

ANALISA MORFOANATOMI POLLEN DI MARINE SCIENCE TECHNO PARK JEPARA

Theresia Bianca Lucretia Olivia¹, Sri Widodo Agung Suedy²

Universitas Diponegoro, Indonesia

theresiaolivia8@gmail.com¹, swasuedy@live.undip.ac.id²

Keywords

mangrove pollen;
morphometry; ratio;
tricholporate aperture;
reticulate exine.

Abstract

This study analyzed morphometric data and pollen exine ornamentation of seven mangrove species to reveal their adaptive characters and taxonomic implications. Parameters measured included dispersal unit (monad), length-width ratio (P/E), aperture type, and exine pattern. Results showed that all samples were categorized as monads, supporting dispersal efficiency through water and wind media. The variation in P/E (0.93-1.28) divided the species into three shape groups: spheroidal oblata (*Avicennia marina*, *Ceriops tagal*, *Acanthus ilicifolius*), spheroidal prolata (*Lumnitzera racemosa*, *Rhizophora mucronata*), and subprolata (*Aegiceras corniculatum*, *Scaevola taccada*). Tricholporate apertures are dominant in true mangroves, while *L. racemosa* shows heterocolpores that facilitate asymmetric folding. In terms of exine, the six true mangrove species exhibit reticulate patterns that act as capillary networks, while *S. taccada* has simple perforate exine, adaptive to sandy beach habitats. The synthesis of these data confirms that the morphometry and ornamentation of pollen exines reflects the diversification of reproductive strategies and provides a strong taxonomic and ecophysiological basis for mangrove studies.

Kata Kunci

mangrove pollen;
morfometri; rasio;
aperture trikolporat;
eksin retikulat.

Abstrak

Penelitian ini menganalisis data morfometri dan ornamentasi eksin polen dari tujuh spesies mangrove untuk mengungkap karakter adaptif dan implikasi taksonominya. Parameter yang diukur meliputi unit dispersal (monad), rasio panjang-lebar (P/E), tipe aperture, dan pola eksin. Hasil menunjukkan bahwa semua sampel terkategori monad, mendukung efisiensi dispersal melalui media air dan angin. Variasi P/E (0,93–1,28) membagi spesies ke dalam tiga kelompok bentuk: oblata sferoidal (*Avicennia marina*, *Ceriops tagal*, *Acanthus ilicifolius*), prolata sferoidal (*Lumnitzera racemosa*, *Rhizophora mucronata*), dan subprolata (*Aegiceras corniculatum*, *Scaevola taccada*). Apertura trikolporat dominan pada mangrove sejati, sedangkan *L. racemosa* menunjukkan heterokolporat yang memfasilitasi pelipatan asimetris. Dari sisi eksin, enam spesies mangrove sejati memperlihatkan pola retikulat yang berperan sebagai jaringan kapiler, sedangkan *S. taccada* memiliki eksin perforat sederhana, adaptif pada habitat pantai berpasir. Sintesis data ini menegaskan bahwa morfometri dan ornamentasi eksin polen mencerminkan diversifikasi strategi reproduksi serta memberikan dasar taksonomi dan ekofisiologis yang kuat untuk studi mangrove.

Corresponding Author: Theresia Bianca Lucretia Olivia

E-mail theresiaolivia8@gmail.com



PENDAHULUAN

Marine Science Techno Park (MSTP) merupakan salah satu fasilitas yang dimiliki oleh Universitas Diponegoro yang dibangun di Teluk Awur, Jepara. Vegetasi flora yang terdapat di kawasan MSTP menjadi salah satu potensi yang dapat dilestarikan dan dijadikan sarana pembelajaran. Pengembangan MSTP merupakan salah satu cara untuk memberdayakan potensi kawasan setempat menjadi lokasi eduwisata dengan keanekaragaman yang dimilikinya. Namun, upaya konservasi yang nyata dibutuhkan untuk dapat mencapai hal tersebut (Rizkyantha et al., 2025).

Meskipun kawasan MSTP memiliki kekayaan vegetasi flora yang berpotensi tinggi, hingga saat ini belum terdapat kajian komprehensif yang mendokumentasikan jenis, sebaran, serta nilai

ekologis dan edukatif dari flora yang ada. Ketidaktahuan terhadap kekayaan flora tersebut dapat menghambat upaya pelestarian serta pengembangan kawasan sebagai pusat eduwisata berbasis lingkungan (Setiawan, 2023). Hal ini menjadi tantangan karena tanpa data yang memadai, strategi pengelolaan kawasan cenderung bersifat umum dan tidak spesifik terhadap kondisi lokal.

Selain itu, belum ada model pengelolaan konservasi yang terintegrasi secara sistematis dengan kegiatan pendidikan dan pariwisata di MSTP. Eduwisata yang ideal seharusnya mampu menyatukan aspek konservasi, edukasi, dan ekonomi lokal, namun dalam praktiknya, sinergi tersebut belum tercapai secara optimal (Darmayasa et al., 2025). Rendahnya keterlibatan masyarakat sekitar dan mahasiswa dalam pengelolaan kawasan juga menunjukkan bahwa fungsi edukatif dan pemberdayaan masih belum dimanfaatkan secara maksimal. Dengan demikian, perlu dirumuskan pendekatan konservasi yang berbasis potensi lokal dan dapat diterapkan secara berkelanjutan di kawasan ini.

Meskipun MSTP memiliki potensi besar sebagai kawasan eduwisata berbasis konservasi, pemanfaatan dan pengelolaan vegetasi flora di kawasan ini belum sepenuhnya optimal. Kurangnya data yang terdokumentasi secara sistematis mengenai jenis-jenis flora yang ada, status konservasinya, serta potensi edukatif yang dapat dikembangkan dari masing-masing spesies, menjadi kendala utama dalam perencanaan program pelestarian dan edukasi (Khairunnisa, 2024). Hal ini menunjukkan adanya kebutuhan akan kajian yang lebih mendalam terhadap kekayaan flora di kawasan MSTP, baik dari segi inventarisasi, fungsi ekologis, maupun nilai edukatifnya.

Selain itu, belum terdapat model pengelolaan terpadu yang mengintegrasikan aspek konservasi, edukasi, dan pemberdayaan masyarakat lokal. Padahal, keterlibatan masyarakat dalam pengelolaan kawasan merupakan elemen penting untuk memastikan keberlanjutan program eduwisata berbasis lingkungan (Lamidi et al., 2024). Kurangnya pendekatan partisipatif dan literasi lingkungan juga memperlemah upaya pelestarian yang dilakukan sejauh ini. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk mengisi celah pengetahuan mengenai strategi konservasi berbasis potensi lokal yang terintegrasi dengan pengembangan eduwisata di kawasan pesisir seperti MSTP.

Wilayah pada MSTP dibagi menjadi tiga yaitu, lahan basah, lahan semi basah dan lahan kering. Masing-masing lahan memiliki keanekaragaman flora masing-masing sesuai dengan kondisi lahan tersebut. Marine Science Techno Park (MSTP) memiliki ekosistem hutan mangrove yang sedang dikembangkan menjadi salahsatu kawasan eduwisata. Mangrove adalah jenis tanaman dikotil yang hidup di habitat air payau dan air laut (Sumar, 2021). Ciri utama pohon mangrove yaitu jenis akarnya. Akar tunjang (still root) pada tanaman mangrove berfungsi untuk mempertahankan posisi pohon mangrove ketika ombak dan pasang-surut air laut menerjangnya. Pohon mangrove juga memiliki ketahanan yang tinggi di daerah bersalinitas garam seperti bibir pantai dan pesisir (Komalasari, 2019). Beberapa jenis mangrove mampu menyaring 90-97% kandungan garam melalui akarnya. Sisa garam yang sudah terserap ke dalam tubuh pohon mangrove akan dialirkan menuju daun. Ketika jumlah garam yang terakumulasi di daun tua dan akan terbuang bersamaan dengan gugurnya daun-daunnya. Flora ini tumbuh di atas lumpur yang tidak hanya berfungsi untuk menghalau pasangannya ombak lautan, tapi juga menjadi tempat tinggal serta sumber makanan untuk banyak makhluk hidup di hutan mangrove lainnya (Gusmalawati et al., 2021).

Tumbuhan berbunga seperti mangrove pada umumnya memiliki organ generatif yang berfungsi sebagai alat penyerbukan, salah satunya adalah pollen (Zavada & Hackley, 2022). Pollen adalah organ generatif jantan yang terletak pada kepala sari (anthera). Pollen memiliki karakteristik yang berbeda antara satu spesies dengan spesies lainnya. Keanekaragaman karakteristik pollen ini juga dapat berperan dalam bidang taksonomi sebagai salah satu dasar dalam mengidentifikasi tumbuhan. Karakteristik pollen yang dapat digunakan dalam identifikasi meliputi ukuran, simetri, polaritas, tipe aperture, dan ornamentasi eksin (Umami et al., 2021). Terdapat beragam jenis

mangrove yang ada di MSTP, beberapa diantaranya dalam kondisi berbunga pada saat dilakukan pengamatan dan sampling. Berdasarkan hal tersebut, dilakukan peninjauan lebih lanjut dengan menjadikan anatomi pollen mangrove sebagai sarana identifikasi mangrove di MSTP. Hasil dari identifikasi morfoanatomi pollen diharapkan dapat menjadi salah satu acuan klasifikasi tumbuhan mangrove dan menjadi sumber informasi dalam mendukung pengembangan ekowisata mangrove pada Marine Science Techno Park Universitas Diponegoro.

Celah pengetahuan ini penting untuk diisi agar pengembangan MSTP tidak hanya menjadi proyek fisik, tetapi juga berperan sebagai laboratorium alam yang mendorong kesadaran konservasi dan menjadi pusat pembelajaran lingkungan yang aktif. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam merumuskan strategi pengelolaan vegetasi flora berbasis konservasi yang mendukung pengembangan eduwisata di kawasan pesisir.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan mulai dari 2 November 2022 bertempat di Marine Science Techno Park (MSTP) Jepara dan Laboratorium Biologi Struktur dan Fungsi Tumbuhan. Pengambilan sample dilakukan di Marine Science Techno Park (MSTP) Jepara, sedangkan pembuatan preparat dilakukan di Laboratorium Biologi Struktur dan Fungsi Tumbuhan Universitas Diponegoro.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah botol vlakon, pipet tetes, mikropipet, tip, sentrifuge, tabung sentrifuge, hot plate, beaker glass, gelas ukur, batang gelas/ spatula, kaca objek dan mikroskop. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pollen dari spesies mangrove yang ada di Marine Science Techno Park (MSTP), alkohol, asam asetat glasial (AAG), safranin 1% dalam aquades, aquades dan entelan.

Pengambilan Sampel

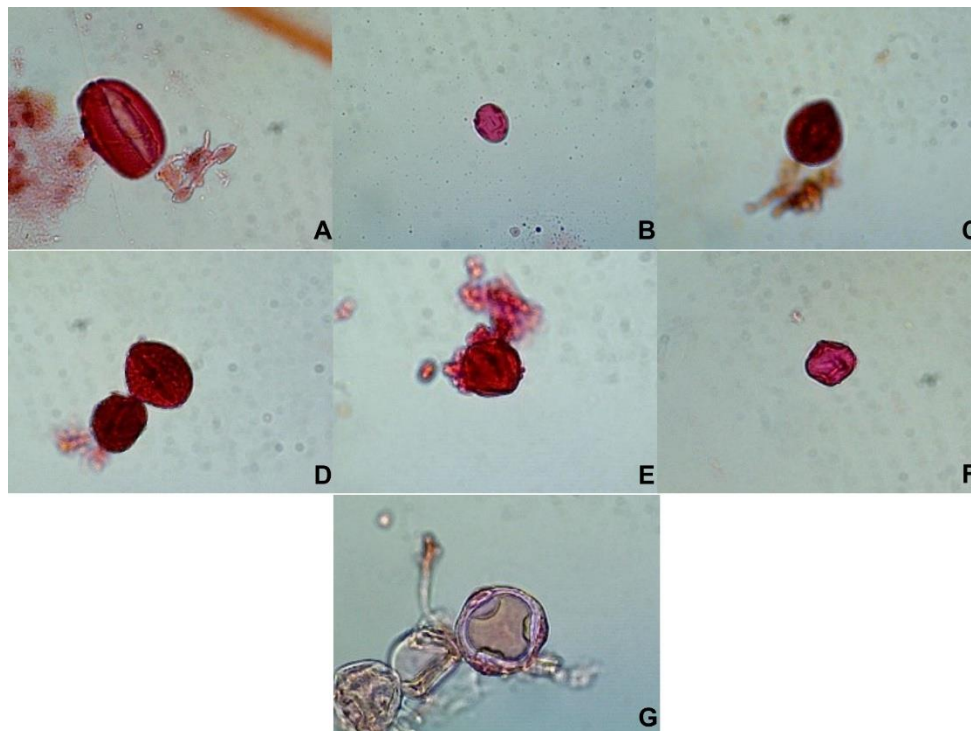
Pengumpulan sampel dilakukan di stasiun observasi yang telah dipilih secara purposive berdasarkan keberadaan populasi mangrove. Pada setiap stasiun, bunga dipetik menggunakan pinset steril dan dibawa ke laboratorium dalam wadah tertutup. Kemudian, serbuk sari dikeluarkan dari kepala sari dengan merendam bunga dalam alkohol 60% selama 30 menit untuk memfiksasi struktur sel. Spesimen yang diperoleh selanjutnya diidentifikasi morfologinya, didokumentasikan melalui mikrofotografi, dan bagian bunga yang mengandung pollen disimpan dalam vial berisi larutan fiksatif (FAA) untuk analisis anatomi lebih lanjut.

Pembuatan Preparat

Protokol pembuatan preparat pollen mengikuti tahapan sistematis yang dimulai dengan isolasi dan fiksasi awal, yaitu dengan merendam kepala sari dalam alkohol 60% pada suhu ruang selama 30 menit. Suspensi hasil isolasi kemudian dikonsentrasikan melalui sentrifugasi pada kecepatan 2 000 rpm selama 10 menit, setelah itu supernatan dibuang secara hati-hati. Tahapan selanjutnya adalah asetolisis, di mana pelet pollen direndam dalam asam asetat glasial (AAG) pada suhu ruang selama 12–16 jam untuk melisis jaringan organik. Setelah itu, preparat dipanaskan dalam water bath mendidih (sekitar 100 °C) selama 15 menit, lalu dibiarkan mendingin hingga suhu laboratorium. Preparat kemudian disentrifugasi ulang pada 2 000 rpm selama 10 menit; supernatan dibuang dan pelet dicuci dengan aquades. Pencucian ini diulangi sebanyak 2–3 kali hingga indikator pH mencapai nilai netral (pH 7), guna memastikan tidak ada sisa asam yang tertinggal. Selanjutnya dilakukan pewarnaan, di mana suspensi pollen yang telah bersih ditetesi safranin 1% sebanyak 1–2 tetes dan

diinkubasi selama 2–3 menit untuk mencapai pewarnaan optimal, kemudian dibilas ringan dengan aquades untuk menghilangkan pewarna berlebih. Setelah itu, tetesan suspensi ditempatkan pada gelas objek steril dan dikeringkan di atas hot plate pada suhu rendah (kurang dari 50 °C) hingga cairan menguap. Preparat kemudian dimounting menggunakan media Entellan dan ditutup dengan kaca penutup, lalu dibiarkan mengeras selama 24 jam sebelum diamati. Observasi dilakukan terhadap preparat yang telah kering menggunakan mikroskop OptiLab pada perbesaran 400–1 000×. Dimensi dan pola ornamentasi eksin diukur secara kuantitatif menggunakan perangkat lunak Image Raster, lalu dianalisis untuk masing-masing spesies mangrove. Dengan alur kerja tersebut, preparat pollen diharapkan memiliki kontras tinggi dan struktur eksin yang terjaga, sehingga memudahkan identifikasi morfoanatomi serta komparasi antarspesies.

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Pollen mangrove A. *Acanthus ilicifolius*, B. *Aegiceras corniculatum*, C. *Avicennia marina*, D. *Ceriops tagal*, E. *Lumnitzera racemosa*, F. *Rhizophora mucronata*, G. *Scaveola taccada*

Hasil penelitian menunjukkan terdapat 7 jenis mangrove yang berhasil diidentifikasi dan diamati pollennya (gambar 1A-G). Mangrove yang teridentifikasi terdiri dari 6 mangrove sejati (*Acanthus ilicifolius*, *Aegiceras corniculatum*, *Avicennia marina*, *Ceriops tagal*, *Lumnitzera racemosa*, *Rhizophora mucronata*) dan 1 mangrove semu (*Scaveola taccada*). Berikut merupakan hasil analisa morfoanatomi pollen mangrove yang berhasil teridentifikasi.

Tabel 1 Morfoanatomi Pollen Mangrove di MSTP

No.	Nama Ilmiah	Unit	Rasio P/E	Bentuk	Apertura	Ornamentasi
1.	<i>Acanthus ilicifolius</i>	Monad	0.98	Oblate Spheroidal	Tricolporate	Reticulate
2.	<i>Aegiceras corniculatum</i>	Monad	1.19	Subprolate	Tricolporate	Reticulate
3.	<i>Avicennia marina</i>	Monad	0.95	Oblate Spheroidal	Tricolporate	Reticulate
4.	<i>Ceriops tagal</i>	Monad	0.93	Oblate Spheroidal	Tricolporate	Reticulate
5.	<i>Lumnitzera racemosa</i>	Monad	1.07	Prolate Spheroidal	Heterocolporate	Reticulate
6.	<i>Rhizophora mucronata</i>	Monad	1.03	Prolate Spheroidal	Tricolporate	Reticulate
7.	<i>Scaveola taccada</i>	Monad	1.28	Subprolate	Tricolporate	Perforate

Data morfometri pollen dari tujuh spesies yang diteliti (tabel 1) menunjukkan pola yang konsisten sekaligus beberapa perbedaan adaptif penting. Pertama, semua sampel tergolong unit monad, menegaskan bahwa pollen mangrove umumnya tersebar sebagai butir tunggal. Kondisi ini memudahkan dispersal melalui media air dan angin di ekosistem pesisir, serta meminimalkan risiko agregasi yang dapat mengganggu penetrasi pollenkit ke stigma. Seluruh spesies mangrove sejati dalam studi mereka di Sumatera Selatan menghasilkan polen bertipe monad, yakni butiran tunggal yang mampu meminimalkan hambatan hidrodinamik selama penyebaran melalui pasang surut (Taluke et al., 2019). Morfologi monad ini mencegah agregasi butir polen, yang merupakan adaptasi krusial untuk mempertahankan daya apung dalam perairan payau. Studi tersebut juga menunjukkan bahwa *Bruguiera gymnorhiza* dan *Bruguiera sexangula*, meskipun berkerabat dekat secara taksonomi, memiliki rasio panjang-lebar (P/E) yang berbeda, menunjukkan adanya tekanan seleksi spesifik sesuai habitatnya (Nanlohy & Masniar, 2020).

Rasio panjang-lebar (P/E) butir pollen bervariasi dari 0,93 hingga 1,28, membagi sampel menjadi tiga kategori bentuk. Spesies dengan rasio P/E mendekati 1—*Avicennia marina* (0,95), *Ceriops tagal* (0,93), dan *Acanthus ilicifolius* (0,98)—menampilkan oblate-spheroidal, yaitu sedikit melebar di bidang ekuator dan relatif pipih (Wulandari, 2024). Bentuk ini cenderung mengoptimalkan luas permukaan ekuatorial, memfasilitasi pelepasan pollenkit pada tekanan osmotik tinggi di zona mangrove. Kelompok kedua, *Lumnitzera racemosa* (1,07) dan *Rhizophora mucronata* (1,03), tergolong prolate-spheroidal, dengan sumbu longitudinal lebih panjang, yang kemungkinan mendukung penetrasi respirasi dan pelepasan pollenkit dalam celah sempit pada permukaan stigma. Katifori et al. (2010) menunjukkan bahwa polen dengan aperture memanjang, seperti pada *Rhizophora mucronata*, mengalami sebuah mekanisme yang mempertahankan viabilitas saat terpapar udara pada saat surut. Kelompok ketiga, *Aegiceras corniculatum* (1,19) dan *Scaevola taccada* (1,28), berada pada spektrum subprolate, menunjukkan elongasi sedang hingga tinggi; rasio tertinggi pada *S. taccada* mungkin mencerminkan adaptasi tambahan pada habitat pantai berpasir alih-alih lingkungan payau. Morfologi subprolate pada *Scaevola taccada* (P/E 1,28), sangat berbeda dari bentuk oblate-spheroidal pada mangrove sejati. Elongasi ini diduga berfungsi untuk mengurangi adhesi kristal garam pada permukaan eksin di habitat pantai berpasir, tempat aerosol air laut meningkatkan deposisi partikel.

Analisis aperture merekam mayoritas tricolporate pada enam spesies mangrove sejati. Aperturanya ini lazim pada Eudikotil dan dianggap meningkatkan efisiensi pelepasan pollenkit saat kondisi kelembapan tinggi, seperti pada pasang naik. Aperturanya trikolorporat mendominasi polen mangrove sejati, pada 86% spesies yang diteliti. Satu-satunya pengecualian, *Lumnitzera racemosa*, memiliki heterokolporate, yakni kolpus dan porus yang tidak seragam ukurannya. Keunikan heterokolporate pada *L. racemosa* dapat mencerminkan strategi reproduksi yang khusus, mungkin terkait variasi kadar garam atau suhu ekstrem di zona intertidal. Aperturanya heterokolporate pada *Lumnitzera racemosa*, menghasilkan pola pelipatan yang asimetris. Katifori et al., (2010) menunjukkan bahwa panjang aperture yang tidak seragam menghasilkan suatu karakteristik yang mungkin menguntungkan untuk perlekatan polen pada papila stigma dalam zona intertidal yang dinamis.

Dari segi ornamentasi, enam spesies mangrove sejati menunjukkan pola reticulate, yakni jaringan muri yang membatasi lumina. Ornamentasi retikulate menyediakan lubang-lubang teratur untuk mempertahankan kelembapan dan pollenkit, serta berfungsi sebagai penahan butir pollen pada permukaan stigma bertekstur kasar. Dalimunthe et al., (2023) mengidentifikasi pola eksin retikulate pada spesies mangrove sejati. Mikrostruktur ini berfungsi sebagai jaringan kapiler yang mempertahankan pollenkit selama perendaman, sekaligus memungkinkan pelepasan bertahap saat kontak dengan stigma. Sebaliknya, *Scaevola taccada* memperlihatkan perforate sederhana yakni lubang-lubang tanpa jaringan terstruktur yang mengindikasikan adaptasi yang berbeda pada habitat

non-payau. Sebagaimana dijelaskan oleh Dalimunthe et al., (2023), *Scaevola taccada* tidak memiliki lumina terorganisir. Kombinasi reticulate dan tricolporate pada mangrove sejati menciptakan karakteristik morfologi yang khas dan dapat digunakan sebagai kunci taksonomi untuk membedakan famili dan genus dalam komunitas pesisir.

Secara keseluruhan, hasil ini menegaskan bahwa meski sebagian besar pollen mangrove berbagi pola monad, reticulate, dan tricolporate, variasi P/E ratio dan tipe aperture mencerminkan diversifikasi adaptasi reproduksi antarspesies. Data morfometri dan ornamentasi eksin ini tidak hanya penting untuk identifikasi taksonomi, tetapi juga memberikan wawasan ekofisiologis tentang mekanisme pelepasan pollenkit dan keberhasilan fertilisasi di lingkungan mangrove yang dinamis.

KESIMPULAN

Secara keseluruhan, analisis morfometri dan ornamentasi eksin polen pada tujuh spesies mangrove menunjukkan bahwa polen monad, dengan variasi rasio panjang-lebar (P/E) yang membagi bentuk ke dalam kelompok oblata, prolata, dan subprolata, merupakan adaptasi kunci untuk efisiensi dispersal di media air dan angin; dominasi aperture trikolorporat pada mayoritas spesies—dan heterokolorporat pada *Lumnitzera racemosa*—mengoptimalkan pelepasan pollenkit dalam siklus hidrasi-dehidrasi di zona intertidal; sedangkan pola eksin retikulat pada mangrove sejati dan eksin perforat pada *Scaevola taccada* mencerminkan respons ekofisiologis terhadap kelembapan tinggi dan deposisi partikel garam atau pasir. Kombinasi karakter morfometri dan tekstural ini tidak hanya memperkuat dasar taksonomi untuk membedakan genus dan famili pesisir, melainkan juga menyediakan proksi fungsional untuk memahami mekanisme reproduksi dan prediksi ketahanan spesies terhadap dinamika hidrodinamik dan perubahan iklim pesisir.

BIBLIOGRAFI

- Dalimunthe, S. H., Damayanto, I., MARTIANSYAH, I., & FATMAWATI, E. K. A. (2023). Pollen micromorphology of mangrove species in South Sumatera coastal area, Indonesia. *Sains Malaysiana*, 52(9), 2499–2511.
- Darmayasa, D., Raksapati, A., Siregar, A. A., Minarsi, A., Sarjiyanto, S., Juansa, A., Hamdani, M., Rante, M. W., Triastuti, U. Y., & Said, F. (2025). *Ekowisata Indonesia: Peluang, Tantangan dan Peran Wisata Alam untuk Pembangunan Berkelanjutan*. Henry Bennett Nelson.
- Gusmalawati, D., Huda, M. F., Fauziah, S. M., Banyo, Y. E., & Abidin, Z. (2021). Karakterisasi morfologi polen dari sepuluh jenis tumbuhan dari famili yang berbeda. *G-Tech Jurnal Teknologi Dan Terapan*, 4(2), 303–308.
- Katifori, E., Alben, S., Cerda, E., Nelson, D. R., & Dumais, J. (2010). Foldable structures and the natural design of pollen grains. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(17), 7635–7639.
- Khairunnisa, H. Z. (2024). *Analisis Pelaksanaan Program Adiwiyata Di SDN Sukabumi Selatan 06 Pagi Kota Jakarta*. Jakarta: FITK UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Komalasari, R. (2019). Pengelolaan Kawasan Hutan Mangrove di Indonesia. *Diambil Dari <https://www.researchgate.net/publication/325314445>*. Diakses Pada, 22.
- Lamidi, L., Kurnianingsih, F., Adhayanto, O., Arianto, B., & Nazaki, N. (2024). Evaluasi dan Monitoring Pendekatan PESTEL dalam Strategi Pemberdayaan Masyarakat terhadap Ekowisata Mangrove di Desa Kelumu. *Khidmat: Journal of Community Service*, 1(2), 89–102.
- Nanlohy, L. H., & Masniar, M. (2020). Manfaat Ekosistem Mangrove Dalam Meningkatkan Kualitas Lingkungan Masyarakat Pesisir. *Abdimas: Papua Journal of Community Service*, 2(1), 1–4.
- Rizkyantha, O., Rusmiatiningsih, R., & Afrina, C. (2025). Preservasi Naskah Kuno: Strategi Pelestarian Minimal untuk Mempertahankan Warisan Budaya: Indoensia. *Jurnal Pustaka Budaya*, 12(1), 52–60.
- Setiawan, E. (2023). Strategi Pengembangan Ekosistem Mangrove Taman Nasional Alas Purwo Berbasis Ekowisata. *INSPIRASI: JURNAL ILMU-ILMU SOSIAL*, 20(2), 898–913.

- Sumar, S. (2021). Penanaman mangrove sebagai upaya pencegahan abrasi di pesisir Pantai Sabang Ruk Desa Pembaharuan. *IKRA-ITH ABDIMAS*, 4(1), 126–130.
- Taluke, D., Lakat, R. S. M., & Sembel, A. (2019). Analisis preferensi masyarakat dalam pengelolaan ekosistem mangrove di pesisir pantai kecamatan loloda kabupaten halmahera barat. *Spasial*, 6(2), 531–540.
- Umami, E. K., Sa'adah, N. N., Ramadhani, M. T., Izzati, O. A., Nurrohman, E., & Pantiwati, Y. (2021). Study Eksplorasi Morfologi Serbuk Sari berbagai Famili Tumbuhan. *Lombok Journal of Science*, 3(2), 16–21.
- Wulandari, L. T. (2024). Penanaman Pohon Bakau Di Pantai Keraya Kecamatan Kumai Kabupaten Kotawaringin Barat Sebagai Bentuk Kepedulian Terhadap Lingkungan Hidup. *Jurnal Pengabdian ILUNG (Inovasi Lahan Basah Unggul)*, 3(4), 665–672.
- Zavada, M. S., & Hackley, P. C. (2022). The effect of diagenesis and acetolysis on the preservation of morphology and ultrastructural features of pollen. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 302, 104679.