen di sekitar perkebunan sehingga lebah menganggap tumbuhan tersebut dapat mencukupi kebutuhan koloninya.

Secara umum, madu dianggap monofloral jika frekuensi relatif dari jenis serbuk sari dari salah satu takson itu melebihi 45% (Alvarez-Suarez, 2017). Dilihat dari hasil madu lebah *Trigona* sp. di Desa Sukawening Kecamatan Dramaga Kabupaten Bogor ditemukan beragam tipe polen tumbuhan serta persentase paling tingginya hanya 11.03 % yang terdapat pada polen *Cocos nucifera* sehingga madu tersebut termasuk ke dalam madu multifloral.

SIMPULAN

Hasil dari identifikasi polen yang ditemukan pada sampel madu *Trigona* sp. di Desa Sukawening Kecamatan Dramaga Kabupaten Bogor yaitu sebanyak 24 jenis tipe polen, 4 tipe polen belum dapat teridentifikasi sehingga terdapat 20 jenis polen tumbuhan yang sudah dapat diidentifikasi yang terdiri atas 19 famili.

Identifikasi polen dalam madu *Trigona* sp. di Desa Sukawening Kecamatan Dramaga Kabupaten Bogor didominasi oleh polen tumbuhan *Cocos nucifera*. Polen yang dikumpulkan memiliki rata-rata ukuran (10 – 25 μm) yang termasuk ke dalam kategori polen ukuran kecil. Bentuk *aperture* yang ditemukan paling banyak adalah *tricolporate*. Bentuk polen pada sisi polar paling banyak yaitu *circular* dan sisi ekuatorial yaitu bentuk *prolate* serta ornamentasi eksin yang paling banyak ditemukan yaitu *psilate*. Tipe habitus tumbuhan yang ditemukan paling banyak yaitu berhabitus herba.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada peternak lebah di Desa Sukawening Kecamatan Dramaga Kabupaten Bogor yang telah memberikan izin melakukan penelitian ini dan dosen pembimbing yang telah memberikan dukungan berjalannya penelitian ini.

KEPUSTAKAAN

- Abrol DP. 2015. Pollination Biology, Vol.1 Pest and pollinators of fruit crops. Springer International Publishing.
- Agussalim A, Umami N, Budisatria IGS. 2017. Variasi jenis pakan lebah madu sumber nektar dan polen berdasarkan ketinggian tempat di Yogyakarta. *Buletin Peternakan* **41(4)**: 448-460.
- Alvarez-Suarez JM. 2017. Bee Products—Chemical And Biological Properties. Switzerland (CH): Springer International Publishing AG.
- Australasian Pollen And Spore Atlas. 2007. <http://apsa.anu.edu.au/>. 2007, Diakses pada tanggal 16 April 2022 pukul 15.11 WIB
- Azmi WA, Zulqurnain NS, Gazi R. 2015. Mellisopalynology and foraging activity of stingless bees, *Lepidotrigona terminata* (Hymenoptera: Apidae) from an apiary in Besut, Terengganu. *Journal of Sustainability Science and Management* **10(1)**: 27-35.
- de Souza VHRR. 2018. Melissopalynology in Brazil: a map of pollen types and published, Palynology. DOI: 10.1080/01916122.2018.1542355
- Erdtman G. 1986. Pollen Morphology and Plant Taxonomy. Leiden (NL): E. J. Brill.
- Gadhiya VC, Pastagia JJ. 2015. Flowers visited by stingless bees, *Tetragonula laeviceps* Smith. *AGRES* **4(4)**: 323-330.
- Gosling WD, Charlotte SM, Daniel AL. 2013. Atlas of the Tropical West African Pollen Flora. *Review of Palaeobotany and Palynology* **199**:1-135.
- Grüter C. 2020. Stingless Bees Their Behaviour, Ecology and Evolution. Springer International Publishing.
- Halbritter HUS. 2018. Illustrated Pollen Terminology Second Edition. Switzerland: Springer.
- Herlinda YPS. 2021. Pengantar Ekologi Serangga. Palembang: Universitas Sriwijaya (UNSRI)/Unsri Press.
- Hidayati N, Suedy SWA, Darmanti S. 2020. Identifikasi Keanekaragaman Polen Tanaman Sumber Pakan Lebah pada Madu Lokal dari 5 Desa di Kabupaten Boyolali. *Majalah Ilmiah Biologi BIOSFERA: A Scientific Journal* **37(1)**: 36-42.
- Jayadi LZ, Susandarini R. 2020. Melissopalynological analysis of honey produced by two species of stingless bees in Lombok Island, Indonesia. *Nusantara Bioscience* **12(2)**: 97-108.
- Kiew R, Muid M. 1991. Beekeeping in Malaysia: Pollen Atlas. Selangor (MY): Malaysian Beekeeping Research and Development Team, Universiti Pertanian Malaysia.
- Kifle TB. 2015. Screening of Potential Herbaceous Honey Plants for Beekeeping Development. Agriculture, Forestry and Fisheries.
- Majid M, Ellulu MS, Bakar MFA. 2020. Melissopalynological study, phenolic compounds, and antioxidant properties of *Heterotrigona itama* honey from Johor, Malaysia. *Scientifica* 2529592.
- Nugroho SH. 2014. Karakteristik Umum Polen dan Spora Serta Aplikasinya. *Oceana* **39(3)**: 7-19.
- Palynological Database 3.3 2020. <https://www.paldat.org/>. Diakses pada tanggal 16 April 2022 pukul 13.52 WIB
- Pratama E, Watiniasih L, Ginantara K. 2018. Perbedaan ketinggian tempat terhadap jenis polen yang dikoleksi oleh lebah *Trigona*. *Jurnal Biologi Udayana* **22(1)**: 42-48.

- Priawandiputra W. 2020. Panduan Budidaya Lebah Tanpa Sengat di Desa Perbatasan Hutan: Studi di Lubuk Bintialo dan Pangkalan Bulian, Sumatera Selatan. *Zoological Society of London (ZSL) Indonesia*.
- Rismayanti, Triadiati, Raffiudin R. 2015. Ecology Service of Herbaceous Plants for Trigona's Bee. *Jurnal Sumberdaya HAYATI* **1(1)**: 19-25
- Rodopoulou MA, Tananaki C, Dimou M, Liolios V, Kanelis D, Goras G, Thrasylvoulou A. 2017. The determination of the botanical origin in honeys with over-represented pollen: combination of melissopalynological, sensory and physicochemical analysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **98(7)**: 2705–2712.
- Salatnaya H, Widodo DW, Fuah AM, Winarno. 2020. The Influence of Environmental factor on *Tetragonula laeviceps*. *JIPTHP* **(8)2**: 67-71.
- Sari DA, Putra RE. 2015. Kajian karakter bunga *coffea arabica l.* terkait dengan kemungkinan aplikasi lebah madu lokal sebagai agen penyerbuk. *Jurnal Matematika & Sains* **20(1)**: 27-31.
- Selvaraju K, Vikram P, Soon JM, Khrisnan KT, Mohammed A. 2019. Melissopalynological, physicochemical and antioxidant properties of honey from West Coast of Malaysia. *Journal of food science and technology* **56(5)**: 2508-2521.
- Siddiqui AJ, Musharraf SG, Choudhary MI, Rahman A-u. 2017. Application of analytical methods in authentication and adulteration of honey. *Food Chemistry* **217**: 687–698.
- Shubharani R, Sivaram V, Roopa P. 2012. Assessment of Honey Plant Resources through Pollen Analysis in Coorg Honeys of Karnataka State. *The International Journal of Plant Reproductive Biology* **4(1)**: 31–39.
- Suedy S. 2012. Paleorekonstruksi Vegetasi Dan Lingkungan Menggunakan Fosil Polen Dan Spora Pada Formasi Tapak Cekungan Banyumas Kala Plio-Plistosen. Sekolah Pasacasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor: 225 hlm.
- Sulistia ML, Latifah S, Irwan MLA, Dwi SR. 2018. Identifikasi Jenis Polen Sebagai Sumber Pakan Lebah Trigona (*Trigona clypearis*) di Lahan Agroforestri. Tesis. Program Studi Kehutanan, Universitas Mataram.
- Wener L. 2004. *Harmonized Methods of Melissopalynology*. Apidologie, Springer Verlag (Germany).