

# Biosfer



Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi

Biosfer

Volume  
11

Nomor  
1

Halaman  
1-142

Bandung  
Juni 2026

e- ISSN  
2549- 0486

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya, sehingga tim redaksi jurnal Biosfer telah mempublikasikan artikel Volumen 11 No 1 pada bulan Juni Tahun 2026.

Tim redaksi mengucapkan terimakasih kepada pihak yang sudah terlibat dalam publikasi jurnal Biosfer, terutama pada pihak yang secara langsung mereview artikel yang sudah diterbitkan pada bulan Juni 2026.

1. Pimpinan Fakultas
2. Pimpinan Program Studi Pendidikan Biologi
3. Tim Redaksi Jurnal Biosfer
4. Tim Editor Jurnal Biosfer
5. Mitra Bestari

Bandung, Juni 2026



Pimpinan Redaksi

# DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>Deskripsi dan Jenis Tanaman Peneduh di Lingkungan SMA Negeri 1 Sengah Temila</b> Milga Nangun <sup>1</sup> , Syamswisna <sup>2*</sup> , dan Hayatul Fajri <sup>3</sup>	1-8
<b>Diversitas Flora Kampus sebagai Sumber Belajar Struktur dan Perkembangan Tumbuhan: Inventarisasi di Universitas Nias</b> Hardikupatu Gulo <sup>1</sup> , Nofamataro Zebua <sup>2</sup> , Ester Novi Kurnia Zebua <sup>3</sup>	9-20
<b>Enkapsulasi <i>Streptomyces enissocaesilis</i> strain RFZm-Pg Potensial Sebagai Kandidat PGPR dalam Matriks Natrium Alginat</b> Moh. Randy Putra Pratama Thalib <sup>1</sup> , Yuliana Retnowati <sup>2*</sup> , Novri Youla Kandowangko <sup>3</sup> , Syam S. Kumaji <sup>4</sup> , Abubakar Sidik Katili <sup>5</sup>	21-32
<b>Implementasi Pembelajaran Mendalam pada Mata Pelajaran Biologi Kelas X di Sekolah Trenmatika</b> Maya Rosmayani Wahidah <sup>1</sup> , Asyifa Wulandari <sup>2</sup> , Anggun Luthfiyah Hamdani <sup>3</sup> , Faatihah Nasywaa Hanifah <sup>4</sup> , Ekis Fariska <sup>5</sup> , Hestningsih <sup>6</sup> , Sulistya Ningsih <sup>7</sup> , Edward Alfin <sup>8</sup>	33-39
<b>Analisis Struktur Vegetasi Pohon Kawasan Wisata Alam Tirta Rimba Kota Baubau Sebagai Indikator Kualitas Lingkungan</b> La Nare <sup>1</sup> , Nurul Safia Rianti <sup>2</sup> , Dinda Apriawati <sup>3</sup>	40-48
<b>Penerapan Model <i>Team Games Tournament</i> untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Materi Sistem Gerak Kelas XI IPA 1 SMA PASUNDAN 7</b> May Naila Zahra <sup>1</sup> , Lyra Sylva Bestiani <sup>2</sup> , Fitri Aryanti <sup>3</sup> , Mimi Halimah <sup>4</sup>	49-60
<b>Pengaruh <i>Locus of Control</i> terhadap Minat Belajar Biologi pada Materi Fotosintesis Kelas VIII SMP</b> Yulinda Siregar <sup>*</sup> , Ismiarti, Ari Susilowati, Dina Astuty, Sastri Nilawati, Yuli Yulianti, Asriyani Nurro Sidawati, Dinia Ika Rahmayants, Ade Lina Permatasari, Widyati	61-69
<b>Pengaruh Model <i>Project Based Learning</i>/PjBL Berbantuan <i>Artificial Intelligence</i> (AI) Terhadap Hasil Belajar Siswa Pada Materi Bioteknologi</b> Indra Dodo Saputra <sup>1</sup> , Rudiansyah Febrian <sup>2</sup> , Asep Rohayat <sup>3</sup>	70-80
<b>Pengaruh Media <i>Flipbook</i> Digital terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar Peserta Didik pada Materi Sistem Ekskresi</b> Putri Syarifa <sup>1*</sup> , Rina Fitriani <sup>2</sup> , Ai Anisa Asaidah <sup>3</sup> , Dita Agustian <sup>4</sup> , Rahmat Rizal <sup>5</sup>	81-90
<b>Efektivitas Penggunaan Video <i>Microlearning</i> Berbantuan LKPD Terhadap Hasil Belajar Kognitif Siswa Kelas XI pada Materi Sistem Pernapasan di SMAN 9 Gowa</b> Micke Alkuri <sup>1</sup> , Ismail <sup>2</sup> , Arifah Novia Arifin <sup>3</sup>	91-97
<b>Gambaran Histologi Testis Tikus Putih (<i>Rattus norvegicus</i> L.) yang Dipaparkan Asap Rokok Setelah Pemberian Ekstrak Daun Sembung Rambut (<i>Mikania micrantha</i>)</b> Rizka Alya Razan Situmorang <sup>1</sup> , Husnarika Febriani <sup>2</sup> , dan Syukriah <sup>3</sup>	98-107
<b>Analisis Karakter Toleransi Dan Keterampilan Sosial Pada Siswa SMPN Maubeli</b> Yunawati Sele <sup>1</sup> , Lusia Naimnule <sup>2</sup> , Olivia Maya Bria <sup>3</sup>	108-117
<b>Efektivitas <i>AI-Enhanced Learning Environment</i> (AILE) dalam Meningkatkan Hasil Belajar Mahasiswa pada Mata Kuliah Bioteknologi dan Biologi Sel</b> Mimi Halimah <sup>1</sup> dan Cita Tresnawati <sup>2</sup>	118-123
<b>Profil Kualitas Esai Ilmiah Siswa SMA dalam Kompetisi Biologi: Analisis Skor Per Aspek Penilaian dan Subtema di <i>Biology Grand Arena 2026</i></b> Ulfa Zahrani <sup>1*</sup> , Salsabilla Maharani <sup>2</sup> , Nur Faridah <sup>3</sup> , Amelia Savitri Zairul <sup>4</sup> , Uridia Ulya <sup>5</sup> , Imroatus Solichah <sup>6</sup> , Bambang Supriatno <sup>7</sup> , Saefuddin <sup>8</sup> , Sariwulan Diana <sup>9</sup>	124-133
<b>Uji Efektivitas Ekstrak Biji Kecipir (<i>Psophocarpus tetragonolobus</i> L.) Sebagai Insektisida Nabati Terhadap Mortalitas Ulat Grayak (<i>Spodoptera litura</i> F.)</b> Yusuf Ibrahim <sup>1</sup> , Delvia Desta Andriani <sup>2</sup> dan Gurnita <sup>3*</sup>	134-142

## Deskripsi dan Jenis Tanaman Peneduh di Lingkungan SMA Negeri 1 Sengah Temila

Milga Nangun<sup>1</sup>, Syamswisna<sup>2\*</sup>, dan Hayatul Fajri<sup>3</sup>

Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,  
Universitas Tanjungpura Pontianak  
Jl. Profesor dokter H. Hadari Nawawi, Kota Pontianak, Kalimantan Barat 78115

\*e-mail : [syamswisna@fkip.untan.ac.id](mailto:syamswisna@fkip.untan.ac.id)

### Abstrak

Tanaman peneduh di lingkungan sekolah memiliki peran penting dalam menciptakan kenyamanan lingkungan serta berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber belajar kontekstual bagi siswa. Namun, informasi mengenai jenis tanaman peneduh yang terdapat di lingkungan sekolah masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan dan mengidentifikasi jenis tanaman peneduh yang terdapat di lingkungan SMA Negeri 1 Sengah Temila. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan teknik observasi langsung di lapangan. Pengumpulan data dilakukan melalui pengamatan dan identifikasi tanaman berdasarkan ciri morfologi serta referensi literatur yang relevan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 10 spesies tanaman peneduh yang berasal dari 7 famili, yaitu jambu air (*Syzygium samarangense* (Blume) Merr. & L.M.Perry), jambu biji (*Psidium guajava* L), pucuk merah (*Syzygium paniculatum* Gaertn), ketapang (*Terminalia catappa* L), mangga (*Mangifera indica* L), rambutan (*Nephelium lappaceum* L), karet (*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg.), akasia (*Acacia mangium* Willd), glodokan tiang (*Polyalthia longifolia* (Sonn.) Benth. & Hook.f.ex Thwaites.), dan kembang merak (*Caesalpinia pulcherrima* L. Swartz.). Keberadaan tanaman tersebut berperan dalam memberikan naungan dan meningkatkan kualitas lingkungan sekolah. Dengan demikian, lingkungan SMA Negeri 1 Sengah Temila memiliki keanekaragaman tanaman peneduh yang cukup beragam dan berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber belajar biologi.

**Kata Kunci:** Deskripsi, Identifikasi, Keanekaragaman, Lingkungan Sekolah, Tanaman Peneduh.

### Abstract

*Shade trees in the school environment play an important role in creating environmental comfort and have the potential to be used as contextual learning resources for students. However, information regarding the types of shade trees found in school environments is still limited. This study aimed to describe and identify the types of shade trees found in the environment of SMA Negeri 1 Sengah Temila. This research used a descriptive method with direct observation techniques in the field. Data were collected through observation and plant identification based on morphological characteristics and relevant literature references. The results showed that there were 10 species of shade trees belonging to 7 families, namely water apple (*Syzygium samarangense* (Blume) Merr. & L.M.Perry), guava (*Psidium guajava* L), red shoot (*Syzygium paniculatum* Gaertn), tropical almond (*Terminalia catappa* L), mango (*Mangifera indica* L), rambutan (*Nephelium lappaceum* L), rubber tree (*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg.), acacia (*Acacia mangium* Willd), Indian mast tree (*Polyalthia longifolia* (Sonn.) Benth. & Hook.f.ex Thwaites.), and peacock flower (*Caesalpinia pulcherrima* L. Swartz). These plants play a role in providing shade and improving the quality of the school environment. Therefore, the environment of SMA Negeri 1 Sengah Temila has a relatively diverse variety of shade trees and has the potential to be utilized as a learning resource in biology education.*

**Keywords:** Description, Identification, Diversity, School Environment, Shade Trees.

## I. PENDAHULUAN

Tanaman peneduh merupakan salah satu komponen penting dalam menciptakan lingkungan yang hijau, sejuk, dan nyaman, terutama di kawasan pendidikan seperti sekolah. Keberadaan tanaman peneduh tidak hanya memberikan perlindungan dari paparan sinar matahari langsung, tetapi juga berperan dalam memperbaiki kualitas udara, meningkatkan estetika lingkungan, serta mendukung kesehatan fisik dan mental warga sekolah. Menurut Ardiansyah (2020), pohon peneduh mampu menurunkan suhu permukaan hingga 10–15°C, sehingga keberadaannya sangat penting terutama di wilayah beriklim tropis seperti Indonesia. Selain itu, vegetasi pohon memiliki peran penting dalam membentuk keseimbangan ekosistem serta menjaga kualitas lingkungan hidup (Indriyanto, 2012).

Pohon peneduh umumnya merupakan tanaman yang memiliki tajuk lebar dan rimbun sehingga mampu memberikan naungan yang optimal. Fungsi utama tanaman peneduh adalah mengurangi suhu lingkungan dengan cara menyerap dan menghalangi radiasi matahari (Hidayat, 2022). Selain itu, tanaman juga berperan dalam meningkatkan kualitas udara melalui proses fotosintesis yang menghasilkan oksigen dan menyerap karbon dioksida (Rahayu, 2021). Menurut Lakitan (2011), tumbuhan berperan penting dalam menjaga keseimbangan gas di atmosfer melalui proses fotosintesis dan respirasi. Penelitian Pratama (2021) menunjukkan bahwa lingkungan yang memiliki banyak vegetasi cenderung memiliki kualitas udara yang lebih baik dibandingkan dengan area yang minim tanaman. Situmorang (2021) juga menyatakan bahwa keberadaan pohon peneduh dapat membantu mengurangi kadar debu di udara.

Di lingkungan sekolah, tanaman peneduh memiliki fungsi yang tidak hanya berkaitan dengan aspek ekologis, tetapi juga mendukung kenyamanan proses pembelajaran. Keberadaan vegetasi dapat menciptakan iklim mikro yang lebih sejuk sehingga memberikan suasana belajar yang lebih nyaman bagi siswa dan guru (Putra, 2023). Lingkungan sekolah yang hijau dan teduh juga diketahui dapat meningkatkan konsentrasi belajar siswa serta memberikan ruang bagi aktivitas luar ruangan yang lebih sehat (Sari, 2020). Menurut Irwan

(2015), ruang terbuka hijau di lingkungan pendidikan memiliki manfaat ekologis, sosial, dan edukatif yang penting bagi perkembangan peserta didik. Selain itu, area yang teduh dapat dimanfaatkan sebagai tempat istirahat dan interaksi sosial bagi warga sekolah, yang berkontribusi terhadap kesejahteraan mental (Yuliani, 2022).

Setiap jenis tanaman peneduh memiliki karakteristik morfologi dan kemampuan adaptasi yang berbeda terhadap kondisi lingkungan. Oleh karena itu, identifikasi dan deskripsi jenis tanaman peneduh yang terdapat di suatu kawasan sangat penting untuk mengetahui potensi dan fungsi ekologisnya. Menurut Tjitrosoepomo (2013), pengenalan ciri morfologi tumbuhan sangat penting dalam proses identifikasi dan klasifikasi tumbuhan. Menurut Rahayu (2021), pemahaman mengenai jenis dan karakteristik tanaman dapat membantu dalam pengelolaan vegetasi yang lebih tepat serta mendukung keberlanjutan lingkungan. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa berbagai jenis tanaman peneduh dapat ditemukan di lingkungan sekolah dengan fungsi dan karakteristik yang beragam (Hidayat, 2022; Pratama, 2021).

Lingkungan sekolah yang ditata dengan vegetasi, termasuk tanaman peneduh, memiliki peran penting dalam menciptakan kondisi belajar yang nyaman sekaligus mendukung pembelajaran biologi berbasis lingkungan. Tanaman yang berada di sekitar sekolah dapat dimanfaatkan sebagai sumber belajar kontekstual karena peserta didik dapat secara langsung mengamati struktur, keanekaragaman, dan fungsi ekologis tumbuhan di lingkungan nyata. Pemanfaatan sumber belajar berbasis tanaman terbukti dapat meningkatkan literasi sains serta motivasi belajar peserta didik dalam pembelajaran biologi (Rupilu & Maryani, 2025).

SMA Negeri 1 Sengah Temila merupakan salah satu sekolah yang memiliki berbagai jenis tanaman yang tumbuh di lingkungan sekolah, termasuk tanaman yang berfungsi sebagai peneduh. Keberadaan tanaman-tanaman tersebut tidak hanya berperan dalam menciptakan lingkungan sekolah yang lebih nyaman, tetapi juga memiliki potensi sebagai sumber belajar bagi siswa, khususnya dalam pembelajaran biologi

yang berkaitan dengan keanekaragaman tumbuhan. Dengan demikian, inventarisasi dan deskripsi tanaman peneduh di lingkungan sekolah tidak hanya berfungsi sebagai upaya penataan lingkungan, tetapi juga sebagai potensi sumber belajar biologi yang mendukung proses pembelajaran berbasis lingkungan.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mendeskripsikan dan mengidentifikasi jenis-jenis tanaman peneduh yang terdapat di lingkungan SMA Negeri 1 Sengah Temila. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai keberadaan dan keanekaragaman tanaman peneduh di lingkungan sekolah serta menjadi sumber data yang dapat dimanfaatkan dalam pengelolaan lingkungan sekolah dan kegiatan pembelajaran.

## II. METODE

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Februari hingga Maret 2024 di SMA Negeri 1 Sengah Temila untuk mengamati kondisi fisik lapangan dan jenis tanaman peneduh di lingkungan sekolah tersebut. Berikut denah SMA Negeri 1 Sengah Temila.

**Gambar 1.**

Denah SMA Negeri 1 Sengah Temila



Berdasarkan gambar 1. Beberapa tanda panah merah yang menunjukkan arah pergerakan di sekitar lapangan upacara dan antar ruang kelas. Tanda panah merah ini juga menandakan lokasi dimana terdapat tanaman peneduh. Tanaman peneduh ini ditempatkan di sepanjang jalur yang dilalui oleh siswa dan staf sekolah, khususnya di sekeliling lapangan

upacara dan di area dekat ruang kelas, perpustakaan, serta fasilitas lainnya.

### Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: alat tulis, meteran, dan kamera digital. Bahan dalam penelitian ini adalah seluruh tanaman peneduh yang terdapat di lingkungan SMA Negeri 1 Sengah Temila.

### Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi, pengumpulan data, dokumentasi foto, pembuatan herbarium, dan identifikasi tanaman.

### Observasi

Observasi adalah teknik pengumpulan data yang dilakukan melalui pengamatan langsung terhadap objek atau fenomena, disertai dengan pencatatan sistematis mengenai keadaan atau perilaku objek sasaran. Metode ini bertujuan untuk memperoleh informasi yang akurat dan mendalam tentang subjek yang diteliti, serta memahami konteks dan dinamika yang memengaruhi fenomena tersebut. Pencatatan yang cermat dan sistematis selama observasi membantu dalam menganalisis data dan menarik kesimpulan yang relevan.

### Dokumentasi

#### a) Dokumentasi Foto

Dokumentasi foto diambil menggunakan kamera ponsel peneliti sebagai bukti otentik dan tanpa manipulasi, bertujuan untuk memastikan keabsahan penelitian. Pengambilan gambar morfologi tanaman dilakukan untuk memahami secara visual tampilan fisik dan struktur tanaman, dengan penekanan pada karakteristik daun, batang, bunga, akar, dan buah.

#### b) Pembuatan Herbarium

Herbarium adalah koleksi bahan tumbuhan yang diawetkan setelah tanaman mati, disertai dengan data dan informasi tentang manfaatnya. Tujuan pembuatan herbarium meliputi pengumpulan dan dokumentasi berbagai jenis tumbuhan untuk keperluan identifikasi dan penelitian. Proses ini melibatkan pengumpulan, pengeringan, pengawetan, dan penyusunan tumbuhan. Herbarium penting dalam mengidentifikasi spesies tanaman, terutama yang belum diklasifikasikan.

#### c) Catatan Lapangan

Catatan lapangan adalah dokumen penting yang digunakan untuk mencatat informasi, pengamatan, dan ide selama kegiatan penelitian atau observasi. Fungsi catatan lapangan adalah untuk memastikan bahwa informasi yang relevan tidak hilang dan dapat dengan mudah diakses kembali.

**Identifikasi tanaman**

Identifikasi adalah proses untuk menentukan atau mengenali suatu objek, individu, atau fenomena berdasarkan ciri-ciri atau karakteristik tertentu. Dalam proses ini, identifikasi sering dilakukan dengan merujuk pada referensi tambahan, seperti buku identifikasi dari van Steenis (2006) dan Backer dan van den Brink Jr. (1965), dan aplikasi tumbuhan secara online yaitu *Plants of The World Online* di <https://powo.science.kew.org> dan *Plantamor Online* di <https://plantamor.com>. Tujuan dari identifikasi adalah untuk memastikan dan memahami dengan akurat identitas atau spesifikasi dari objek tersebut, sehingga tindakan yang sesuai atau analisis lebih lanjut dapat dilakukan dengan tepat.

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil penelitian mengenai tanaman peneduh di lingkungan SMA Negeri 1 Sengah Temila menunjukkan adanya keanekaragaman tanaman peneduh yang mencakup sebanyak 10 spesies tumbuhan yang berasal dari 7 famili yang berbeda berikut dapat dilihat pada tabel.

Tabel 1.

Jenis Tanaman Peneduh di Lingkungan SMA Negeri 1 Sengah Temila

No	Famili	Spesies	Nama lokal
1.	Myrtaceae	<i>Syzygium samarangense</i>	Jambu air
		<i>Psidium guajava</i> L.	Jambu biji
		<i>Syzygium paniculatum</i> Gaertn.	Pucuk merah
2.	Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i> L.	Ketapang
3.	Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	Mangga
4.	Sapindaceae	<i>Nephelium lappaceum</i> L.	Rambutan
5.	Euphorbiceae	<i>Hevea brasiliensis</i> (Willd. Ex A.Juss.) Müll.Arg.	Karet

6.	Fabaceae	<i>Acacia mangium</i> willd	Akasia
		<i>Caesalpinia Pulcherrima</i> (L.) Swartz.	Kembang merak
7.	Polyalthia	<i>Polyalthia longifolia</i> (Sonn.) Benth. & Hook.f.ex Thwaites	Glodokan tiang

Berdasarkan Tabel 1. Diketahui bahwa lingkungan SMA Negeri 1 Sengah Temila memiliki beragam tanaman peneduh yang cukup banyak dan bervariasi. Terdapat 10 spesies tanaman yang berasal dari 7 famili. Hal ini dikarenakan tanaman-tanaman tersebut mudah beradaptasi dengan lingkungan dan memiliki struktur batang serta pola percabangan yang cocok dengan kondisi area sekolah.

**Deskripsi Tanaman Peneduh di Lingkungan SMA Negeri 1 Sengah Temila**

Kelompok tanaman peneduh di lingkungan SMA Negeri 1 Sengah Temila meliputi beberapa jenis diantaranya adalah:

**Jambu air (*Syzygium samarangense*)**

Habitus pohon. Akar tunggang berwarna kecokelatan, tingginya berkisar antara 3 hingga 10 meter. Batangnya bersifat bengkok dan bercabang, dimulai dari pangkal pohon, berwarna coklat. Daun tunggal berhadapan dan memiliki tangkai, dengan ujung tumpul, pangkal bulat, pertulangan menyirip, panjang sekitar 15-20 cm, lebar 4-6 cm, dan tangkainya sekitar 3-7 mm, berwarna hijau. Bunga dalam bentuk malai, dengan kelopak berbentuk corong, bercangap 5-6, berwarna kuning keputihan. Benang sarinya tak terhingga, tangkai sarinya hijau pucat, kepala putik berwarna putih kehijauan, putik 1 berwarna hijau pucat, dan mahkota bunganya panjangnya 5-10 mm, berwarna kuning muda. Buahnya berbentuk buni, berwarna merah, lonceng mengerucut, dengan diameter sekitar 5-8 cm. Bijiannya menyerupai ginjal, kecil, dan berwarna coklat.

**Jambu Biji (*Psidium guajava* L.)**

Habitus pohon. Akar tunggangnya berwarna kecokelatan, dengan tinggi pohon berkisar antara 2 hingga 10 meter. Batangnya bersifat bengkok dan bercabang, dimulai dari pangkal pohon, berwarna coklat dan memiliki bercak. Daun tunggal berhadapan dan memiliki tangkai, dengan ujung tumpul, pangkal bulat,

pertulangan menyirip, panjang sekitar 6-14 cm, lebar 3-6 cm, dan tangkainya sekitar 3-6 mm, berwarna hijau. Bunga bersifat majemuk, dengan kelopak berbentuk tabung, bercangap 2-5, berwarna kuning keputihan. Benang sarinya tak terhingga, tangkai sarinya hijau pucat, kepala putik berwarna putih kehijauan, putik 1 berwarna hijau pucat, dan mahkota bunganya panjangnya 5-10 mm. berwarna kuning muda. Buahnya berbentuk buni, berwarna hijau kekuningan, bulat telur, dengan diameter sekitar 7-10 cm. Bijinya simetris. kecil, berwarna kuning kecokelatan.

#### **Pucuk Merah (*Syzygium paniculatum*)**

Habitus perdu. Akar tunggang berwarna cokelat, tinggi mencapai 5-7 meter. Batang bulat, keras, berkayu, dan bercangap mulai dari pangkal pohon, dengan warna cokelat. Daun tunggal berbentuk oval dan bertangkai, ujungnya lancip, pangkalnya bulat, pertulangan menyirip, panjangnya sekitar 5-6 cm dan lebarnya 2 cm, dengan tangkai sekitar 2-3 mm, berwarna hijau dan merah. Bunga bersifat majemuk, kelopaknya berbentuk tabung, bercangap 3-5, berwarna kuning keputihan, benang sarinya tak terhingga, tangkai sarinya hijau pucat, kepala putiknya putih, putik 1 berwarna putih, dan mahkotanya panjang sekitar 4-8 mm berwarna kuning muda. Buahnya bersifat majemuk, berwarna ungu, berbentuk bulat telur, dengan diameter sekitar 0,7 cm. Biji dikotil, kecil. berwarna cokelat tua.

#### **Pohon Ketapang (*Terminalia catappa*)**

Habitus pohon. Akarnya terdiri dari akar tunggang, berwarna cokelat. Tingginya mencapai 30-35 meter. Batangnya berbentuk bulat, tegak lurus, dan bercangap simpodial, dengan warna abu-abu kecokelatan. Daun tunggal, bertangkai, ujungnya runcing, pangkalnya berlekuk, tepi daun berombak, pertulangan menyirip, panjang 8-38 cm, lebar 5-19 cm, dan tangkainya sekitar 5-7 mm, berwarna hijau tua. Bunga bersifat tunggal, dengan kelopak menyerupai lonceng dan bercangap 5, berwarna putih, krem, hingga kuning. Benang sari berkisar antara 6-7, dengan tangkai sari berwarna putih. Kepala putik berwarna kuning, dan terdapat 10-12 putik berwarna kuning tanpa mahkota. Buahnya bersifat majemuk, berwarna hijau, bulat, dengan diameter sekitar 4-5,5 cm. Biji buahnya berbentuk lonjong, kecil, dan berwarna cokelat.

#### **Pohon Mangga (*Mangifera indica*)**

Habitus pohon. Akar tunggangnya berwarna kecokelatan, dengan tinggi mencapai 5-10 meter. Batangnya tumbuh tegak dan memiliki banyak cabang, berwarna cokelat. Daun tunggal berhadapan dan bertangkai, ujungnya runcing. pangkalnya bulat telur, pertulangan menyirip, panjang 15-35 cm, lebar 6-16 cm, dan tangkainya sekitar 2-4 mm, berwarna hijau. Bunga bersifat majemuk, dengan kelopak berbentuk lonjong, berwarna kuning keputihan. Benang sarinya berkisar antara 1-5, dengan tangkai sari berwarna merah, kepala putik berwarna kuning kehijauan, putik 1 berwarna kuning, dan mahkotanya panjangnya 4-8 mm berwarna kuning muda. Buahnya berbentuk buni, dengan warna yang bervariasi antara hijau, oranye, kuning, dan merah, berbentuk bulat lonjong, dengan diameter mencapai 5-25 cm. Biji buahnya berbentuk lonjong pipih dan berwarna putih.

#### **Pohon Rambutan (*Nephelium Lappaceum*)**

Habitus pohon. Akar tunggangnya berwarna cokelat, dengan tinggi mencapai 15-20 meter. Batangnya berbentuk bulat dan memiliki banyak cabang, berwarna cokelat. Daunnya majemuk, berselang-seling, dan bertangkai, dengan ujung yang runcing, pangkalnya bulat, pertulangan menyirip, panjang daun berkisar antara 7-20 cm, lebar 3-6 cm, dan tangkainya sekitar 3-7 mm, berwarna hijau. Bunga bersifat majemuk, dengan kelopak berbentuk cawan dan bercangap 7-12. berwarna kekuning-kuningan. Benang sari berkisar antara 5-7, dengan tangkai sari berwarna hijau. Kepala putik berwarna kuning keputihan, sedangkan putik 2-3 berwarna hujan, tanpa mahkota. Buahnya berupa buni, yang pada tahap muda berwarna hijau dan pada tahap tua berubah menjadi merah, berbentuk bulat panjang dan berbulu. dengan diameter sekitar 4-5 cm. Biji buahnya berbentuk elips, kecil, dan berwarna putih.

#### **Pohon Karet (*Hevea Brasiliensis*)**

Habitus pohon. Akarnya terdiri dari akar tunggang, lateral, dan serabut yang berwarna cokelat. Tinggi pohon mencapai 15-20 meter. Batangnya tumbuh tegak, berbentuk bulat, dan bercangap simpodial, dengan warna cokelat tua. Daun tunggal berselang dan memiliki tangkai, ujungnya runcing. pangkalnya meruncing, pertulangan menyirip, panjang 15-20 cm, lebar 8-15 cm, dan tangkainya sekitar 3-10 mm, berwarna hijau.

Bunga bersifat tunggal, dengan kelopak berbentuk mangkuk dan bercangap 11-13, berwarna kuning keputihan. Benang sari berkisar antara 10-13, dengan tangkai sari putih kekuningan. Kepala putik berwarna kuning, sedangkan putiknya sebanyak 3 berwarna hitam. Mahkotanya memiliki panjang sekitar 1-2 mm dan berwarna kuning. Buahnya berupa buni, berwarna hijau, berbentuk bulat, dengan diameter sekitar 1-2 cm. Biji buahnya berbentuk bulat, kecil, dan berwarna putih.

**Pohon Akasia Mangium (*Acacia mangium willd*)**

Habitus pohon. Akar pohon terdiri dari akar tunggang yang berwarna putih kotor dan memiliki cabang. Tingginya berkisar antara 15 hingga 30 meter. Batangnya berbentuk silindris dan simpodial, dengan warna coklat keabuan. Daunnya bersifat majemuk dengan banyak anak daun, ujungnya runcing, pangkalnya berlekuk, tepi daun berombak, dan pertulangan daun berjalan secara paralel. Panjang daun mencapai 25 cm, lebar 10 cm, dan tangkainya sekitar 5-7 mm, berwarna hijau gelap. Bunga tersusun dalam malai, dengan kelopak menyerupai tabung dan bercangap 15-20, berwarna kuning. Benang sari bunga sangat banyak, dengan tangkai sari berwarna kuning. Kepala putik berwarna kuning, terdapat banyak putik berwarna kuning, dan mahkota bunganya memiliki 5 helai. Buahnya berupa polong-polorigan, yang pada awalnya berwarna hijau dan kemudian berubah menjadi coklat, dengan diameter mencapai 7-8 cm. Biji buahnya berbentuk lonjong, kecil, dan berwarna hitam mengkilap.

**Pohon Glodokan Tiang (*Polyalthia longifolia*)**

Habitus pohon. Pohon ini memiliki penampilan sebagai berikut: Sistem akar pohon terdiri dari akar tunggang yang berwarna putih kotor dan bercabang. Tingginya mencapai 30-35 meter. Batangnya berbentuk silindris dan simpodial, dengan warna coklat keabuan. Daun tunggal berbentuk elips, ujungnya runcing, pangkalnya memanjang, tepi daun berombak, pertulangan menyirip, panjang 8-10 cm, lebar 4-6 cm, dan tangkainya sekitar 2-3 mm. Berwarna hijau gelap. Bunga tersusun dalam malai, dengan kelopak menyerupai tabung dan bercangap 5, berwarna kuning kehijauan. Benang sari bunga sangat banyak, dengan tangkai sari berwarna kuning kehijauan.

Kepala putik berwarna kuning kehijauan, terdapat banyak putik berwarna kuning kehijauan, dan mahkota bunganya memiliki 5 hela. Buahnya berupa buni, dengan warna yang bervariasi antar kemeralsin hingga kekuningan, dan memiliki diameter sekitar 2-3 cm. Biji buahnya pipih hingga bulat, kecil, dan berwarna kecoklatan hingga kehitaman.

**Kembang Merak (*Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw.)**

Habitus pohon kecil dengan habitus tegak dan banyak cabang. Akar tunggangnya kuat dengan akar lateral yang menyebar luas, mendukung penyerapan nutrisi dan air secara efisien. Tinggi tanaman ini berkisar antara 2 hingga 4 meter, namun dalam kondisi ideal dapat mencapai 6 meter. Batangnya berkayu, silindris, berwarna coklat keabu-abuan, dan kadang berduri. Daunnya majemuk dan menyirip ganda dengan anak daun kecil berbentuk lonjong, ujung runcing, pangkal berlekuk, tepi berombak, dan pertulangan paralel. Bunganya sangat mencolok dengan warna merah, oranye, dan kuning, tumbuh dalam tandan besar di ujung cabang, memiliki kelopak berbentuk tabung dan bercangap 15-20. Benang sari banyak dengan tangkai sari dan kepala putik berwarna kuning, serta mahkota bunga dengan 5 helai. Buahnya berupa polong panjang dan pipih, yang awalnya berwarna hijau dan berubah menjadi coklat saat matang, dengan panjang 7-8 cm. Biji berbentuk lonjong, kecil, dan berwarna coklat kehitaman mengkilap.

Famili Myrtaceae mendominasi dengan persentase terbesar, yaitu sepertiga dari seluruh tanaman. Hal ini mengindikasikan bahwa tumbuhan dari famili Myrtaceae paling sering ditemukan, kemungkinan karena kemampuan adaptasi yang baik terhadap lingkungan sekolah atau karena sengaja ditanam dalam jumlah besar karena manfaatnya yang signifikan sebagai peneduh (Setiawan & Aditya, 2020). Famili Myrtaceae dipilih karena memiliki kanopi yang lebat yang memberikan keteduhan maksimal, serta karakteristik pertumbuhan yang cepat dan mudah dirawat (Santoso, 2023).

Famili Fabaceae menempati posisi kedua dengan seperlima dari seluruh tanaman. Ini menunjukkan bahwa tumbuhan dari famili Fabaceae juga cukup dominan dan memiliki peran penting dalam ekosistem sekolah, baik dari segi fungsi peneduh, estetika, atau manfaat

lingkungan lainnya (Wulandari, 2022). Tumbuhan dari famili Fabaceae mungkin memiliki ciri-ciri khusus yang menjadikannya pilihan kedua setelah famili Myrtaceae.

Famili Combretaceae, Anacardiaceae, Sapindaceae, Euphorbiaceae, dan Polyalthia masing-masing menyumbang sepersepuluh dari total tumbuhan peneduh di lingkungan SMA Negeri 1 Sengah Temila. Ini menunjukkan adanya keragaman jenis tumbuhan yang digunakan sebagai peneduh di sekolah tersebut, meskipun tidak sebanyak famili Myrtaceae dan Fabaceae. Keberadaan variasi famili ini penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem dan menyediakan habitat bagi berbagai jenis fauna (Anggraini, 2018). Variasi ini juga mencerminkan upaya untuk menghindari ketergantungan pada satu jenis tumbuhan saja, yang bisa berisiko jika terjadi serangan hama atau penyakit.

Penelitian menunjukkan bahwa pemilihan jenis tanaman peneduh sering kali didasarkan pada berbagai faktor, termasuk adaptabilitas terhadap lingkungan lokal, manfaat ekologis, dan estetika (Susanti *et al.*,

#### IV. KESIMPULAN

Lingkungan SMA Negeri 1 Sengah Temila memiliki keanekaragaman tanaman peneduh yang tinggi dengan 10 spesies dari 7 famili. Famili Myrtaceae mendominasi dengan sepertiga dari total tanaman, diikuti oleh Fabaceae dengan seperlima. Spesies dominan seperti *Syzygium samarangense*, *Psidium guajava* L., dan *Syzygium paniculatum* dipilih karena adaptabilitas dan struktur yang cocok

untuk area sekolah. Selain itu, tumbuhan peneduh juga dapat berperan dalam mengurangi suhu lingkungan sekitar, meningkatkan kualitas udara, dan memberikan habitat bagi fauna lokal (Hidayat *et al.*, 2019). Penelitian oleh Pratama *et al.* (2021) menunjukkan bahwa pemilihan tumbuhan peneduh tidak hanya didasarkan pada kemampuannya untuk memberikan keteduhan tetapi juga manfaatnya dalam meningkatkan kualitas udara melalui penyerapan polutan dan penyediaan oksigen. Dengan demikian, keberagaman jenis tumbuhan peneduh di SMA Negeri 1 Sengah Temila tidak hanya penting untuk fungsi ekologis tetapi juga untuk kesehatan dan kesejahteraan komunitas sekolah.

Secara keseluruhan, distribusi persentase berbagai famili tumbuhan peneduh di lingkungan SMA Negeri 1 Sengah Temila mencerminkan pendekatan yang beragam dan holistik dalam pemilihan tumbuhan yang memberikan manfaat maksimal dari segi ekologi, estetika, dan kesehatan.

untuk area sekolah. Keanekaragaman ini berkontribusi pada terciptanya ruang terbuka hijau yang asri dan nyaman. Dominasi Myrtaceae kemungkinan disebabkan oleh kanopi lebat, pertumbuhan cepat, dan perawatan mudah, sementara famili lainnya penting untuk keseimbangan ekosistem dan variasi tanaman peneduh.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Andini, A. (2021). Penghijauan di lingkungan sekolah dan keterlibatan siswa dalam kegiatan luar ruangan. *Jurnal Pendidikan Lingkungan*, 15(2), 67–78.
- Anggraini, N. (2018). Keberagaman tumbuhan peneduh di sekolah: Studi kasus di SMA Negeri 1 Sengah Temila. *Jurnal Botani Indonesia*, 20(1), 45–56.
- Ardiansyah, I. (2020). Pengaruh pohon peneduh terhadap suhu permukaan di lingkungan tropis. *Jurnal Ekologi Tropis*, 25(3), 112–124.
- Hermawan, R. (2019). Pengaruh pohon peneduh terhadap tingkat kebisingan di lingkungan sekolah. *Jurnal Akustik Lingkungan*, 11(3), 77–88.
- Hidayat, S. (2022). Identifikasi jenis pohon peneduh di lingkungan sekolah: Studi kasus di SMA Negeri 3 Yogyakarta. *Jurnal Ilmu Tanaman*, 18(4), 90–102.
- Hidayat, S., Setiawan, H., & Aditya, R. (2019). Tumbuhan peneduh dan manfaat ekologisnya. *Jurnal Kehutanan*, 30(2), 155–167.
- Irwan, Z. D. (2015). *Prinsip-prinsip ekologi dan organisasi ekosistem komunitas dan lingkungan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Kuntoro, A. (2021). Jenis pohon peneduh di SMA Negeri 2 Semarang dan kegunaannya. *Jurnal Hortikultura*, 22(1), 50–63.

- Lakitan, B. (2011). *Dasar-dasar fisiologi tumbuhan*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Maher, B. A. (Ed.). (1964–1972). *Progress in experimental personality research* (6 vols.). New York: Academic Press.
- ndriyanto. (2012). *Ekologi hutan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Pratama, D. (2021). Fungsi dan manfaat pohon peneduh dalam lingkungan sekolah. *Jurnal Lingkungan Pendidikan*, 14(3), 23–34.
- Putra, M. (2023). Pengaruh tanaman peneduh terhadap kualitas lingkungan sekolah. *Jurnal Pendidikan Lingkungan*, 16(1), 77–89.
- Rahayu, D. (2021). Pengaruh pohon peneduh terhadap kualitas udara di sekolah. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 19(2), 134–145.
- Rupilu, A. C., & Maryani, I. (2025). Boosting scientific literacy and learning motivation in elementary students through a contextual plant encyclopedia. *Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi*, 18(1), 232–242. <https://doi.org/10.21009/biosferjpb.50376>
- Santoso, H. (2023). Kanopi pohon dan kemampuannya dalam memberikan ketahanan terhadap sinar matahari. *Jurnal Botani Tropis*, 21(3), 56–68.
- Sari, T. (2020). Kualitas lingkungan sekolah dan pengaruhnya terhadap kesejahteraan siswa. *Jurnal Pendidikan dan Kesehatan*, 12(1), 42–53.
- Setiawan, H., & Aditya, R. (2020). Studi tumbuhan dari famili Myrtaceae di lingkungan sekolah. *Jurnal Botani Indonesia*, 22(2), 78–90.
- Situmorang, P. (2021). Manfaat pohon peneduh dalam mengurangi kadar debu di udara. *Jurnal Lingkungan Sekolah*, 17(2), 65–76.
- Susanti, E., Pratama, D., & Hidayat, S. (2021). Pertimbangan dalam pemilihan tumbuhan peneduh untuk lingkungan sekolah. *Jurnal Ekologi Pendidikan*, 13(1), 34–45.
- Tjitrosoepomo, G. (2013). *Morfologi tumbuhan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Wijaya, N. (2018). Kemampuan penyerapan polutan oleh tanaman peneduh. *Jurnal Lingkungan dan Polusi*, 20(4), 112–123.
- Wulandari, R. (2022). Peran tumbuhan dari famili Fabaceae dalam ekosistem sekolah. *Jurnal Kehutanan dan Lingkungan*, 23(2), 89–101.
- Yuliani, A. (2022). Penghijauan dan kepuasan komunitas sekolah: Studi kasus di beberapa sekolah. *Jurnal Pendidikan dan Lingkungan*, 14(2), 101–115.

## Diversitas Flora Kampus sebagai Sumber Belajar Struktur dan Perkembangan Tumbuhan: Inventarisasi di Universitas Nias

Hardikupatu Gulo<sup>1</sup>, Nofamataro Zebua<sup>2</sup>, Ester Novi Kurnia Zebua<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Nias  
Jl. Yos Sudarso Ujung E-S No.118, Ombolata Ulu, Kec. Gunungsitoli, Kota  
Gunungsitoli, Sumatera Utara 22812, Indonesia  
*e-mail*: hardikupatugulo@unias.ac.id

### Abstrak

Keterbatasan pemanfaatan lingkungan sekitar sebagai sumber belajar dalam pembelajaran botani menyebabkan rendahnya pengalaman langsung mahasiswa dalam mengamati keanekaragaman tumbuhan, yang berkontribusi pada lemahnya pemahaman konsep morfologi dan fenomena *plant blindness*. Penelitian ini bertujuan untuk menginventarisasi keanekaragaman tumbuhan di lingkungan Universitas Nias serta mengidentifikasi potensinya sebagai bahan praktikum dan sumber belajar pada mata kuliah Struktur dan Perkembangan Tumbuhan. Penelitian menggunakan desain deskriptif eksploratif dengan pendekatan survei lapangan melalui metode jelajah. Data dikumpulkan melalui observasi langsung, dokumentasi, serta identifikasi spesies berdasarkan karakter morfologi dan literatur taksonomi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ditemukan 14 spesies tumbuhan yang tergolong dalam 14 genus dan 12 famili, dengan dominasi kelompok Angiospermae yang mencakup kelas *Liliopsida* dan *Magnoliopsida*. Variasi habitus yang meliputi herba, semak, perdu, dan pohon menunjukkan keberagaman morfologi yang cukup representatif untuk kegiatan praktikum. Secara keseluruhan, hasil inventarisasi ini menunjukkan bahwa lingkungan kampus memiliki potensi sebagai sumber belajar kontekstual yang mampu mendukung pembelajaran berbasis pengalaman langsung. Temuan ini menegaskan bahwa integrasi flora lokal dalam pembelajaran dapat meningkatkan relevansi materi serta memperkuat pemahaman konsep struktur dan perkembangan tumbuhan secara lebih aplikatif.

**Kata kunci:** Bahan Praktikum, Inventarisasi Tumbuhan, Struktur dan Perkembangan Tumbuhan, Sumber Belajar Biologi,

### Abstract

*The limited use of the surrounding environment as a learning resource in botany instruction leads to low levels of students' direct experience in observing plant diversity, which contributes to weak understanding of morphological concepts and the phenomenon of plant blindness. This study aims to inventory plant diversity within the environment of Universitas Nias and to identify its potential as practicum material and a learning resource for the course Plant Structure and Development. The research employed a descriptive exploratory design with a field survey approach using an exploration method. Data were collected through direct observation, documentation, and species identification based on morphological characteristics and taxonomic literature. The results revealed 14 plant species belonging to 14 genera and 12 families, dominated by the Angiosperms group, including the classes Liliopsida and Magnoliopsida. The variation in growth forms—herbs, shrubs, subshrubs, and trees—indicates a sufficiently representative morphological diversity for practicum activities. Significantly, these findings demonstrate that the campus environment holds strong potential as a contextual learning resource capable of supporting experience-based learning. This study highlights that integrating local flora into instruction can enhance the relevance of learning materials and strengthen students' understanding of plant structure and development in a more applied manner.*

**Keywords:** Biology Learning Resources, Plant Inventory, Plant Structure and Development, Practicum Materials

## I. PENDAHULUAN

Keanekaragaman hayati merupakan salah satu komponen penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan mendukung keberlanjutan kehidupan di bumi. Tumbuhan memiliki peran fundamental sebagai produsen utama dalam rantai makanan, penyedia oksigen, serta penyerap karbon yang mendukung stabilitas lingkungan global (Gondim & Rondon, 2020). Keberadaan tumbuhan juga menjadi dasar bagi berbagai interaksi ekologis yang membentuk struktur dan fungsi ekosistem alami maupun buatan. Oleh karena itu, pemahaman terhadap keanekaragaman tumbuhan menjadi aspek penting dalam pendidikan biologi dan penelitian ekologi (Stagg & Dillon, 2022; Stroud et al., 2022).

Dalam konteks pendidikan tinggi, lingkungan kampus sering kali memiliki potensi sebagai laboratorium alam yang dapat dimanfaatkan untuk kegiatan pembelajaran biologi (Rogers et al., 2023). Berbagai jenis tumbuhan yang tumbuh secara alami maupun yang sengaja ditanam di area kampus menciptakan keragaman flora yang dapat dijadikan objek pengamatan langsung oleh mahasiswa (Sari et al., 2022). Inventarisasi tumbuhan di lingkungan kampus memberikan informasi ilmiah mengenai komposisi spesies, famili, serta bentuk habitus yang terdapat pada suatu kawasan (Puspa et al., 2022). Data tersebut tidak hanya bermanfaat bagi penelitian ekologi, tetapi juga mendukung kegiatan praktikum botani dan pengembangan sumber belajar berbasis lingkungan.

Pemanfaatan keanekaragaman tumbuhan di lingkungan sekitar sebagai sumber belajar masih sering kurang optimal dalam proses pembelajaran biologi (Saro et al., 2023; Stagg & Dillon, 2022). Banyak kegiatan praktikum pada mata kuliah botani masih bergantung pada bahan ajar berupa gambar, spesimen kering, atau referensi buku teks tanpa memanfaatkan potensi flora lokal (Suhesti & Hadinoto, 2020a). Kondisi ini

menyebabkan mahasiswa kurang memiliki pengalaman langsung dalam mengidentifikasi dan memahami variasi morfologi tumbuhan di lingkungan nyata (Murniati et al., 2025; Salamah et al., 2025). Akibatnya, proses pembelajaran sering kali menjadi kurang kontekstual dan kurang mampu menghubungkan konsep teoretis dengan kondisi ekosistem yang sebenarnya.

Selain itu, berbagai penelitian menunjukkan adanya fenomena rendahnya perhatian terhadap tumbuhan dalam pembelajaran biologi, yang dikenal sebagai *plant blindness* (Achurra, 2022; Thomas et al., 2022; Zebua & Zebua, 2025). Fenomena ini menggambarkan kecenderungan individu untuk kurang memperhatikan keberadaan dan pentingnya tumbuhan dibandingkan organisme lain seperti hewan (Bakar et al., 2020; Jose et al., 2019; Parsley, 2020). Kurangnya interaksi langsung dengan tumbuhan dalam proses pembelajaran turut memperkuat kondisi tersebut sehingga pemahaman terhadap keanekaragaman flora menjadi terbatas. Oleh karena itu, pendekatan pembelajaran yang memanfaatkan lingkungan sekitar dianggap penting untuk meningkatkan kesadaran dan pemahaman mahasiswa terhadap peran tumbuhan dalam ekosistem.

Beberapa penelitian sebelumnya telah melakukan inventarisasi tumbuhan di berbagai kawasan kampus untuk mendokumentasikan keragaman flora yang ada (Cruz et al., 2025; Puspa et al., 2022). Studi inventarisasi di lingkungan kampus menunjukkan bahwa area pendidikan sering memiliki keragaman tumbuhan yang cukup tinggi, mencakup berbagai habitus seperti pohon, semak, dan herba. Penelitian tersebut umumnya menggunakan metode survei lapangan untuk mengidentifikasi spesies tumbuhan dan mengelompokkan berdasarkan famili serta tipe pertumbuhannya (Jumrodah et al., 2025; Khairani & Chatri, 2026). Meskipun demikian, sebagian penelitian masih berfokus pada aspek ekologi dan dokumentasi biodiversitas tanpa mengkaji secara mendalam

potensi hasil inventarisasi tersebut sebagai sumber belajar dalam pembelajaran biologi.

Keterbatasan lain pada penelitian sebelumnya terlihat pada kurangnya integrasi antara data inventarisasi tumbuhan dengan kebutuhan pembelajaran pada mata kuliah tertentu, khususnya yang berkaitan dengan morfologi dan perkembangan tumbuhan (Pramudita et al., 2025; Rahayu & Syuhriatin, 2025). Banyak studi belum mengaitkan hasil identifikasi flora dengan pemanfaatannya sebagai bahan praktikum yang relevan bagi mahasiswa biologi. Selain itu, penelitian yang secara khusus mengkaji potensi keanekaragaman tumbuhan di lingkungan universitas sebagai sumber belajar kontekstual masih relatif terbatas (Hartono et al., 2024; Mokodompit et al., 2022). Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian yang perlu diisi melalui kajian yang mengintegrasikan inventarisasi flora dengan pengembangan pembelajaran botani.

Adapun kebaruan penelitian ini adalah terletak pada integrasi data inventarisasi flora kampus dengan analisis potensi pemanfaatannya sebagai bahan praktikum pada mata kuliah Struktur dan Perkembangan Tumbuhan di Universitas Nias. Hal ini tidak saja mendekatkan mahasiswa belajar pada lingkungan dan sumber daya yang ada disekitar, tetapi juga sebagai bentuk implementasi metode kontekstual yang sangat dibutuhkan untuk mendukung pembelajaran berbasis potensi sekitar.

Berdasarkan kondisi tersebut, inventarisasi keanekaragaman tumbuhan di lingkungan Universitas Nias menjadi penting untuk dilakukan sebagai langkah awal dalam mendokumentasikan flora lokal yang tersedia. Data yang diperoleh diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai jenis tumbuhan yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan praktikum dan sumber belajar pada mata kuliah Struktur dan Perkembangan Tumbuhan. Dengan demikian, pertanyaan penting yang muncul

adalah: bagaimana tingkat keanekaragaman tumbuhan yang terdapat di lingkungan Universitas Nias, dan sejauh mana potensi tumbuhan tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber belajar biologi yang kontekstual bagi mahasiswa? Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan sumber belajar berbasis lingkungan serta memperkuat pembelajaran botani yang lebih kontekstual dan aplikatif.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Desain dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain deskriptif eksploratif yang bertujuan untuk menginventarisasi keanekaragaman tumbuhan di lingkungan Universitas Nias serta mengidentifikasi potensinya sebagai bahan praktikum dan sumber belajar pada mata kuliah Struktur dan Perkembangan Tumbuhan (Huberman & Miles, 2002). Pendekatan yang digunakan adalah survei lapangan untuk memperoleh data primer mengenai jenis-jenis tumbuhan secara langsung di habitat alamnya (Mellinger & Hanson, 2021). Pendekatan ini memungkinkan pengamatan yang kontekstual dan memberikan gambaran nyata mengenai kondisi vegetasi di lingkungan kampus.

### B. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di lingkungan Universitas Nias yang mencakup area taman, halaman gedung, jalur hijau, serta area terbuka lainnya yang ditumbuhi vegetasi. Luas area pengamatan adalah 4.257,24 m<sup>2</sup>. Tanaman yang diamati adalah tanaman tingkat tinggi dan hidup serta tumbuh di area kampus. Pemilihan lokasi didasarkan pada keberagaman tumbuhan yang dapat diamati secara langsung sebagai sumber belajar potensial. Kegiatan penelitian berlangsung selama tiga bulan, yaitu pada periode Januari hingga April 2026.

### C. Teknik Pengumpulan dan Identifikasi Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung dengan metode jelajah (*exploration method*), yaitu menelusuri seluruh

area penelitian untuk menemukan dan mencatat jenis-jenis tumbuhan (Kusmana, 1997). Setiap tumbuhan yang ditemukan diamati secara sistematis dan didokumentasikan, dengan pencatatan karakter morfologi seperti habitus, bentuk daun, tipe batang, bunga, serta ciri lainnya yang relevan. Identifikasi spesies dilakukan menggunakan buku identifikasi botani, literatur taksonomi tumbuhan, serta perbandingan dengan basis data flora ilmiah untuk memastikan ketepatan nama ilmiah dan klasifikasinya.

D. Instrumen dan Pengolahan Data

Instrumen penelitian berupa lembar observasi inventarisasi tumbuhan digunakan untuk mencatat data penting, meliputi nama lokal, nama ilmiah, famili, tipe habitus (pohon, semak, perdu, atau herba), serta lokasi temuan. Selain itu, dokumentasi visual dilakukan menggunakan kamera digital untuk mendukung proses identifikasi dan verifikasi data. Data yang diperoleh kemudian diolah dengan cara mengelompokkan spesies berdasarkan klasifikasi taksonomi dan karakter morfologinya sehingga tersusun secara sistematis.

E. Analisis dan Penyajian Data

Data dianalisis menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dan kuantitatif sederhana. Analisis kualitatif digunakan untuk mendeskripsikan jenis dan karakter morfologi tumbuhan, sedangkan analisis kuantitatif sederhana digunakan untuk mengelompokkan tumbuhan berdasarkan famili, habitus, serta potensi pemanfaatannya sebagai bahan praktikum.

Hasil analisis dibandingkan dengan konsep dalam mata kuliah botani untuk menentukan relevansi sebagai sumber belajar. Data kemudian disajikan dalam bentuk tabel inventarisasi yang dilengkapi dengan deskripsi morfologi singkat tiap spesies, dan diinterpretasikan untuk menunjukkan tingkat keanekaragaman serta potensi pemanfaatannya dalam mendukung pembelajaran biologi berbasis lingkungan.

Berikut disajikan Tabel 1 yang memuat hasil inventarisasi tanaman area kampus yang digunakan sebagai sumber belajar bagi mahasiswa pendidikan biologi.

Tabel 1. Inventarisasi Spesies Tumbuhan dan Deskripsi Morfologi

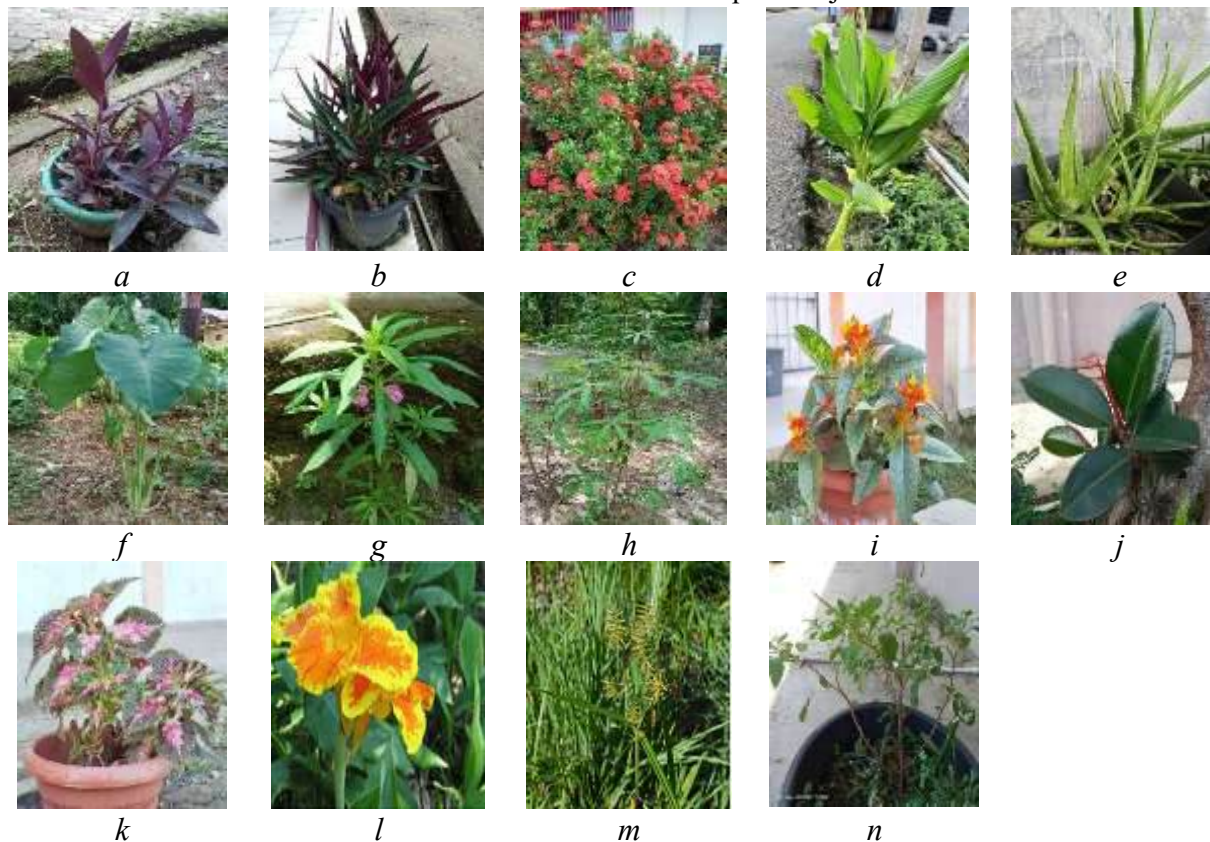
No.	Spesies	Famili	Habitus	Deskripsi Morfologi Singkat
1	<i>Tradescantia pallida</i>	Commelinaceae	Herba hias	Batang sukulen berwarna ungu, daun lanset memanjang berwarna ungu tua, bunga kecil berwarna merah muda hingga ungu.
2	<i>Tradescantia spathacea</i>	Commelinaceae	Herba hias	Daun tersusun roset, bagian atas hijau dan bawah ungu, bunga kecil putih terlindung oleh braktea berbentuk perahu.
3	<i>Ixora coccinea</i> L.	Rubiaceae	Perdu	Semak berkayu dengan daun hijau mengilap, bunga majemuk bergerombol berwarna merah, oranye, atau kuning.
4	<i>Curcuma longa</i> L.	Zingiberaceae	Herba rimpang	Memiliki rimpang kuning-oranye, daun lebar memanjang, bunga tersusun dalam bulir dengan braktea hijau keputihan.
5	<i>Aloe vera</i> (L.)	Asphodelaceae	Sukulen	Daun tebal berdaging, mengandung gel, tepi bergerigi kecil, tersusun dalam bentuk roset.
6	<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott	Araceae	Herba	Daun besar berbentuk perisai atau jantung, tangkai panjang, tumbuh dari umbi batang di dalam tanah.
7	<i>Impatiens balsamina</i> L.	Balsaminaceae	Herba semusim	Batang lunak berair, daun lanset bergerigi, bunga berwarna merah muda, putih, atau ungu.
8	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Euphorbiaceae	Perdu	Batang berkayu lunak, daun menjari 5–9 lobus, memiliki umbi akar sebagai cadangan makanan.
9	<i>Chrysothemis pulchella</i>	Gesneriaceae	Herba	Daun lebar berbulu dengan tepi bergerigi, bunga tabung berwarna kuning hingga jingga kemerahan.
10	<i>Ficus elastica</i>	Moraceae	Pohon kecil	Daun besar tebal mengilap, batang berkayu, menghasilkan getah putih (lateks).
11	<i>Coleus</i> sp.	Lamiaceae	Herba hias	Daun berwarna-warni dengan variasi hijau, merah, ungu, dan kuning; batang lunak bersegi.
12	<i>Canna indica</i> L.	Cannaceae	Herba	Daun lebar menyerupai pisang, bunga besar mencolok berwarna merah, kuning, atau oranye.

13	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae	Herba	Batang segitiga khas teki, daun sempit memanjang, memiliki umbi kecil pada akar.
14	<i>Amaranthus viridis</i> L.	Amaranthaceae	Herba	Batang tegak hijau, daun oval hingga lonjong, bunga kecil hijau tersusun dalam malai.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Inventarisasi tumbuhan yang dilakukan melalui metode jelajah di lingkungan Universitas Nias berhasil mengidentifikasi sejumlah spesies tumbuhan yang tersebar pada berbagai titik pengamatan, seperti taman, halaman gedung, dan

area terbuka. Berdasarkan hasil pengamatan dan identifikasi, diperoleh 14 spesies tumbuhan yang termasuk dalam 14 genus dan 12 famili. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun berada dalam lingkungan kampus, vegetasi yang ada memiliki variasi taksonomi yang cukup representatif untuk skala pembelajaran.



Gambar 1. (a) *Tradescantia pallida*; (b) *Tradescantia spathacea*; (c) *Ixora coccinea* L.; (d) *Curcuma longa* L.; (e) *Aloe vera* L.; (f) *Colocasia esculenta* (L.) Schott; (g) *Impatiens balsamina* L.; (h) *Manihot esculenta* Crantz; (i) *Chrysothemis pulchella*; (j) *Ficus elastica*; (k) *Coleus Sp*; (l) *Canna indica* L.; (m) *Cyperus rotundus* L.; (n) *Amaranthus viridis* L. (Sumber: Dokumentasi Peneliti)

Secara umum, tumbuhan yang ditemukan didominasi oleh kelompok Angiospermae, dengan distribusi kelas yang terdiri atas

Liliopsida (monokotil) dan Magnoliopsida (dikotil). Berikut Tabel 2 yang menampilkan klasifikasi dan habitus masing-masing tanaman.

Tabel 2. Inventarisasi Tumbuhan Berdasarkan Klasifikasi Taksonomi dan Habitus

No.	Nama Spesies	Kingdom	Divisi	Kelas	Ordo	Famili	Genus	Spesies	Habitus
1	<i>Tradescantia pallida</i>	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Commelinales	Commelinaceae	<i>Tradescantia</i>	<i>T. pallida</i>	Herba

2	<i>Tradescantia spathacea</i>	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Commelinales	Commelinaceae	<i>Tradescantia</i>	<i>T. spathacea</i>	Herba
3	<i>Ixora coccinea</i> L.	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Rubiales	Rubiaceae	<i>Ixora</i>	<i>I. coccinea</i>	Perdu
4	<i>Curcuma longa</i> L.	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Zingiberales	Zingiberaceae	<i>Curcuma</i>	<i>C. longa</i>	Herba
5	<i>Aloe vera</i> (L.)	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Asparagales	Asphodelaceae	<i>Aloe</i>	<i>A. vera</i>	Herba Sukulen
6	<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Arales	Araceae	<i>Colocasia</i>	<i>C. esculenta</i>	Herba
7	<i>Impatiens balsamina</i> L.	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Geraniales	Balsaminaceae	<i>Impatiens</i>	<i>I. balsamina</i>	Herba
8	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Euphorbiales	Euphorbiaceae	<i>Manihot</i>	<i>M. esculenta</i>	Perdu
9	<i>Chrysothemis pulchella</i>	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Scrophulariales	Gesneriaceae	<i>Chrysothemis</i>	<i>C. pulchella</i>	Herba
10	<i>Ficus elastica</i>	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Urticales	Moraceae	<i>Ficus</i>	<i>F. elastica</i>	Pohon
11	<i>Coleus</i> sp.	Plantae	Streptophyta	Equisetopsida	Lamiales	Lamiaceae	<i>Coleus</i>	<i>Coleus</i> sp.	Herba
12	<i>Canna indica</i> L.	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Zingiberales	Cannaceae	<i>Canna</i>	<i>C. indica</i>	Herba
13	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Cyperales	Cyperaceae	<i>Cyperus</i>	<i>C. rotundus</i>	Herba
14	<i>Amaranthus viridis</i> L.	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Caryophyllales	Amaranthaceae	<i>Amaranthus</i>	<i>A. viridis</i>	Herba

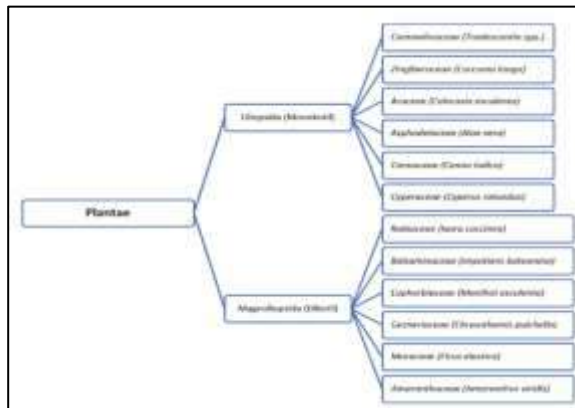
Komposisi ini menunjukkan keseimbangan relatif antara tumbuhan monokotil dan dikotil yang penting dalam pembelajaran konsep dasar botani.

Dari segi famili, ditemukan beberapa famili dengan lebih dari satu spesies, seperti *Commelinaceae* dan *Zingiberaceae*, sementara famili lainnya diwakili oleh satu spesies. Hal ini mengindikasikan adanya variasi tingkat keanekaragaman yang tidak merata, tetapi tetap mencerminkan keberadaan kelompok tumbuhan dengan ciri morfologi khas yang dapat diamati secara langsung.

Berdasarkan karakter morfologi dan tipe habitus, tumbuhan yang terinventarisasi dapat dikelompokkan menjadi herba, perdu, semak, dan pohon. Kelompok herba cenderung mendominasi, terutama pada area terbuka dan taman, sedangkan pohon seperti *Ficus elastica* ditemukan pada area tertentu yang memiliki ruang tumbuh lebih luas. Variasi habitus ini memperlihatkan bahwa metode observasi langsung yang digunakan mampu menjangkau berbagai tipe vegetasi yang berbeda dalam satu

kawasan penelitian.

Distribusi taksonomi merupakan gambaran penyebaran organisme berdasarkan klasifikasi ilmiahnya, mulai dari tingkat kingdom hingga spesies, yang mencerminkan keanekaragaman hayati dalam suatu wilayah atau kelompok studi tertentu (Padial & Riva, 2021). Analisis distribusi ini penting untuk memahami pola dominansi, kelimpahan relatif, serta hubungan kekerabatan antar taksa yang ditemukan. Selain itu, distribusi taksonomi juga memberikan dasar dalam menginterpretasikan kondisi ekologis, potensi adaptasi organisme, serta indikasi kualitas lingkungan. Oleh karena itu, penyajian distribusi taksonomi secara visual melalui gambar atau diagram menjadi langkah strategis untuk mempermudah interpretasi data dan menyoroti temuan utama secara ringkas dan informatif. Berikut diagram distribusi taksonomi tanaman yang ada di lingkungan Universitas Nias (lihat Gambar 2).



Gambar 2. Diagram distribusi taksonomi

Secara keseluruhan, hasil inventarisasi menunjukkan bahwa penerapan metode survei lapangan dengan teknik jelajah efektif dalam mengungkap keberadaan tumbuhan di

lingkungan kampus (Questad et al., 2022). Data yang diperoleh tidak hanya menggambarkan komposisi keanekaragaman tumbuhan, tetapi juga menunjukkan adanya variasi morfologi dan taksonomi yang cukup untuk mendukung kegiatan praktikum, khususnya dalam pengamatan struktur vegetatif dan klasifikasi tumbuhan. Temuan ini menegaskan bahwa lingkungan kampus memiliki potensi nyata sebagai sumber belajar biologi yang kontekstual.

Tanaman yang telah dikumpulkan dan dijadikan bahan praktikum dan sumber belajar memiliki tujuan dan manfaat masing-masing berdasarkan kegunaannya. Berikut Tabel 3 yang menampilkan nama tanaman dan potensi praktikumnya.

Tabel 3. Inventarisasi Tumbuhan dan Potensi Pemanfaatannya dalam Praktikum Botani

No.	Nama Lokal	Nama Ilmiah	Famili	Kelas	Habitus	Organ yang Dapat Diamati	Potensi Praktikum
1	Songsongkokan	<i>Tradescantia pallida</i>	Commelinaceae	Liliopsida	Herba	Akar, batang, daun, bunga	Morfologi vegetatif dan generatif tumbuhan monokotil
2	Nanas Kerang	<i>Tradescantia spathacea</i>	Commelinaceae	Liliopsida	Herba	Akar, batang, daun, bunga	Identifikasi monokotil dan adaptasi daun
3	Asoka	<i>Ixora coccinea</i> L.	Rubiaceae	Magnoliopsida	Perdu	Akar, batang, daun, bunga, buah	Morfologi bunga majemuk dan klasifikasi dikotil
4	Undre	<i>Curcuma longa</i> L.	Zingiberaceae	Liliopsida	Herba	Rimpang, akar, daun, bunga	Modifikasi batang (rimpang) dan tumbuhan obat
5	Lela Mbuaya	<i>Aloe vera</i> (L.)	Asphodelaceae	Liliopsida	Herba sukulen	Akar, daun, bunga	Adaptasi xerofit dan jaringan penyimpan air
6	Talō	<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott	Araceae	Liliopsida	Herba	Umbi, akar, batang, daun	Modifikasi batang dan morfologi daun monokotil
7	Lahine	<i>Impatiens balsamina</i> L.	Balsaminaceae	Magnoliopsida	Herba	Akar, batang, daun, bunga, buah	Struktur bunga dan mekanisme penyebaran biji
8	Gowirio	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Euphorbiaceae	Magnoliopsida	Perdu	Umbi akar, batang, daun, bunga	Modifikasi akar dan klasifikasi dikotil
9	Begonia	<i>Chrysothemis pulchella</i>	Gesneriaceae	Magnoliopsida	Herba	Akar, batang, daun, bunga	Identifikasi morfologi daun dan bunga
10	Gitō	<i>Ficus elastica</i>	Moraceae	Magnoliopsida	Pohon	Akar, batang, daun, buah	Morfologi pohon dan pengamatan getah (lateks)
11	Zari-zari	<i>Coleus</i> sp.	Lamiaceae	Equisetopsida	Herba	Akar, batang, daun, bunga	Variasi warna daun dan klasifikasi tumbuhan hias
12	Kana	<i>Canna indica</i> L.	Cannaceae	Liliopsida	Herba	Rimpang, batang, daun, bunga	Morfologi bunga dan identifikasi monokotil
13	So'i-soi	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae	Liliopsida	Herba	Umbi, akar, batang, daun, bunga	Identifikasi gulma dan morfologi batang segitiga
14	Hōwa	<i>Amaranthus viridis</i> L.	Amaranthaceae	Magnoliopsida	Herba	Akar, batang, daun, bunga, biji	Morfologi bunga dan perkecambahan biji

Hasil inventarisasi menunjukkan bahwa lingkungan kampus memiliki potensi yang baik sebagai sumber belajar pada mata kuliah Botani Tumbuhan Tinggi karena ditemukan 14 spesies tumbuhan yang berasal dari 12 famili dan 13 genus. Keberadaan tanaman ini memungkinkan mahasiswa mengamati secara langsung perbedaan karakter morfologi, seperti sistem perakaran, tipe tulang daun, dan pola percabangan batang. Selain itu, variasi habitus yang meliputi herba, herba sukulen, perdu, dan pohon memberikan peluang untuk mempelajari keragaman bentuk pertumbuhan tumbuhan. Organ yang dapat diamati juga cukup lengkap, mencakup akar, batang, daun, bunga, buah, biji, umbi, dan rimpang, sehingga mendukung berbagai kegiatan praktikum morfologi, klasifikasi, dan identifikasi tumbuhan.

Pemanfaatan flora kampus sebagai bahan praktikum memiliki sejumlah kelebihan, antara lain mudah diakses, tersedia sepanjang waktu, tidak memerlukan biaya pengadaan tambahan, serta mendukung pembelajaran kontekstual melalui pengamatan langsung pada objek nyata. Beberapa spesies, seperti *Curcuma longa*, *Manihot esculenta*, *Colocasia esculenta*, dan *Cyperus rotundus*, juga memungkinkan pengamatan modifikasi organ tumbuhan, sedangkan *Ixora coccinea*, *Impatiens balsamina*, dan *Canna indica* dapat digunakan untuk mempelajari struktur bunga. Meskipun demikian, inventarisasi ini masih memiliki keterbatasan karena jumlah spesies yang ditemukan relatif sedikit dan belum mewakili seluruh kelompok tumbuhan, seperti paku-pakuan, lumut, dan gymnospermae. Namun, dengan keberagaman taksonomi, variasi habitus, dan kelengkapan organ yang tersedia, 14 spesies yang ditemukan dapat dianggap cukup representatif untuk mendukung capaian pembelajaran dasar pada mata kuliah Botani Tumbuhan Tinggi, terutama

dalam penguasaan konsep klasifikasi, morfologi, dan identifikasi tumbuhan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa inventarisasi keanekaragaman tumbuhan di lingkungan Universitas Nias mampu memberikan gambaran nyata mengenai komposisi flora yang relevan dengan tujuan pembelajaran pada mata kuliah Struktur dan Perkembangan Tumbuhan. Secara teoretis, keanekaragaman tumbuhan merupakan indikator penting dalam memahami struktur ekosistem serta variasi morfologi yang menjadi dasar kajian botani (Coverdale & Davies, 2023). Temuan 14 spesies dari 12 famili memperlihatkan bahwa meskipun berada pada skala kawasan kampus, tingkat variasi taksonomi yang dihasilkan cukup representatif untuk mendukung pembelajaran berbasis observasi langsung. Hal ini sejalan dengan pandangan bahwa lingkungan kampus dapat berfungsi sebagai *living laboratory* yang menyediakan pengalaman belajar autentik (Rogers et al., 2023).

Dari sisi fokus penelitian, yaitu mengaitkan inventarisasi tumbuhan dengan potensi sebagai bahan praktikum, hasil menunjukkan adanya keterkaitan yang kuat antara variasi habitus (herba, semak, perdu, pohon) dengan kebutuhan pembelajaran morfologi tumbuhan. Dominasi tumbuhan herba, misalnya, memberikan kemudahan akses bagi mahasiswa dalam melakukan pengamatan langsung terhadap organ vegetatif seperti daun, batang, dan akar. Kondisi ini mendukung pembelajaran kontekstual yang selama ini dinilai kurang optimal karena terlalu bergantung pada media statis seperti gambar atau spesimen kering (Suhesti & Hadinoto, 2020b). Dengan demikian, hasil penelitian ini secara langsung menjawab tujuan penelitian, yaitu menunjukkan bahwa data inventarisasi tidak hanya bersifat deskriptif, tetapi juga aplikatif dalam pembelajaran.

Salah satu temuan yang relatif menarik adalah keseimbangan antara kelompok monokotil

(*Liliopsida*) dan dikotil (*Magnoliopsida*). Dalam banyak studi inventarisasi kampus, distribusi ini sering kali tidak seimbang karena dipengaruhi oleh pola penanaman atau kondisi lingkungan tertentu (Puspa et al., 2022). Namun, pada penelitian ini, komposisi yang relatif seimbang justru memberikan keuntungan pedagogis karena memungkinkan mahasiswa membandingkan karakteristik kedua kelompok secara langsung dalam satu lokasi. Hal ini menjadi pengalaman yang tidak selalu ditemukan dalam praktik pembelajaran konvensional. Temuan ini membuka ruang refleksi bahwa lingkungan kampus yang tampak sederhana ternyata menyimpan potensi pembelajaran yang lebih kaya dari yang diperkirakan sebelumnya.

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu, hasil ini menunjukkan kesamaan dalam hal metode (survei lapangan dan identifikasi morfologi) serta temuan bahwa kawasan kampus memiliki keanekaragaman tumbuhan yang cukup tinggi (Cruz et al., 2025; Puspa et al., 2022). Namun, perbedaan utama terletak pada fokus analisis. Penelitian sebelumnya cenderung menekankan aspek ekologis dan dokumentasi biodiversitas, sementara penelitian ini mengintegrasikan hasil inventarisasi dengan kebutuhan pembelajaran. Dengan demikian, posisi penelitian ini berada pada irisan antara kajian ekologi dan pendidikan biologi, yang memperkuat pendekatan kontekstual dalam pembelajaran botani.

Dari perspektif fenomena *plant blindness*, hasil penelitian ini juga memberikan kontribusi penting. Minimnya interaksi langsung dengan tumbuhan sering menyebabkan rendahnya kesadaran mahasiswa terhadap peran tumbuhan dalam ekosistem (Achurra, 2022; Parsley, 2020). Dengan adanya inventarisasi yang diintegrasikan ke dalam kegiatan praktikum, mahasiswa tidak hanya mengenal nama spesies, tetapi juga mengamati secara langsung variasi morfologi dan adaptasi tumbuhan. Hal ini berpotensi

meningkatkan *plant awareness* sebagaimana ditegaskan oleh Stagg dan Dillon (2022) bahwa keterlibatan langsung dengan tumbuhan dapat memperkuat relevansi pembelajaran.

Dalam hal generalisasi, hasil penelitian ini memiliki keterbatasan karena dilakukan pada satu lokasi dengan jumlah spesies yang relatif terbatas. Oleh karena itu, generalisasi temuan lebih tepat diterapkan pada konteks lingkungan kampus dengan karakteristik serupa, bukan pada skala ekosistem yang lebih luas. Meskipun demikian, pendekatan yang digunakan memiliki potensi untuk direplikasi di berbagai institusi pendidikan lain, sehingga kontribusinya lebih bersifat metodologis dan pedagogis daripada ekologis semata.

Keterbatasan penelitian ini antara lain belum menganalisis aspek kuantitatif keanekaragaman secara lebih mendalam (misalnya indeks keanekaragaman), serta belum menguji secara empiris efektivitas penggunaan hasil inventarisasi dalam meningkatkan hasil belajar mahasiswa. Selain itu, identifikasi masih berfokus pada karakter morfologi tanpa dukungan analisis molekuler yang dapat meningkatkan akurasi taksonomi.

Berdasarkan keterbatasan tersebut, penelitian selanjutnya direkomendasikan untuk: (1) mengembangkan modul atau panduan praktikum berbasis hasil inventarisasi tumbuhan lokal, (2) menguji pengaruh penggunaan sumber belajar berbasis lingkungan terhadap hasil belajar dan *plant awareness* mahasiswa, serta (3) memperluas cakupan inventarisasi dengan pendekatan kuantitatif dan teknologi identifikasi modern. Penelitian lanjutan juga dapat mengintegrasikan pendekatan pembelajaran inovatif seperti *project-based learning* yang terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan identifikasi morfologi tumbuhan (Murniati et al., 2025).

Secara keseluruhan, pembahasan ini menegaskan bahwa inventarisasi

keanekaragaman tumbuhan tidak hanya berkontribusi pada dokumentasi biodiversitas, tetapi juga memiliki nilai strategis dalam pengembangan pembelajaran biologi yang kontekstual, eksploratif, dan berbasis pengalaman langsung.

#### IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menegaskan pentingnya lingkungan kampus sebagai sumber belajar kontekstual dalam pembelajaran Struktur dan Perkembangan Tumbuhan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan inventarisasi tidak hanya berfungsi sebagai kegiatan ilmiah, tetapi juga mampu menghubungkan konsep teoretis dengan pengalaman empiris mahasiswa.

Penelitian mengidentifikasi 14 spesies tumbuhan yang termasuk dalam 14 genus dan 12 famili di lingkungan Universitas Nias. Flora yang ditemukan terdiri atas kelompok Liliopsida dan Magnoliopsida dengan habitus herba, semak, perdu, dan pohon. Keanekaragaman tersebut menunjukkan potensi lingkungan kampus sebagai sumber belajar kontekstual untuk pengamatan morfologi, klasifikasi, dan perbandingan karakter tumbuhan.

Studi ini memperkuat pembelajaran botani yang lebih autentik, meningkatkan kesadaran terhadap keberadaan tumbuhan, serta membuka peluang pengembangan bahan ajar berbasis potensi lokal. Oleh karena itu, pemanfaatan sumber daya lokal dan inovasi pembelajaran berbasis lingkungan perlu terus dikembangkan agar pembelajaran biologi menjadi lebih bermakna dan berkelanjutan.

#### DAFTAR PUSTAKA

Achurra, A. (2022). Plant blindness: A focus on its biological basis. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.963448>

Bakar, F., Avan, Ç., Şeker, F., & Aydinli, B. (2020). Plant and Animal Awareness in

Nature Education Perspectives: Where is Blindness? *International Electronic Journal of Environmental Education*, 10(2), 122–136.

Coverdale, T. C., & Davies, A. B. (2023). Unravelling the relationship between plant diversity and vegetation structural complexity: A review and theoretical framework. *Journal of Ecology*, 111(7), 1378–1395. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.14068>

Cruz, J. R., Giordano, A., & Waliczek, T. M. (2025). Developing a University Campus Tree Inventory and Determining the Value of the Campus Canopy through Student Service Learning. *HortTechnology*, 35(5), 687–698. <https://doi.org/10.21273/HORTECH05713-25>

Gondim, E., & Rondon, J. N. (2020). The Crucial Role of Photosynthesis in Sustaining Plant Life and Its Impact on the Global Ecosystem, Climate, And Human Survival. *Australian Herbal Insight*, 3(1), 1–5. <https://doi.org/10.25163/ahi.319925>

Hartono, A., Tanjung, I. F., & S, I. (2024). Identifikasi Keanekaragaman Tumbuhan Poaceae di Kampus II UIN Sumatra Utara. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 75–83. <https://doi.org/10.24002/biota.v9i1.4811>

Huberman, M., & Miles, M. B. (2002). *The qualitative researcher's companion*. Sage.

Jose, S. B., Wu, C., & Kamoun, S. (2019). Overcoming plant blindness in science, education, and society. *Plants, People, Planet*, 1(3), 169–172. <https://doi.org/10.1002/ppp3.51>

Jumrodah, J., Ikhwannor, M., Nuridah, & Sari, D. E. (2025). Keanekaragaman Tumbuhan Tingkat Tinggi Di Kawasan Kampus UIN Palangka Raya. *Biosfer: Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, 10(2), 200–211. <https://doi.org/10.23969/biosfer.v10i2.28611>

Khairani, A., & Chatri, M. (2026). Keanekaragaman Tumbuhan Angiospermae

- di Lingkungan Kampus FMIPA Universitas Negeri Padang. *Jurnal Biogenerasi*, 11(1), 168–170.  
<https://doi.org/10.30605/biogenerasi.v11i1.8092>
- Kusmana, C. (1997). *Metode survey vegetasi*. Pt. Penerbit Insitut Pertanian.
- Mellinger, C. D., & Hanson, T. A. (2021). Methodological considerations for survey research: Validity, reliability, and quantitative analysis. *Linguistica Antverpiensia, New Series – Themes in Translation Studies*, 19. <https://doi.org/10.52034/lanstts.v19i0.549>
- Mokodompit, R., Kandowangko, N. Y., & Hamidun, M. S. (2022). Keanekaragaman Tumbuhan di Kampus Universitas Negeri Gorontalo Kecamatan Tilong Kabila Kabupaten Bone Bolango. *Biosfer: Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, 7(1), 75–80. <https://doi.org/10.23969/biosfer.v7i1.5651>
- Murniati, N., Yennita, Y., Ha, D. T. O., & Riyanto, R. (2025). Enhancing students' information literacy through project-based learning: A mini-research on plant morphology identification. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 11(1), 378–387.  
<https://doi.org/10.22219/jpbi.v11i1.38918>
- Padial, J. M., & Riva, I. D. la. (2021). A paradigm shift in our view of species drives current trends in biological classification. *Biological Reviews*, 96(2), 731–751. <https://doi.org/10.1111/brv.12676>
- Parsley, K. M. (2020). Plant awareness disparity: A case for renaming plant blindness. *Plants, People, Planet*, 2(6), 598–601. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10153>
- Pramudita, Y., Karyaningsih, I., & Adhya, I. (2025). Identifikasi Hama dan Penyakit Tanaman di Lingkungan Kampus Universitas Kuningan. *Journal of Forestry and Environment*, 8(1), 42–54. <https://doi.org/10.25134/jacmc453>
- Puspa, V. R., Djufri, D., Hartini, S., & Rusdi, M. (2022). Plant Inventory of Campus Area at Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh. *BIOTIK: Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi Dan Kependidikan*, 10(2), 162. <https://doi.org/10.22373/biotik.v10i2.15110>
- Questad, E. J., Antill, M., Liu, N., Stavros, E. N., Townsend, P. A., Bonfield, S., & Schimel, D. (2022). A Camera-Based Method for Collecting Rapid Vegetation Data to Support Remote-Sensing Studies of Shrubland Biodiversity. *Remote Sensing*, 14(8), 1933. <https://doi.org/10.3390/rs14081933>
- Rahayu, S. M., & Syuhriatin, S. (2025). Keanekaragaman Tanaman Peneduh di Kampus Universitas Islam Al- Azhar sebagai Sumber Belajar Mahasiswa pada Mata Kuliah Taksonomi Tumbuhan. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi*, 142–155. <https://doi.org/10.33830/senologi.v1i1.5205>
- Rogers, S., Jeffery, A., Pringle, J., Law, A., Nobajas, A., Szkornik, K., Turner, A., Moolna, A., Davenward, B., & Hobson, L. (2023). Experiential and authentic learning in a Living Lab: the role of a campus-based Living Lab as a teaching and learning environment. *Journal of Learning Development in Higher Education*, (28). <https://doi.org/10.47408/jldhe.vi28.1020>
- Salamah, Z., Maryani, I., & Handayani, T. K. (2025). Preliminary Study Survey of Student Needs in Learning Plant Morphology towards a More Effective Learning Model. *Jurnal Bioedukatika*, 13(1), 01–13. <https://doi.org/10.26555/bioedukatika.v13i1.30773>
- Sari, D. N. R., Anitasari, S. D., & Uliyah, I. C. (2022). Potensi Keragaman Tumbuhan Bawah Di Lingkungan Kampus II Universitas PGRI Argopuro Jember. *BIOAPPHIRE: Jurnal Biologi Dan Diversitas*, 1(2), 53–60. <https://doi.org/10.31537/biosapphire.v1i2.688>

- Saro, J. M., Guzman, M. T., Ochavez, E. E., & Dano, C. O. (2023). Ethno-Learning Resources in Teaching Biology for Promoting Sustainability Education: A District-Wide Science Problem. *American Journal of Education and Technology*, 2(2), 1–9. <https://doi.org/10.54536/ajet.v2i2.1322>
- Stagg, B. C., & Dillon, J. (2022). Plant awareness is linked to plant relevance: A review of educational and ethnobiological literature (1998–2020). *Plants, People, Planet*, 4(6), 579–592. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10323>
- Stroud, S., Fennell, M., Mitchley, J., Lydon, S., Peacock, J., & Bacon, K. L. (2022). The botanical education extinction and the fall of plant awareness. *Ecology and Evolution*, 12(7). <https://doi.org/10.1002/ece3.9019>
- Suhesti, E., & Hadinoto, H. (2020a). Be Familiar with the Medicinal Plants in Campus Environment: Habitus, Usage, and Part Used. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 469(1), 012050. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/469/1/012050>
- Suhesti, E., & Hadinoto, H. (2020b). Pemanfaatan Hasil Hutan Bukan Kayu Sebagai Rempah Tambahan Pada Minuman Herbal Jahe Instan. *Wahana Forestra: Jurnal Kehutanan*. *Wahana Forestra: Jurnal Kehutanan*, 15(1), 48–59.
- Thomas, H., Ougham, H., & Sanders, D. (2022). Plant blindness and sustainability. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 23(1), 41–57. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-09-2020-0335>
- Zebua, N., & Zebua, E. N. K. (2025). Trends and Research Focus of Plant Awareness in Biology Learning: A Bibliometric Analysis. *Bioedusiana: Jurnal Pendidikan Biologi*, 10(1), 88–105. <https://doi.org/10.37058/bioed.v10i1.149>

## Enkapsulasi *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg Potensial Sebagai Kandidat PGPR dalam Matriks Natrium Alginat

Moh. Randy Putra Pratama Thalib<sup>1</sup>, Yuliana Retnowati<sup>2\*</sup>, Novri Youla Kandowanko<sup>3</sup>, Syam S. Kumaji<sup>4</sup>, Abubakar Sidik Katili<sup>5</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Biologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

<sup>3,5</sup>Program Studi Pendidikan Biologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

<sup>4</sup>Jurusan Ilmu Lingkungan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Gorontalo, Bone Bolango, Jl. Prof. BJ. Habibie, 96155, Indonesia

\*e-mail: [yuliana.retnowati@ung.ac.id](mailto:yuliana.retnowati@ung.ac.id)

### Abstrak

*Streptomyces* merupakan aktinomiset tanah yang berpotensi sebagai mikroba pemacu pertumbuhan tanaman dan agen biokontrol. Namun, keberhasilan aplikasinya di lapangan sering tidak konsisten akibat tekanan lingkungan dan rendahnya stabilitas formulasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis kemampuan matriks natrium alginat dan kalsium klorida dalam mempertahankan viabilitas inokulum *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg. Selain itu, penelitian ini mengevaluasi karakteristik fisik enkapsul melalui pengamatan morfologi SEM, pembengkakan, kehilangan massa, dan viabilitas inokulum terenkapsulasi di tanah steril. Inokulum diperoleh dari medium beras-jagung, kemudian disuspensikan dalam natrium alginat 2% (b/v) dan dienkapsulasi melalui gelasi ionik menggunakan CaCl<sub>2</sub> 0,1 M. Viabilitas inokulum dalam larutan alginat dan setelah enkapsulasi dianalisis menggunakan metode hitung cawan. Pengamatan pembengkakan dan kehilangan massa dilakukan pada tanah steril menggunakan kantong nilon. Hasil menunjukkan bahwa viabilitas inokulum dalam larutan alginat meningkat dari  $1,3 \times 10^7$  CFU/mL pada menit ke-0 menjadi  $4,5 \times 10^7$  CFU/mL pada menit ke-30, kemudian menurun menjadi  $4,5 \times 10^6$  CFU/mL pada menit ke-180. Viabilitas pasca-enkapsulasi mencapai  $2,5 \times 10^8$  CFU/g. Enkapsul menunjukkan pembengkakan awal sebesar 11,9% pada hari ke-3 dan kehilangan massa kumulatif sebesar 70,3% setelah empat minggu. Viabilitas inokulum terenkapsulasi di tanah meningkat dari  $4,7 \times 10^3$  menjadi  $7,6 \times 10^5$  CFU/g selama empat minggu. Hasil ini menunjukkan bahwa matriks natrium alginat-kalsium klorida mampu mempertahankan viabilitas inokulum dan mendukung pelepasan bertahap *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg di tanah steril.

**Kata Kunci**— biodegradasi; enkapsulasi; natrium alginat; *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg; viabilitas inokulum.

### Abstract

*Streptomyces* are soil-dwelling actinomycetes with considerable potential as plant growth-promoting microorganisms and biological control agents. However, their field performance is often inconsistent due to environmental stresses and the limited stability of microbial formulations. This study aimed to evaluate the ability of a sodium alginate–calcium chloride matrix to maintain the viability of *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg. In addition, the physical characteristics of the encapsulates were assessed through scanning electron microscopy (SEM), swelling behavior, mass loss, and the viability of encapsulated inoculum in sterile soil. The inoculum was produced on a rice–corn medium, suspended in 2% (w/v) sodium alginate solution, and encapsulated by ionic gelation using 0.1 M CaCl<sub>2</sub>. Inoculum viability in the alginate suspension and after encapsulation was determined using the plate count method. Swelling and mass loss analyses were conducted in sterile soil using nylon bags. The viability of the inoculum in the alginate suspension increased from  $1.3 \times 10^7$  CFU mL<sup>-1</sup> at 0 min to  $4.5 \times 10^7$  CFU mL<sup>-1</sup> after 30 min, followed by a decline to  $4.5 \times 10^6$  CFU mL<sup>-1</sup> at 180 min. Post-encapsulation viability reached  $2.5 \times 10^8$  CFU g<sup>-1</sup>. The encapsulates exhibited an initial swelling ratio of 11.9% on day 3 and a cumulative mass loss of 70.3% after four weeks. The viability of encapsulated inoculum in sterile soil increased from  $4.7 \times 10^3$  to  $7.6 \times 10^5$  CFU g<sup>-1</sup> over the four-week

incubation period. These findings demonstrate that the sodium alginate–calcium chloride matrix effectively preserves inoculum viability while facilitating the gradual release of *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg in sterile soil.

**Keywords:** biodegradation; encapsulation; natrium alginat; *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg; inoculum viability.

## I. PENDAHULUAN

*Streptomyces* merupakan kelompok aktinomiset tanah yang dikenal mampu menghasilkan metabolit sekunder, enzim, siderofor, dan senyawa lain yang berperan dalam peningkatan pertumbuhan tanaman serta ketahanan terhadap stres biotik maupun abiotik (Nazari *et al.*, 2023; Dow *et al.*, 2023). Sejumlah isolat aktinomiset dari ekosistem karst Gorontalo juga telah dilaporkan memiliki keragaman yang tinggi dan berpotensi sebagai sumber bioinokulan untuk pertanian, termasuk isolat yang berasosiasi dengan rizosfer dan berperan dalam perkecambahan serta pertumbuhan tanaman (Retnowati *et al.*, 2024a; Retnowati *et al.*, 2024b; Retnowati *et al.*, 2025c).

Pemanfaatan mikroba pemacu pertumbuhan tanaman memerlukan formulasi yang mampu mempertahankan viabilitas selama penyimpanan dan aplikasi di lapangan. Efektivitas bioinokulan sering menurun akibat kekeringan, salinitas, fluktuasi pH, kompetisi dengan mikrobiota asli, serta keterbatasan umur simpan sediaan (Saberri Riseh *et al.*, 2025). Oleh karena itu, pengembangan formulasi tidak hanya bertujuan membawa mikroba ke lingkungan target, tetapi juga membentuk matriks yang mampu melindungi inoculum dan melepaskannya secara bertahap setelah diaplikasikan (Bashan *et al.*, 2014; Vejan *et al.*, 2019).

Natrium alginat merupakan polisakarida anionik yang banyak digunakan dalam mikroenkapsulasi karena bersifat biokompatibel, mudah diproses, dan mampu membentuk hidrogel melalui gelasi ionik dengan ion kalsium. Ikatan silang antara  $\text{Ca}^{2+}$  dan blok guluronat

membentuk struktur *egg-box* yang menentukan kekuatan gel, porositas, kapasitas menahan air, dan laju difusi inoculum dari matriks (Cao *et al.*, 2020; Hu *et al.*, 2021). Formulasi berbasis alginat juga dilaporkan mampu mempertahankan viabilitas mikroba bermanfaat selama proses enkapsulasi, pengeringan, dan pelepasan di tanah atau rizosfer (Souza-Alonso *et al.*, 2021; Vassilev *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2023). Selain itu, enkapsul Ca-alginat diketahui mendukung pembengkakan, kehilangan massa bertahap, dan pelepasan bakteri secara gradual di tanah (Rojas-Padilla *et al.*, 2022).

Pada *Streptomyces*, strategi enkapsulasi menjadi penting karena propagulnya dapat berupa hifa vegetatif maupun spora yang memiliki ketahanan berbeda terhadap kondisi kering. Enkapsulasi berbasis alginat telah dilaporkan dapat mendukung viabilitas dan efektivitas pengendalian penyakit tanaman, tetapi performa matriks tetap dipengaruhi oleh komposisi polimer, kondisi pengeringan, serta dinamika pembengkakan dan erosi setelah kontak dengan tanah (Mancera-López *et al.*, 2023; Widyananda *et al.*, 2025). Ketahanan *Streptomyces* terhadap cekaman kekeringan di lingkungan tanah juga memperkuat pentingnya formulasi yang mampu menjaga propagul tetap viabel hingga fase pelepasan (Liu *et al.*, 2024).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini berfokus pada enkapsulasi *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg sebagai kandidat PGPR dalam matriks natrium alginat. Parameter yang diamati meliputi viabilitas inoculum selama kontak dengan larutan alginat, viabilitas pasca-enkapsulasi dan pengeringan, karakteristik fisik enkapsul berupa morfologi permukaan,

pembengkakan, kehilangan massa, serta viabilitas inokulum terenkapsulasi di tanah steril. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi dasar pengembangan formulasi *Streptomyces* berbasis alginat yang lebih stabil dan lebih relevan untuk aplikasi pertanian berkelanjutan

## II. METODE PENELITIAN

### A. Persiapan Inokulum dan Enkapsulasi

#### 1). Perbanyak Inokulum *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg

Isolat *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg diperoleh dari koleksi kultur Laboratorium Mikrobiologi. Medium perbanyak menggunakan campuran beras-jagung yang dicuci hingga bersih dan ditiriskan sampai tidak terdapat air yang menetes. Beras kemudian dikukus selama 10–15 menit hingga setengah matang dan didinginkan selama  $\pm 30$  menit untuk menurunkan kelembapan substrat. Sebanyak 100 g medium dimasukkan ke dalam kantong plastik tahan panas dan disterilisasi menggunakan autoklaf (HV-50, Hirayama) pada suhu  $121^{\circ}\text{C}$  selama 15 menit.

Setelah medium mencapai suhu ruang, inokulum *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg diinokulasikan secara aseptik ke dalam medium beras-jagung, kemudian dihomogenkan dan diinkubasi pada suhu  $37^{\circ}\text{C}$  selama  $4 \times 24$  jam (Adiyatama dkk., 2023). Biomassa hasil inkubasi dipisahkan dari substrat dengan suspensi menggunakan akuades steril. Suspensi kemudian diukur kerapatan selnya menggunakan spektrofotometer UV-Vis (UV-1800, Shimadzu) pada panjang gelombang 600 nm. Kultur dinyatakan mencapai fase sporulasi optimal apabila nilai  $\text{OD}_{600}$  mencapai  $1,0 \pm 0,1$  yang menunjukkan indikator kerapatan kultur (Kieser *et al.*, 2000).

Viabilitas inokulum diuji pada medium *Starch Casein Agar* (SCA) dengan metode plate count. Kerapatan inokulum yang diperoleh sebesar  $1,1$

$\times 10^8$  CFU/g dan digunakan sebagai sumber inokulum pada proses enkapsulasi.

#### 2). Persiapan Larutan Natrium Alginat

Larutan natrium alginat 2% (b/v) dibuat dengan melarutkan serbuk natrium alginat ke dalam akuades hangat bersuhu  $70^{\circ}\text{C}$ . Larutan dihomogenkan menggunakan magnetic stirrer (C-MAG HS 7, IKA) pada kecepatan 500 rpm selama dua jam hingga homogen dan tidak menggumpal. Larutan kemudian didinginkan hingga suhu  $\pm 40^{\circ}\text{C}$  dan disterilisasi menggunakan autoklaf (HV-50, Hirayama) pada suhu  $121^{\circ}\text{C}$  selama 15 menit.

#### 3). Uji Viabilitas Inokulum dalam Medium Natrium Alginat

Pengujian viabilitas inokulum dalam medium natrium alginat dilakukan dengan mengadaptasi metode Rojas-Padilla *et al.* (2022). Sebanyak 4 mL suspensi inokulum dari medium beras-jagung dengan kepadatan  $1,1 \times 10^8$  CFU/g dicampurkan ke dalam 21 mL larutan natrium alginat steril. Campuran diinkubasi pada suhu  $32^{\circ}\text{C}$  menggunakan shaker incubator (SI-300R, Jeio Tech) dengan kecepatan  $5 \times g$  selama 180 menit.

Pengambilan sampel dilakukan setiap interval 30 menit sebanyak 1 mL, kemudian ditumbuhkan pada medium SCA menggunakan metode plate count untuk menentukan viabilitas sel.

#### 4). Proses Enkapsulasi Menggunakan Kalsium Klorida

Proses enkapsulasi dilakukan berdasarkan metode Rojas-Padilla *et al.* (2022). Suspensi inokulum dicampurkan dengan larutan natrium alginat steril pada perbandingan 1:4 (v/v) dan dihomogenkan menggunakan *vortex mixer* (VXMNAL, Ohaus) selama  $\pm 30$  detik. Campuran kemudian diteteskan secara perlahan menggunakan *syringe catheter* tip 50 mL ke

dalam larutan  $\text{CaCl}_2$  0,1 M dari jarak  $\pm 2$  cm hingga terbentuk butiran enkapsul.

Enkapsul dibiarkan mengalami proses pengerasan (curing) dalam larutan  $\text{CaCl}_2$  selama 10 menit untuk memperoleh struktur kapsul yang stabil. Selanjutnya, enkapsul dipisahkan menggunakan saringan steril dan dibilas sebanyak dua kali menggunakan larutan  $\text{NaCl}$  0,85% steril untuk menghilangkan ion kalsium berlebih.

#### 5). Pengeringan Enkapsul

Enkapsul basah disusun secara merata di atas nampan stainless steel steril yang dilapisi kertas food grade, kemudian dikeringkan dalam oven konveksi (UN55, Memmert) pada suhu  $34^\circ\text{C}$  selama 24 jam mengacu pada metode Rojas-Padilla *et al.* (2022). Enkapsul kering disimpan dalam wadah steril tertutup rapat yang dilengkapi silika gel untuk menjaga kelembapan selama penyimpanan.

### B. Viabilitas Enkapsul *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg

Sebanyak 50 mg enkapsul dilarutkan ke dalam 15 mL buffer sitrat yang terdiri atas 55 mM natrium sitrat, 30 mM EDTA anhidrat, dan 150 mM  $\text{NaCl}$  dengan pH 8. Larutan dihomogenkan menggunakan *vortex mixer* (VXMNAL, Ohaus) selama  $\pm 30$  menit hingga enkapsul larut sempurna. Suspensi kemudian disentrifugasi menggunakan *centrifuge* (5804R, Eppendorf) pada kecepatan  $7871 \times g$  selama 10 menit.

Supernatan dibuang dan endapan sel disuspensikan kembali dalam 1 mL larutan  $\text{NaCl}$  0,85% steril. Penentuan jumlah unit pembentuk koloni dilakukan melalui pengenceran berseri dan metode *plate count* pada medium SCA. Seluruh pengujian dilakukan dalam dua ulangan (*duplo*) (Galaviz *et al.*, 2018).

### C. Karakteristik Fisik Enkapsul Alginat

#### 1). Pengamatan Morfologi Enkapsul Alginat

Karakteristik morfologi permukaan enkapsul diamati menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) (JSM-6510LA, JEOL). Pengamatan dilakukan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) Universitas Gadjah Mada untuk mengevaluasi bentuk fisik, tekstur permukaan, dan kestabilan struktur enkapsul.

#### 2). Uji Pembengkakan Enkapsul

Tanah kebun yang digunakan sebagai media pengujian disterilisasi menggunakan autoklaf (HV-50, Hirayama) sebanyak lima kali pada suhu  $121^\circ\text{C}$  dan tekanan 15 psi selama satu jam. Sebanyak 1 g enkapsul dimasukkan ke dalam kantong nilon dan ditimbang sebagai berat awal ( $W_d$ ). Kantong kemudian dikubur di dalam 100 g tanah steril yang ditempatkan pada wadah hermetik steril. Sterilisasi wadah dilakukan menggunakan etanol 70% (v/v) dan penyinaran UV selama satu jam selama tiga hari berturut-turut.

Tanah dijenuhkan menggunakan akuades steril dan diinkubasi dalam ruang pertumbuhan. Setelah 3 hari hingga 1 minggu, kantong nilon diangkat, dibersihkan dari sisa tanah, dikeringkan, dan ditimbang kembali sebagai berat akhir ( $W_t$ ).

Rasio pembengkakan dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{SR}(\%) = \frac{W_t - W_d}{W_d} \times 100$$

Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali ulangan.

#### 3). Uji Kehilangan Massa Enkapsul dalam Tanah Steril (Biodegradasi)

Tanah kebun steril sebanyak 250 g dimasukkan ke dalam wadah kedap udara steril. Sebanyak 1 g enkapsul dimasukkan ke dalam kantong nilon berukuran  $2,5 \times 1$  cm dengan

ukuran pori  $\pm 50 \mu\text{m}$  dan dikubur sedalam 5 cm di bawah permukaan tanah. Kondisi kelembapan tanah dipertahankan sedikit di bawah jenuh air ( $\sim 35\%$ ) dengan penambahan akuades steril sesuai kebutuhan.

Berat awal enkapsul dicatat sebelum inkubasi. Pengamatan biodegradasi dilakukan setiap minggu selama 30 hari dengan mengukur perubahan berat enkapsul. Pada akhir pengamatan, enkapsul diamati menggunakan mikroskop stereoskopis untuk mengevaluasi perubahan struktur fisik. Seluruh pengujian dilakukan dalam tiga kali ulangan (Rojas-Padilla *et al.*, 2022).

#### **D. Viabilitas *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg Terenkapsulasi di Dalam Tanah**

Pengujian viabilitas *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg di dalam tanah dilakukan menggunakan metode *plate count*. Tanah kebun disterilisasi menggunakan autoklaf (HV-50, Hirayama) sebanyak lima kali pada suhu  $121^\circ\text{C}$  dan tekanan 15 psi selama satu jam.

Sebanyak 1 g enkapsul dimasukkan ke dalam kantong nilon berukuran  $2,5 \times 1 \text{ cm}$  dan dikubur dalam tanah steril selama 30 hari. Pengamatan populasi *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg dilakukan setiap tujuh hari. Sampel tanah sebanyak 1 g diencerkan secara berseri hingga pengenceran  $10^{-7}$ , kemudian diinokulasikan pada medium SCA dan diinkubasi pada suhu  $37^\circ\text{C}$  selama tujuh hari (Rojas-Padilla *et al.*, 2022). Data viabilitas dianalisis secara deskriptif berdasarkan jumlah koloni yang tumbuh dan dinyatakan dalam satuan CFU/g tanah.

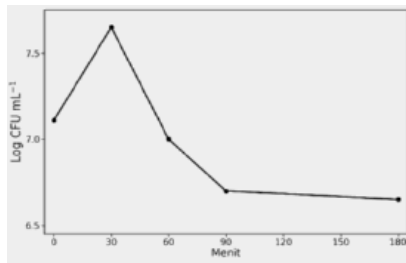
### **III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Viabilitas Inokulum *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg dalam Larutan Natrium Alginat**

Viabilitas inokulum *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg dalam larutan natrium alginat 2% menunjukkan peningkatan jumlah sel hidup pada menit ke 0 sampai dengan 30 menit inkubasi, kemudian mengalami penurunan sampai dengan waktu inkubasi 180 menit (Gambar 1). Kondisi tersebut sejalan dengan Rojas-Padilla *et al.* (2022), yaitu matriks alginat masih kompatibel pada tahap awal formulasi, tetapi kontak yang terlalu lama tidak lagi mendukung stabilitas fisiologis inokulum. Pola ini menunjukkan bahwa larutan natrium alginat masih kompatibel pada tahap awal formulasi, tetapi kontak yang terlalu lama tidak lagi mendukung stabilitas fisiologis inokulum. Peningkatan viabilitas pada 30 menit pertama kemungkinan berkaitan dengan rehidrasi propagul dan kondisi mikro yang masih cukup sesuai untuk mempertahankan kemampuan membentuk koloni. Natrium alginat bersifat hidrofilik dan mampu mempertahankan kelembapan lokal, sehingga rehidrasi awal dapat berlangsung lebih terkendali. Namun, natrium alginat bukan medium pertumbuhan, sehingga penurunan viabilitas setelah 30 menit menunjukkan bahwa waktu kontak dengan polimer sebaiknya dibuat sesingkat mungkin sebelum proses gelasi dilakukan.

Nilai viabilitas yang menurun setelah 30 menit menegaskan bahwa natrium alginat berperan sebagai matriks pelindung, bukan sebagai substrat nutrisi. Peningkatan viskositas, keterbatasan difusi oksigen, dan ketiadaan nutrisi kompleks dalam larutan dapat menurunkan kesiapan fisiologis propagul untuk berkecambah dan membentuk koloni setelah paparan yang lebih lama. Temuan ini sejalan dengan laporan Rodrigues *et al.* (2011) yang menunjukkan bahwa viabilitas mikroorganisme dapat menurun apabila waktu kontak dengan polimer berlangsung terlalu lama. Dengan demikian, penggunaan natrium alginat 2% layak dipertahankan sebagai matriks formulasi, tetapi

proses pencampuran sebelum gelas perlu dioptimalkan agar paparan terhadap larutan tidak terlalu panjang.



Gambar 1. Viabilitas inokulum *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg selama inkubasi dalam larutan natrium alginat.

### B. Viabilitas *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg Pasca-Enkapsulasi

Inokulum yang terenkapsulasi setelah pengeringan menunjukkan viabilitas yang relatif sama dengan populasi awal proses enkapsulasi. Hasil uji viabilitas terdeteksi sebesar  $2,5 \times 10^8$  CFU/g dari populasi awal enkapsulasi  $1,1 \times 10^8$  CFU/g. Nilai ini menunjukkan bahwa matriks natrium alginat masih mampu mempertahankan viabilitas inokulum *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg setelah proses gelas dengan kalsium klorida dan pengeringan pada suhu rendah. Hasil tersebut menegaskan bahwa proses enkapsulasi tidak menimbulkan penurunan viabilitas yang drastis, sehingga matriks alginat layak digunakan sebagai pelindung inokulum selama formulasi.

Namun, nilai viabilitas pasca-enkapsulasi perlu ditafsirkan secara hati-hati karena perbedaan basis satuan antara populasi awal dan hasil pasca-enkapsulasi. Populasi awal dinyatakan dalam CFU/g bahan sumber, sedangkan hasil pasca-enkapsulasi dinyatakan dalam CFU/g kapsul. Oleh karena itu, angka tersebut tidak dapat langsung dibaca sebagai peningkatan biologis murni. Secara biologis, hasil ini lebih tepat diartikan sebagai keberhasilan matriks alginat dalam mempertahankan sel tetap viable selama proses pembentukan kapsul dan pengeringan.

*Streptomyces* merupakan aktinomiset filamen yang membentuk hifa vegetatif dan spora. Hifa vegetatif cenderung lebih peka terhadap kehilangan air karena masih mempertahankan aktivitas metabolik, sedangkan spora berada pada keadaan dorman, memiliki kadar air intraseluler yang lebih rendah, dan dibekali komponen pelindung seperti trehalosa yang mendukung ketahanan terhadap pengeringan (Bobek *et al.* 2017). Bobek *et al.* (2017), McBride dan Ensign (1987), serta Kieser *et al.* (2000) menjelaskan bahwa spora *Streptomyces* merupakan bentuk propagul yang dirancang untuk bertahan pada kondisi tidak menguntungkan dan kembali aktif ketika lingkungan mendukung. Berdasarkan karakter tersebut, fraksi inokulum yang paling mungkin tetap dominan viabel setelah pengeringan adalah spora atau propagul yang kaya spora, sedangkan hifa vegetatif diduga lebih rentan kehilangan viabilitas.

Peran matriks natrium alginat juga penting untuk menjelaskan keberlangsungan hidup inokulum. Natrium alginat memiliki gugus karboksilat yang mudah membentuk jaringan hidrogel setelah berikatan silang dengan ion  $\text{Ca}^{2+}$ , sehingga gel terbentuk pada kondisi ringan tanpa panas tinggi dan tanpa pelarut organik yang merusak sel (Cao *et al.*, 2020; Hu *et al.*, 2021). Jaringan hidrogel ini mampu menahan air di sekitar inokulum dan menurunkan laju perubahan osmotik yang terlalu mendadak. Kalsium klorida tidak berfungsi sebagai bahan pembawa tersendiri, tetapi sebagai sumber ion kalsium yang menstabilkan matriks natrium alginat melalui ikatan silang, sehingga lingkungan mikro di sekitar inokulum menjadi lebih protektif selama proses pembentukan kapsul (Vassilev *et al.*, 2020; Rojas-Padilla *et al.*, 2022).

Tekanan pengeringan tetap menjadi faktor kritis karena penurunan kadar air dapat menyebabkan kerusakan membran dan penurunan kemampuan berkecambah. Viabilitas

yang masih terdeteksi setelah pengeringan menunjukkan adanya interaksi antara sifat fisiologis propagul *Streptomyces* dan sifat protektif matriks alginat. Mancera-López *et al.* (2023) melaporkan bahwa formulasi polimerik dapat mempertahankan viabilitas miselium *Streptomyces* yang tahan dehidrasi, sedangkan Liu *et al.* (2024) menegaskan bahwa *Streptomyces* merupakan kelompok yang adaptif terhadap cekaman kekeringan di lingkungan tanah. Temuan ini menunjukkan bahwa natrium alginat berperan sebagai matriks yang mempertahankan viabilitas inokulum selama formulasi.

### C. Karakteristik Fisik Enkapsul *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg

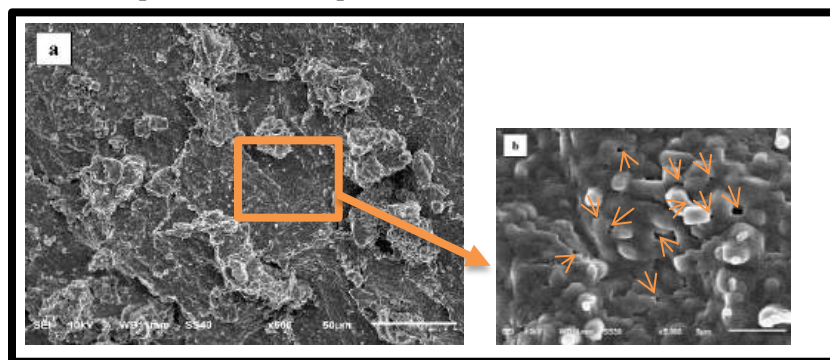
Karakteristik fisik enkapsul diamati berdasar parameter morfologi permukaan enkapsul, pembengkakan, dan biodegradasi selama kontak langsung dengan tanah.

#### 1). Morfologi permukaan dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Hasil pengamatan morfologi permukaan enkapsul menggunakan SEM perbesaran 500x menunjukkan bahwa permukaan enkapsul tidak

homogen dan tersusun atas tekstur kasar, lekukan, serta pori-pori berukuran mikrometer. Morfologi enkapsul pada perbesaran 5000 kali menunjukkan permukaan matriks yang berlipat dan tidak rata, sedangkan gambar pada perbesaran lebih tinggi memperlihatkan agregat partikel yang diduga sebagai inokulum yang terimobilisasi pada permukaan matriks (Gambar 2).

Morfologi enkapsul tersebut konsisten dengan terbentuknya jaringan natrium alginat melalui ikatan silang ionik yang kemudian mengalami penyusutan selama pengeringan. Pori dan lipatan yang terbentuk dapat menjadi jalur masuk air pada fase imbibisi awal, lalu memudahkan difusi inokulum ketika jaringan mulai melonggar. Tekstur yang masih kompak tanpa retakan besar juga menunjukkan bahwa kapsul masih memiliki integritas yang cukup untuk memberikan proteksi awal terhadap inokulum sebelum pelepasan bertahap berlangsung (Cao *et al.*, 2020; Vargas *et al.*, 2018). Dengan demikian, hasil SEM mendukung kemungkinan bahwa struktur enkapsul berperan dalam mempertahankan inokulum sekaligus memfasilitasi difusi air pada tahap awal kontak dengan tanah.

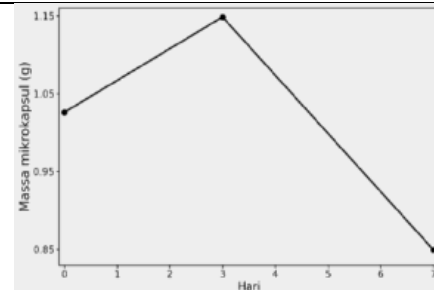


Gambar 2. Morfologi matriks alginat yang mengandung *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg. (a) Perbesaran 500× menunjukkan permukaan enkapsul yang kasar dan berpori. (b) Perbesaran 5000× memperlihatkan agregat partikel yang diduga sebagai inokulum terimobilisasi pada permukaan matriks.

## 2). Pembengkakan kapsul dalam tanah steril

Hasil pengamatan terhadap kemampuan pembengkakan kapsul *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg menggunakan natrium alginat dan kalsium klorida setelah kontak langsung dengan tanah menunjukkan terjadi peningkatan berat kapsul dari 1,0262 g pada hari ke-0 menjadi 1,1486 g pada hari ke-3, namun mengalami penurunan menjadi 0,8494 g pada hari ke-7 (Gambar 3). Kenaikan berat kapsul pada hari ke-3 setara dengan pembengkakan awal sebesar 11,9% diduga karena adanya imbibisi air dari lingkungan tanah ke dalam matriks alginat. Hal tersebut didukung dengan karakter morfologi kapsul yang berpori sehingga memungkinkan terjadinya imbibisi air dari lingkungan tanah. Pembengkakan awal terjadi ketika air berdifusi ke dalam jaringan hidrogel, memperbesar jarak antar rantai polimer dan membuka jalur difusi dari bagian dalam kapsul (Abka-khajouei *et al.*, 2022).

Penurunan berat kapsul pada hari ke-7 menunjukkan bahwa fase imbibisi tidak berlangsung stabil, tetapi diikuti pelonggaran jaringan gel dan mulai terlepasnya sebagian komponen matriks. Pola tersebut sesuai dengan sifat hidrogel alginat yang menyerap air pada tahap awal, kemudian mengalami relaksasi struktur ketika kontak dengan lingkungan lembap berlanjut (Hu *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2023). Pelonggaran struktur gel juga berkaitan dengan karakter ionik matriks Ca-alginat. Keberadaan air dan ion-ion di lingkungan tanah memicu pertukaran ion  $\text{Ca}^{2+}$  dengan ion lain di sekitarnya, sehingga sebagian titik ikat pada jaringan gel melemah. Penurunan derajat ikatan silang menyebabkan matriks menjadi lebih lunak, lebih permeabel, dan lebih rentan mengalami disintegrasi bertahap. Kondisi ini menunjukkan bahwa pembengkakan bukan hanya perubahan berat sesaat, melainkan fase awal yang mengawali proses degradasi matriks secara fisikokimia (Cao *et al.*, 2020; Hu *et al.*, 2021).



Gambar 3. Perubahan massa kapsul pada uji pembengkakan dalam tanah steril.

## 3). Kehilangan massa kapsul dalam tanah steril

Hasil pengukuran kehilangan massa kapsul *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg selama kontak dengan tanah menunjukkan penurunan berat kapsul dari 1,01 g pada minggu ke-0 menjadi 0,30 g pada minggu ke-4 (Gambar 4). Hal tersebut menunjukkan hilangnya berat kapsul sebesar 70,3 % selama 4 minggu di dalam tanah. Penurunan berat kapsul selama penyimpanan dalam tanah diduga sebagai akibat pembengkakan awal karena adanya imbibisi air, pertukaran ion  $\text{Ca}^{2+}$  pada matriks dengan ion di lingkungan, pelindian fraksi polimer yang larut, sehingga menyebabkan peluruhan fisik jaringan hidrogel selama penyimpanan dalam tanah lembap. Hal tersebut sesuai dengan sifat alginat sebagai hidrogel yang dapat menyerap air, melonggar, lalu kehilangan massa secara bertahap meskipun tanpa keterlibatan komunitas mikroba aktif (Hu *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2023; Vargas *et al.*, 2018).

Hasil pengukuran kehilangan massa kapsul *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg berkaitan langsung dengan data pembengkakan yang diperoleh sebelumnya. Penyerapan air pada fase awal menyebabkan jaringan hidrogel mengembang dan jarak antar rantai polimer meningkat. Struktur yang semakin longgar kemudian memudahkan terjadinya pelindian fraksi polimer yang lebih larut, menurunkan kekompakan matriks, dan mempercepat erosi bertahap kapsul. Urutan proses ini menunjukkan adanya keterkaitan

antarparameter, yaitu pembengkakan berperan sebagai tahap awal yang memfasilitasi biodegradasi, sedangkan biodegradasi merepresentasikan kelanjutan perubahan struktur dalam bentuk kehilangan massa enkapsul.

Penurunan massa lebih rasional dijelaskan sebagai hasil proses non-biologis, yaitu penyerapan air oleh matriks hidrogel, peningkatan jarak antar rantai polimer, pertukaran ion  $\text{Ca}^{2+}$  dengan ion di lingkungan, pelonggaran jaringan gel, dan erosi fisik matriks alginat secara bertahap. Lingkungan tanah steril tetap menyediakan kelembapan, ion terlarut, dan tekanan fisik yang cukup untuk memicu perubahan struktur tersebut meskipun tanpa keterlibatan komunitas mikroba aktif. Penjelasan ini sejalan dengan laporan bahwa Ca-alginat dapat mengalami pelemahan struktur dan kehilangan massa dalam lingkungan berair akibat proses fisikokimia, terutama ketika stabilitas ikatan silang ioniknya menurun (Hu *et al.*, 2021; Vargas *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2023).

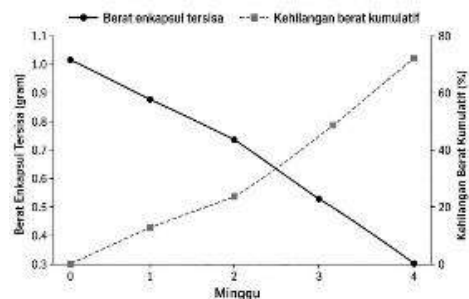
Hasil pengukuran biodegradasi menunjukkan bahwa berat enkapsul *Streptomyces* menurun dari 1,01 g pada minggu ke-0 menjadi 0,30 g pada minggu ke-4, sehingga terjadi kehilangan massa sebesar 70,3% selama penyimpanan di dalam tanah. Penurunan berat ini diduga berlangsung melalui beberapa tahapan fisikokimia pada matriks Ca-alginat. Pada tahap awal, enkapsul mengalami pembengkakan akibat imbibisi air dari lingkungan tanah ke dalam jaringan hidrogel. Hal ini sejalan dengan sifat alginat sebagai polisakarida hidrofilik yang mampu membentuk hidrogel, menyerap air, dan mengalami swelling karena hidrasi gugus karboksilat dan hidroksil dalam matriksnya. Ketika air masuk ke jaringan gel, jarak antar rantai polimer meningkat, pori matriks menjadi lebih terbuka, dan struktur gel menjadi lebih longgar (Abka-khajouei *et al.*, 2022 ; Malektaj *et al.*, 2023).

Setelah fase pembengkakan awal, kestabilan jaringan mulai menurun akibat

pertukaran ion  $\text{Ca}^{2+}$  yang berperan sebagai ikatan silang dengan ion-ion di lingkungan tanah. Pada gel alginat,  $\text{Ca}^{2+}$  berikatan dengan gugus karboksilat terutama pada blok guluronat membentuk struktur “egg-box”, namun ikatan ionik ini dapat melemah dalam lingkungan berair yang mengandung proton maupun ion terlarut lainnya. Pertukaran ion tersebut menyebabkan sebagian ikatan silang putus, kerapatan jaringan menurun, dan struktur gel mengalami pelemahan bertahap (Abka-khajouei *et al.*, 2022 ; Malektaj *et al.*, 2023).

Pelemahan ikatan silang meningkatkan permeabilitas dan mesh size matriks, sehingga mempermudah pelindian fraksi polimer dan fragmen rantai keluar dari jaringan hidrogel. Gel alginat yang berpori memungkinkan difusi molekul kecil, dan penurunan densitas cross-link akan semakin mempercepat proses tersebut. Pemutusan rantai polimer selama degradasi juga menyebabkan penurunan sifat mekanik dan pelepasan material dari matriks, sehingga berkontribusi terhadap kehilangan massa enkapsul selama penyimpanan dalam tanah lembap (Manaila *et al.*, 2025 ; Campbell, *et al.*, 2018).

Selain pelindian, penurunan berat enkapsul juga dipercepat oleh peluruhan fisik hidrogel, seperti syneresis dan erosi bertahap. Air yang terperangkap dalam matriks dapat keluar saat gel berkontraksi, sementara perubahan kelembapan, pH, dan kondisi ionik memicu biodeterioration yang menurunkan integritas material (Manaila *et al.*, 2025).



Gambar 4. Penurunan massa enkapsul selama uji biodegradasi dalam tanah steril

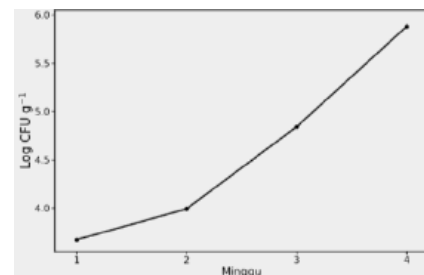
#### D. Viabilitas Pelepasan *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg dari Enkapsul ke Tanah

Hasil pengamatan viabilitas *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg terenkapsulasi setelah 4 minggu di dalam tanah menunjukkan adanya peningkatan jumlah populasi dari  $4,7 \times 10^3$  CFU/g pada minggu pertama menjadi  $9,8 \times 10^3$  CFU/g pada minggu kedua,  $6,9 \times 10^4$  CFU/g pada minggu ketiga, dan  $7,6 \times 10^5$  CFU/g pada minggu keempat (Gambar 5). Pola ini menunjukkan bahwa sistem enkapsulasi tidak melepaskan inokulum secara serentak, melainkan melalui pelepasan bertahap di lingkungan tanah. Kenaikan populasi yang semakin nyata pada minggu ketiga dan keempat selaras dengan hasil pembengkakan dan kehilangan massa matriks. Air yang telah masuk ke dalam jaringan gel melonggarkan struktur Ca-alginat, sedangkan erosi bertahap memperbesar peluang keluarnya inokulum dari enkapsul. Hal tersebut sejalan dengan Rojas-Padilla *et al.* (2022) yang melaporkan bahwa bacillus strains yang dienkapsulasi menggunakan natrium alginat dan  $\text{CaCl}_2$  mengalami pelepasan inokulum ke dalam tanah secara bertahap selama 4 minggu pengamatan.

Kenaikan populasi yang makin nyata pada minggu ketiga dan keempat selaras dengan hasil pembengkakan dan biodegradasi. Air yang telah masuk ke dalam matriks melonggarkan jaringan Ca-alginat, sementara erosi bertahap memperbesar peluang keluarnya inokulum dari kapsul. Hubungan antarparameter ini menunjukkan bahwa pembengkakan dan penurunan massa matriks berkontribusi pada pelepasan inokulum secara gradual, bukan sekaligus (Rojas-Padilla *et al.*, 2022; Wang *et al.*, 2023).

Peningkatan jumlah CFU/g di tanah pada setiap waktu pengamatan tidak hanya dapat dijelaskan sebagai hasil pelepasan inokulum dari enkapsul, tetapi juga sebagai akibat kemampuan

inokulum untuk bertahan dan berkembang di dalam tanah steril dengan memanfaatkan nutrisi yang tersedia. Tanah merupakan media tumbuh yang memungkinkan *Streptomyces* beradaptasi karena menyediakan bahan organik dan unsur mineral dasar (Vurukonda *et al.*, 2018). Kondisi tanah uji yang bebas dari mikroba juga mendukung untuk pertumbuhan inokulum karena ketiadaan kompetitor mikroba memberi ruang kolonisasi yang lebih besar. Nazari *et al.* (2023) dan Liu *et al.* (2024) menjelaskan bahwa *Streptomyces* merupakan aktinomiset tanah yang adaptif terhadap kondisi kering dan mampu kembali aktif ketika kelembapan serta sumber nutrisi tersedia. Data penelitian ini lebih tepat ditafsirkan sebagai gabungan antara pelepasan bertahap dari matriks natrium alginat dan penetapan populasi setelah inokulum berhasil dilepas ke tanah.



Gambar 5. Viabilitas pelepasan dan penetapan *Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg dari enkapsul ke tanah steril

#### IV. KESIMPULAN

*Streptomyces enissocaesilis* strain RFZm-Pg dapat dienkapsulasi dalam natrium alginat melalui gelas ionik kalsium klorida dan tetap mempertahankan viabilitas setelah proses Natrium alginat berfungsi sebagai matriks yang membantu formulasi. pengikat silang yang membentuk matriks gel alginat sehingga menciptakan lingkungan pelindung bagi sel mempertahankan viabilitas inokulum selama pencampuran, gelasi, dan pengeringan, sekaligus mendukung pembengkakan, biodegradasi bertahap, dan pelepasan inokulum di tanah steril. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa natrium alginat dan kalsium lorida layak dikembangkan sebagai matriks enkapsulasi *Streptomyces* untuk aplikasi pertanian berkelanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiyatama, M. D., Mariana, M., & Budi, I. S. (2023). Uji lapang aplikasi *Trichoderma* sp. dan PGPR dalam menekan kejadian penyakit antraknosa pada cabai rawit hiyung. *Jurnal Proteksi Tanaman Tropika*, 6(3), 700–707. <https://doi.org/10.20527/jptt.v6i3.2165>
- Abka-khajouei, R., Tounsi, L., Shahabi, N., Patel, A. K., Abdelkafi, S., & Michaud, P. (2022). Structures, properties and applications of alginats. *Marine Drugs*, 20(6), 364. <https://doi.org/10.3390/md20060364>
- Barzkar, N., Sheng, R., Sohail, M., Jahromi, S. T., Babich, O., Sukhikh, S., & Nahavandi, R. (2022). Alginat lyases from marine bacteria: An enzyme ocean for sustainable future. *Molecules*, 27(11), 3375. <https://doi.org/10.3390/molecules27113375>
- Bashan, Y., de-Bashan, L. E., Prabhu, S. R., & Hernandez, J. P. (2014). Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: Formulations and practical perspectives (1998–2013). *Plant and Soil*, 378, 1–33.
- Bobek, J., Šmídová, K., & Čihák, M. (2017). A waking review: Old and novel insights into spore germination in *Streptomyces*. *Frontiers in Microbiology*, 8, 2205. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02205>
- Campbell, K. T., Stilhano, R. S., & Silva, E. A. (2018). Enzymatically degradable alginat hydrogel systems to deliver endothelial progenitor cells for potential revascularization applications. *Biomaterials*, 179, 109–121. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2018.06.038>
- Cao, L., Lu, W., Mata, A., Nishinari, K., & Fang, Y. (2020). Egg-box model-based gelation of alginat and pectin: A review. *Carbohydrate Polymers*, 242, 116389. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116389>
- Dow, L., Gallart, M., Ramarajan, M., Law, S. R., & Thatcher, L. F. (2023). *Streptomyces* and their specialised metabolites for phytopathogen control – Comparative in vitro and in planta metabolic approaches. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1151912. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1151912>
- Galaviz, C., Lopez, B. R., de-Bashan, L. E., Hirsch, A. M., Maymon, M., & Bashan, Y. (2018). Root growth improvement of mesquite seedlings and bacterial rhizosphere and soil community changes are induced by inoculation with plant growth-promoting bacteria and promote restoration of eroded desert soil. *Land Degradation & Development*, 29, 1453–1466. <https://doi.org/10.1002/ldr.2904>
- Hu, C., Lu, W., Mata, A., Nishinari, K., & Fang, Y. (2021). Ions-induced gelation of alginat: Mechanisms and applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 177, 578–588. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.02.086>
- Kieser, T., Bibb, M. J., Buttner, M. J., Chater, K. F., & Hopwood, D. A. (2000). *Practical Streptomyces genetics*. John Innes Foundation.
- Kim, D. E., Lee, E. Y., & Kim, H. S. (2009). Cloning and characterization of alginat lyase from a marine bacterium *Streptomyces* sp. ALG-5. *Marine Biotechnology*, 11(1), 10–16. <https://doi.org/10.1007/s10126-008-9114-9>
- Liu, H., Li, J., & Singh, B. K. (2024). Harnessing co-evolutionary interactions between plants and *Streptomyces* to combat drought stress. *Nature Plants*, 10(8), 1159–1171. <https://doi.org/10.1038/s41477-024-01749-1>
- Mancera-López, M. E., Barrera-Cortés, J., Mendoza-Serna, R., Ariza-Castolo, A., & Santillan, R. (2023). Polymeric encapsulate of *Streptomyces* mycelium resistant to dehydration with air flow at room temperature. *Polymers*, 15(1), 207. <https://doi.org/10.3390/polym15010207>
- Malektaj, H., Drozdov, A. D., & deClaville Christiansen, J. (2023). Swelling of homogeneous alginat gels with multi-stimuli sensitivity. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(6), 5064. <https://doi.org/10.3390/ijms24065064>
- Manaila, E., Calina, I. C., Dumitru, M., & Craciun, G. (2025). Poly(acrylic acid)-natrium alginat superabsorbent hydrogels synthesized using electron-beam irradiation-Part III: An evaluation of their degradation in

- soil. *Molecules*, 30, 1126. <https://doi.org/10.3390/molecules30051126>
- McBride, M. J., & Ensign, J. C. (1987). Effects of intracellular trehalose content on *Streptomyces griseus* spores. *Journal of Bacteriology*, 169(11), 4995–5001. <https://doi.org/10.1128/jb.169.11.4995-5001.1987>
- Nazari, M. T., Schommer, V. A., Braun, J. C. A., dos Santos, L. F., Lopes, S. T., Simon, V., Machado, B. S., Ferrari, V., Colla, L. M., & Piccin, J. S. (2023). Using *Streptomyces* spp. as plant growth promoters and biocontrol agents. *Rhizosphere*, 27, 100741. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2023.100741>
- Retnowati, Y., Kandowangko, N. Y., Katili, A. S., & Pembengo, W. (2024a). Diversity of actinomycetes on plant rhizosphere of karst ecosystem of Gorontalo, Indonesia. *Biodiversitas*, 25(3), 907–915. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d250301>
- Retnowati, Y., Kandowangko, N. Y., Katili, A. S., & Pembengo, W. (2024b). Molecular identification of rhizospheric Actinomycetes from karst ecosystems of Gorontalo, Indonesia, and its seed germination induction capability of *Zea mays* var. doti. *Biodiversitas*, 25(12), 4763–4771. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d251212>
- Retnowati, Y., Katili, A. S., & Kandowangko, N. Y. (2025c). Bioprospecting and molecular identification of *Streptomyces* on karst ecosystems in the coastal area of Gorontalo, Indonesia, as plant growth-promoting rhizobacteria. *Biodiversitas*, 26(7), 3294–3301. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d260721>
- Rodrigues, D., Rocha-Santos, T. A. P., Sousa, S., Gomes, A. M., Pintado, M. M., Malcata, F. X., Lobo, J. M. S., Silva, J. P., Costa, P., & Amaral, M. H. (2011). On the viability of five probiotic strains when immobilized on various polymers. *International Journal of Dairy Technology*, 64(1), 137–144. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2010.00644.x>
- Rojas-Padilla, J., de-Bashan, L. E., Parra-Cota, F. I., Rocha-Estrada, J., & de los Santos-Villalobos, S. (2022). Microencapsulation of *Bacillus* strains for improving wheat (*Triticum turgidum* subsp. durum) growth and development. *Plants*, 11(21), 2920. <https://doi.org/10.3390/plants11212920>
- Saberi Riseh, R., Fathi, F., Vatankhah, M., & Kennedy, J. F. (2025). Alginat supramolecular for encapsulation of plant biocontrol bacteria: A review. *Carbohydrate Polymers*, 358, 123511. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2025.123511>
- Souza-Alonso, P., Rocha, M., Rocha, I., Ma, Y., Freitas, H., & Oliveira, R. S. (2021). Encapsulation of *Pseudomonas libanensis* in alginat beads to sustain bacterial viability and inoculation of *Vigna unguiculata* under drought stress. *3 Biotech*, 11, 293. <https://doi.org/10.1007/s13205-021-02818-4>
- Vargas, P. O., Pereira, N. R., Guimarães, A. O., Waldman, W. R., & Pereira, V. R. (2018). Shrinkage and deformation during convective drying of kalsium alginat. *LWT*, 97, 213–222. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.06.056>
- Vassilev, N., Vassileva, M., Martos, V., Garcia del Moral, L. F., Kowalska, J., Tytkowski, B., & Malusá, E. (2020). Formulation of microbial inoculants by encapsulation in natural polysaccharides: Focus on beneficial properties of carrier additives and derivatives. *Frontiers in Plant Science*, 11, 270.
- Vejan, P., Khadiran, T., Abdullah, R., Ismail, S., & Dadrasnia, A. (2019). Encapsulation of plant growth promoting rhizobacteria—Prospects and potential in agricultural sector: A review. *Journal of Plant Nutrition*, 42, 2600–2623.
- Wang, N., Wang, B., Wan, Y., Gao, B., & Rajput, V. D. (2023). Alginat-based composites as novel soil conditioners for sustainable applications in agriculture: A critical review. *Journal of Environmental Management*, 348, 119133. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119133>
- Widyananda, K. S., Purnawati, A., & Wiyatiningsih, S. (2025). Bioencapsulation of *Streptomyces* sp. with natrium alginat for control *Fusarium* sp. in shallot plants. *CROPSAVER Journal of Plant Protection*, 8(

## Implementasi Pembelajaran Mendalam pada Mata Pelajaran Biologi Kelas X di Sekolah Trenmatika

Maya Rosmayani Wahidah<sup>1</sup>, Asyifa Wulandari<sup>2</sup>, Anggun Luthfiyah Hamdani<sup>3</sup>, Faatihah Nasywaa Hanifah<sup>4</sup>, Ekis Fariska<sup>5</sup>, Hestiningih<sup>6</sup>, Sulistya Ningsih<sup>7</sup>, Edward Alfin<sup>8</sup>

Jurusan Magister Pendidikan MIPA, Fakultas Pascasarjana, Universitas Indraprasta PGRI  
Jl. Nangka No. 58 C, Tanjung Barat, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12530 Indonesia  
e-mail: [mayarosmayani1450@gmail.com](mailto:mayarosmayani1450@gmail.com)<sup>1</sup>, [asyifawulandari72@gmail.com](mailto:asyifawulandari72@gmail.com)<sup>2</sup>, [anggunlth.h@gmail.com](mailto:anggunlth.h@gmail.com)<sup>3</sup>,  
[nasywahanifa088@gmail.com](mailto:nasywahanifa088@gmail.com)<sup>4</sup>, [ekisfariska09@gmail.com](mailto:ekisfariska09@gmail.com)<sup>5</sup>, [hestiningih191298@gmail.com](mailto:hestiningih191298@gmail.com)<sup>6</sup>,  
[listya04@gmail.com](mailto:listya04@gmail.com)<sup>7</sup>, [edwardalfin@gmail.com](mailto:edwardalfin@gmail.com)<sup>8</sup>

### Abstrak

Krisis pemahaman konseptual dalam pembelajaran Biologi masih menjadi permasalahan utama karena proses belajar cenderung didominasi oleh pendekatan *surface learning* dan hafalan mekanistik, sehingga siswa kurang mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan memahami konsep secara mendalam. Oleh karena itu, penerapan pembelajaran mendalam (*deep learning*) menjadi alternatif untuk menciptakan pembelajaran yang lebih bermakna dan kontekstual. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis implementasi pembelajaran mendalam pada mata pelajaran Biologi kelas X di Sekolah Trenmatika, mengevaluasi persepsi siswa terhadap proses pembelajaran, serta mengidentifikasi faktor pendukung dan penghambat dalam pelaksanaannya. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif eksploratif dengan teknik pengumpulan data melalui observasi partisipatif, wawancara mendalam, dan dokumentasi terhadap guru Biologi serta siswa kelas X. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi pembelajaran mendalam yang diintegrasikan melalui model inkuiri kolaboratif lintas disiplin Biologi dan Fisika mampu meningkatkan aktivitas, keterlibatan, dan kemampuan berpikir kritis siswa. Siswa memberikan persepsi positif karena pembelajaran menjadi lebih kontekstual melalui proyek solusi pencemaran lingkungan berbasis energi terbarukan. Namun, penelitian juga menemukan beberapa hambatan, seperti keterbatasan waktu pembelajaran, variasi kemampuan awal siswa, dan keterbatasan fasilitas laboratorium. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penerapan pembelajaran mendalam berpotensi meningkatkan kualitas pemahaman konseptual siswa, tetapi keberhasilannya memerlukan kesiapan pedagogis guru serta dukungan infrastruktur sekolah yang memadai agar proses pembelajaran dapat berlangsung secara optimal dan berkelanjutan.

**Kata Kunci:** Keterampilan Siswa, Pendidikan Biologi, Pembelajaran Mendalam, Persepsi Siswa.

### Abstract

*The crisis of conceptual understanding in Biology learning remains a major issue because the learning process tends to be dominated by surface learning approaches and mechanistic memorization, causing students to be less capable of developing critical thinking skills and understanding concepts deeply. Therefore, the implementation of deep learning has become an alternative approach to create more meaningful and contextual learning experiences. This study aims to analyze the implementation of deep learning in tenth-grade Biology classes at Trenmatika School, evaluate students' perceptions of the learning process, and identify the supporting and inhibiting factors in its implementation. The study employed a descriptive exploratory qualitative approach, with data collected through participatory observation, in-depth interviews, and documentation involving Biology teachers and tenth-grade students. The results showed that the implementation of deep learning integrated through a collaborative inquiry model across Biology and Physics disciplines was able to enhance students' activity, engagement, and critical thinking skills. Students expressed positive perceptions because the learning process became more contextual through projects focused on environmental pollution solutions based on renewable energy. However, the study also identified several obstacles, including limited instructional time, variations in students' initial abilities, and limited laboratory facilities. Based on the findings, it can be concluded that the implementation of deep learning has the potential to improve students' conceptual understanding quality; however, its success requires teachers' pedagogical readiness and adequate school infrastructure support to ensure that the learning process can be carried out optimally and sustainably.*

**Keywords:** Creativity Skills, Biology Education, Deep Learning, Students' Perceptions.

### I. PENDAHULUAN

Paradigma transformasi pendidikan di abad

tengah arus disrupti teknologi dan kompleksitas

global saat ini, siswa harus mampu menjadi pembangun pengetahuan yang aktif dan berpikir kritis. Dalam konteks ini, pendekatan pembelajaran mendalam (*deep learning*) muncul sebagai antitesis terhadap praktik pembelajaran permukaan (*surface learning*) yang selama ini mendominasi institusi pendidikan formal. Pembelajaran mendalam menekankan pada pemahaman konsep secara komprehensif, kemampuan mengaitkan antar-domain pengetahuan, serta aplikasi praktis dalam situasi dunia nyata (Handayani et al, 2025).

Pada disiplin ilmu sains, khususnya Biologi, kebutuhan akan pembelajaran mendalam menjadi sangat krusial. Karakteristik Biologi yang mencakup konsep-konsep abstrak, proses-proses mikroskopis, dan fenomena ekosistem yang kompleks seringkali disalahpahami oleh siswa sebagai materi yang sekadar harus dihafal. Data awal di Sekolah Trenmatika memperkuat fenomena ini, di mana rata-rata nilai Biologi siswa kelas X (X-1: 68; X-2: 70; X-3: 67) secara konsisten berada di bawah Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) sebesar 75. Rendahnya capaian ini bukan sekadar indikator kegagalan kognitif, melainkan gejala dari proses pembelajaran yang terlalu berorientasi pada penyelesaian soal-soal rutin tanpa pemahaman substansi konsep yang mendalam. Siswa mampu mengerjakan soal latihan yang identik dengan contoh, namun mengalami disorientasi ketika dihadapkan pada problem yang membutuhkan penalaran atau aplikasi konsep dalam konteks baru (Patrianingsih&Kaseng, 2016).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa berbagai metode pembelajaran aktif efektif meningkatkan hasil belajar sains. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada hasil belajar atau pemanfaatan teknologi digital secara terpisah. Belum banyak penelitian yang mengkaji implementasi pembelajaran mendalam (*deep learning*) yang mengintegrasikan pemahaman konseptual, berpikir kritis, dan kolaborasi dalam pembelajaran sains. Kesenjangan tersebut menunjukkan perlunya penelitian untuk mengkaji penerapan pembelajaran mendalam dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan penguasaan konsep siswa. Sedangkan penelitian yang membedah bagaimana pembelajaran mendalam

sebagai strategi pedagogis diimplementasikan secara lintas disiplin di tingkat sekolah menengah masih sangat terbatas. Terdapat kekosongan data empiris mengenai bagaimana integrasi antara konsep perubahan lingkungan (Biologi) dengan energi terbarukan (Fisika) melalui inkuiri kolaboratif dapat membentuk struktur pemahaman yang mendalam pada siswa kelas X. Selain itu, dinamika persepsi siswa terhadap transisi dari budaya belajar pasif-tradisional menuju pembelajaran aktif-mandiri dalam konteks sekolah berbasis trenmatika belum terpetakan secara detail (Patrianingsih, E. A., & Kaseng, E. S, 2016).

Masalah utama yang diidentifikasi dalam penelitian ini adalah terjadinya kesenjangan (*gap*) antara kondisi ideal dan realitas lapangan. Secara teoretis, pembelajaran Biologi seharusnya mendorong siswa untuk berpikir kritis dan aplikatif. Namun, fakta menunjukkan bahwa metode *teacher-centered* masih dominan, metode variatif masih terbatas, dan interaksi siswa terbatas pada penerimaan informasi satu arah. Hal ini diperburuk dengan minimnya pelatihan guru dalam mengelola strategi *deep learning* yang melibatkan tiga karakteristik utama: pembelajaran berkesadaran, pembelajaran bermakna, dan pembelajaran menyenangkan (Dewi et al., 2025).

Kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada integrasi analisis implementasi, persepsi subjek didik, dan pemetaan faktor hambatan dalam satu studi tunggal yang berlokasi di Sekolah Trenmatika. Penelitian ini tidak hanya memotret hasil akhir, tetapi membedah proses kolaborasi lintas disiplin antara guru Biologi dan Fisika dalam memfasilitasi proyek solusi lingkungan sebagai wahana pembelajaran mendalam. Dengan menggunakan model analisis interaktif Miles, Huberman, dan Saldaña, studi ini berupaya memberikan gambaran holistik mengenai tantangan sistemik dan peluang inovatif dalam membudayakan konsep *deep learning* (Feri, M, 2025).

Berdasarkan latar belakang tersebut, tujuan utama penelitian ini adalah: (1) Mendeskripsikan secara mendalam implementasi pembelajaran mendalam pada mata pelajaran Biologi di Sekolah Trenmatika; (2) Menganalisis secara kritis persepsi siswa kelas X terhadap efektivitas

dan tantangan model pembelajaran tersebut; serta (3) Mengidentifikasi faktor pendukung eksternal dan kendala internal yang memengaruhi keberhasilan implementasi pembelajaran mendalam di sekolah. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat teoretis untuk meningkatkan penelitian pedagogi sains serta manfaat praktis bagi pembuat kebijakan sekolah dalam menciptakan metode pembelajaran yang lebih efisien, bermakna, dan sesuai dengan tuntutan abad ke-21 (Supriyanto, S., &Isbandiyah, I, 2023).

**II. METODE PENELITIAN**

Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode deskriptif eksploratif guna memahami fenomena implementasi pembelajaran mendalam secara komprehensif pada konteks alami di Sekolah Trenmatika (Sugiyono, 2022). Fokus utama penelitian mendeskripsikan proses implementasi, persepsi subjek, serta faktor-faktor yang memengaruhi efektivitas pembelajaran pada mata pelajaran Biologi.

Teknik purposive sampling digunakan untuk memilih subjek penelitian yang terdiri atas sepuluh siswa kelas X dan satu guru Biologi, dengan pertimbangan bahwa mereka terlibat langsung dalam implementasi pembelajaran berbasis deep learning. Data yang diperoleh dianalisis melalui tahapan reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan untuk mengidentifikasi proses transformasi pedagogis yang terjadi.

Observasi partisipatif, wawancara mendalam (*in-depth interview*), dan studi dokumentasi digunakan untuk mengumpulkan data secara triangulasi (Creswell, 2014). Observasi difokuskan pada interaksi kelas dan aktivitas inkuiri kolaboratif, sementara wawancara semi-terstruktur digunakan untuk mengekstraksi persepsi subjektif siswa dan guru mengenai kebermaknaan pembelajaran. Model interaktif Miles, Huberman, dan Saldaña (2014) digunakan untuk menganalisis data, yang terdiri dari empat tahap: pengumpulan data, reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan atau verifikasi. Untuk memastikan kredibilitas hasil penelitian, keabsahan data diuji melalui triangulasi sumber dan teknik. Alur prosedur penelitian yang

disajikan pada tabel berikut:

**Alur Prosedur Penelitian**

1	• Mencari rumusan masalah (observasi awal)
2	• Penentuan Subjek <i>Purposive Sampling</i>
3	• Pengumpulan data melalui triangulasi
4	• Reduksi dan kategorisasi data
5	• Penyajian data
6	• Verifikasi dan penarikan kesimpulan

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Implementasi pembelajaran mendalam di Sekolah Trenmatika dilaksanakan melalui model inkuiri kolaboratif yang mengintegrasikan konsep Biologi tentang perubahan lingkungan dengan konsep Fisika mengenai energi terbarukan. Temuan menunjukkan bahwa pendekatan ini mentransformasi peran guru dari pusat informasi menjadi fasilitator, sementara siswa beralih dari penerima pasif menjadi pembangun pengetahuan aktif melalui proyek nyata. Pembelajaran biologi adalah pelajaran sains yang menuntut siswa untuk menjadi kreatif dan berpikir tentang subjek penelitian (Maulina, 2019 ). Berdasarkan hasil observasi, siswa tidak lagi sekadar menghafal definisi pencemaran, tetapi mampu menganalisis penyebab dan merancang solusi teknologi tepat guna (seperti alat penyaring air bertenaga surya).

Tabel 1.  
Rekapitulasi temuan utama implementasi pembelajaran mendalam

Dimensi Analisis	Temuan Utama di Lapangan	Dampak Terhadap Siswa
Strategi Pedagogis	Inkuiri kolaboratif lintas disiplin (Biologi – Fisika)	Peningkatan pemahaman konsep secara holistic
Aktivitas Siswa	Perancangan produk solusi pencemaran lingkungan	Stimulasi berpikir kritis dan kreativitas
Peran Guru	Fasilitator dalam diskusi dan eksperimen	Peningkatan kemandirian belajar siswa
Media Pembelajaran	Penggunaan alat peraga energi terbarukan dan IT	Pembelajaran menjadi lebih konkret dan kontekstual
Hasil Belajar	Peningkatan kemampuan pemecahan masalah nyata	Terbentuknya sikap peduli lingkungan

Analisis Implementasi Pembelajaran Mendalam Pembelajaran di kelas X Sekolah Trenmatika menunjukkan pergeseran signifikan dari *surface learning* menuju *deep learning*. Integrasi materi perubahan lingkungan dengan sumber energi terbarukan memungkinkan siswa melihat keterhubungan antarilmu. Data observasi menunjukkan peningkatan aktivitas bertanya sebesar 65% dibandingkan model pembelajaran konvensional. Siswa mampu menghubungkan dampak pencemaran terhadap makhluk hidup (aspek Biologi) dengan mekanisme mitigasi menggunakan panel surya (aspek Fisika). Ini sejalan dengan prinsip *meaningful learning* yang menekankan pengolahan dan penerapan pengetahuan dalam konteks nyata

Berdasarkan hasil observasi, pelaksanaan pembelajaran menunjukkan adanya peningkatan aktivitas dan berpartisipasi dalam proses belajar. Untuk menyelesaikan proyek yang diberikan, siswa tampak lebih aktif dalam mengajukan pertanyaan, berbicara, dan bekerja sama dalam kelompok (Kristinn, 2017). Dalam kegiatan pembelajaran, guru Biologi berperan membimbing siswa dalam memahami dampak pencemaran lingkungan terhadap makhluk hidup, sedangkan guru Fisika membimbing siswa dalam memahami pemanfaatan energi terbarukan sebagai alternatif solusi yang ramah lingkungan. Kolaborasi antarmata pelajaran tersebut menjadikan proses pembelajaran lebih kontekstual, integratif, dan bermakna bagi siswa. Dengan memberikan konteks nyata, integrasi inkuiri kolaboratif memperkaya pengalaman belajar. Peserta didik belajar dari guru dan dari teman dan lingkungan sekitarnya. Ini sejalan dengan pendekatan pembelajaran dan pengajaran kontekstual, yang menghubungkan pelajaran dengan pengalaman siswa di dunia nyata (Marfilinda et al., 2022).

Dari sudut pandang guru, penggunaan pembelajaran mendalam berbasis proyek inkuiri kolaboratif dinilai efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreativitas siswa. Anwar et al. (2024) menyatakan bahwa aktifitas siswa yang berbicara dan membuat kesimpulan bersama menunjukkan bahwa pembelajaran kolaboratif mendorong komunikasi dan kerja sama (Rusman, 2017). Pembelajaran mendalam menuntut adanya kreativitas dalam merancang

strategi pembelajaran yang inovatif dan relevan dengan kebutuhan siswa. Guru tidak lagi berperan sebagai satu-satunya sumber informasi, melainkan sebagai fasilitator yang membimbing siswa dalam menemukan konsep secara mandiri (Setiawan, 2013).

Haryadi (2024) menyampaikan hal serupa, menunjukkan bahwa bekerja sama meningkatkan kemampuan melukis. Guru menyampaikan bahwa siswa lebih mudah memahami konsep perubahan lingkungan karena terlibat secara langsung dalam menganalisis permasalahan yang terjadi di lingkungan sekitar. Selain itu, integrasi materi sumber energi dalam pembelajaran membantu siswa memahami keterkaitan antara kerusakan lingkungan dan penggunaan energi dalam kehidupan sehari-hari. Guru juga menilai bahwa kegiatan proyek memberikan pengalaman belajar yang autentik sehingga mampu meningkatkan keterampilan kolaborasi, komunikasi, serta kemampuan pemecahan masalah siswa.

Persepsi Siswa terhadap Implementasi Hasil wawancara mendalam mengungkap bahwa mayoritas siswa memiliki persepsi positif karena merasa pembelajaran menjadi lebih menantang namun menyenangkan. Siswa melaporkan bahwa pengerjaan proyek membuat mereka lebih mudah mengingat konsep karena keterlibatan emosional dan kinestetik selama proses pembuatan alat. Namun, sebagian kecil siswa (sekitar 15%) menyatakan adanya kesulitan dalam mengoordinasikan kerja kelompok dan mengelola waktu pengerjaan proyek yang dianggap cukup padat. Meskipun demikian, rasa bangga saat mempresentasikan produk akhir menjadi faktor penguat motivasi intrinsik siswa.

Hasil wawancara menunjukkan bahwa sebagian besar siswa memberikan persepsi positif terhadap implementasi pembelajaran berbasis proyek. Temuan ini mengindikasikan bahwa model pembelajaran yang melibatkan aktivitas perancangan dan pembuatan produk mampu menciptakan pengalaman belajar yang lebih bermakna dibandingkan pembelajaran yang berpusat pada guru. Perasaan tertantang sekaligus menikmati proses pembelajaran menunjukkan adanya keterlibatan (*engagement*) yang tinggi, yang merupakan salah satu indikator keberhasilan pembelajaran aktif.

Kemudahan siswa dalam mengingat konsep setelah mengikuti proyek dapat dianalisis sebagai dampak dari keterlibatan langsung siswa dalam proses pembelajaran. Aktivitas praktik, diskusi, dan pemecahan masalah yang dilakukan selama pengerjaan proyek memungkinkan siswa menghubungkan konsep teoritis dengan pengalaman nyata. Kondisi ini sejalan dengan teori konstruktivisme yang menyatakan bahwa pengetahuan akan lebih mudah dipahami dan dipertahankan ketika siswa membangun sendiri pemahamannya melalui pengalaman belajar yang autentik.

Di sisi lain, adanya sekitar 15% siswa yang mengalami kesulitan dalam koordinasi kelompok dan manajemen waktu menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek juga menuntut keterampilan kolaboratif dan pengelolaan diri yang baik. Temuan ini mengindikasikan bahwa tidak semua siswa memiliki kemampuan yang sama dalam bekerja sama, membagi tugas, dan menyelesaikan pekerjaan sesuai jadwal yang telah ditentukan. Oleh karena itu, guru perlu memberikan pendampingan yang lebih intensif terkait strategi kerja kelompok, pembagian peran, serta perencanaan waktu agar kendala tersebut dapat diminimalkan.

Meskipun terdapat beberapa hambatan, rasa bangga yang muncul ketika siswa mempresentasikan hasil proyek menunjukkan adanya peningkatan motivasi intrinsik. Keberhasilan menyelesaikan dan memamerkan produk yang dihasilkan memberikan pengalaman keberhasilan (*sense of achievement*) yang mampu meningkatkan kepercayaan diri siswa. Dengan demikian, implementasi pembelajaran berbasis proyek tidak hanya berkontribusi terhadap pemahaman konsep, tetapi juga berperan dalam mengembangkan aspek afektif siswa, seperti motivasi, tanggung jawab, dan rasa percaya diri.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa implementasi pembelajaran berbasis proyek memberikan dampak positif terhadap pengalaman belajar siswa. Meskipun masih ditemukan kendala dalam aspek kolaborasi dan manajemen waktu, manfaat yang diperoleh siswa dalam bentuk peningkatan keterlibatan belajar, pemahaman konsep, dan motivasi intrinsik lebih dominan dibandingkan tantangan yang dihadapi selama proses pembelajaran.

Faktor Pendukung dan Kendala Keberhasilan implementasi didukung secara kuat oleh sinergi antar-guru mata pelajaran dan dukungan kebijakan sekolah dalam penyediaan fasilitas laboratorium. Namun, terdapat kesenjangan antara ketersediaan waktu kurikulum dengan kebutuhan durasi inkuiri yang mendalam. Kendala utama yang ditemukan adalah perbedaan kecepatan pemahaman siswa dalam menyerap konsep lintas disiplin dan keterbatasan alat peraga khusus untuk teknologi energi terbarukan tertentu. Analisis data reduksi menunjukkan bahwa pelatihan guru yang berkelanjutan mengenai strategi pedagogis *deep learning* menjadi kebutuhan krusial guna meminimalkan hambatan teknis di kelas.

Secara teoritis, temuan ini mengonfirmasi teori konstruktivisme bahwa pengetahuan yang dibangun melalui pengalaman langsung menghasilkan retensi informasi yang lebih lama. Pembelajaran mendalam di Sekolah Trenmatika terbukti tidak hanya meningkatkan kognisi, tetapi juga mengasah keterampilan abad ke-21 yang meliputi kolaborasi, komunikasi, dan literasi teknologi. Namun, efektivitasnya sangat bergantung pada kematangan persiapan guru dan adaptabilitas siswa terhadap budaya belajar aktif.

Selain itu, implementasi pembelajaran mendalam menunjukkan bahwa siswa lebih aktif dalam mengeksplorasi pengetahuan melalui proses diskusi, pemecahan masalah, serta keterlibatan dalam proyek berbasis kontekstual. Kondisi ini sejalan dengan perspektif konstruktivistik, yang menempatkan siswa sebagai pusat pembelajaran (siswa terpusat dalam pembelajaran), sehingga siswa tidak hanya memperoleh pengetahuan secara pasif, tetapi juga belajar dari pengalaman nyata yang mereka alami selama proses pembelajaran (Arends, 2013). Pembelajaran yang berpusat pada siswa terbukti mampu meningkatkan motivasi belajar, rasa percaya diri peserta didik, serta kemampuan mereka untuk berpikir kritis (Rahmawati, 2019).

Dalam konteks pembelajaran abad ke-21, penerapan pembelajaran mendalam juga berkontribusi terhadap pengembangan keterampilan 4C (*Critical Thinking, Communication, Collaboration, dan Creativity*) (Sulastri, 2021). Siswa dilatih untuk bekerja sama dalam kelompok, mengemukakan pendapat

secara efektif, serta menghasilkan solusi kreatif terhadap permasalahan yang diberikan (Marfuah, 2017). Untuk menghadapi tantangan globalisasi dan kemajuan teknologi yang cepat, keterampilan ini sangat penting (Lestari, 2018). Oleh karena itu, implementasi pembelajaran mendalam perlu didukung dengan pelatihan guru yang berkelanjutan, penguatan budaya belajar aktif di sekolah, serta dukungan fasilitas pembelajaran yang memadai agar tujuan pembelajaran dapat tercapai secara optimal (Hidayat, 2019).

#### IV. KESIMPULAN

Implementasi pembelajaran mendalam pada mata pelajaran Biologi kelas X di Sekolah Trenmatika memberikan dampak positif terhadap keaktifan, pemahaman konsep, dan keterampilan abad ke-21 siswa. Melalui pembelajaran berbasis proyek dan inkuiri kolaboratif, siswa lebih aktif, berpikir kritis, serta mampu menghubungkan materi dengan permasalahan nyata. Meskipun terdapat beberapa kendala dalam manajemen waktu dan fasilitas, penerapannya dinilai efektif dalam menciptakan pembelajaran yang bermakna.

Penelitian ini menunjukkan bahwa pembelajaran mendalam dapat menjadi strategi inovatif untuk meningkatkan kualitas pembelajaran Biologi dengan mendorong pembelajaran yang berpusat pada siswa dan penguatan keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, komunikasi, serta kreativitas. Guru dan sekolah perlu mengoptimalkan penerapan pembelajaran mendalam melalui peningkatan kolaborasi, penyediaan sarana pendukung, dan pengelolaan waktu yang baik. Penelitian selanjutnya disarankan menguji implementasi model ini pada konteks dan jenjang pendidikan yang lebih luas.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, F., Fauzana, S., Gusmaneli. (2024). Strategi Pembelajaran Collaborative Learning Dalam Meningkatkan Kemampuan Kerjasama dan Komunikasi Dalam Pembelajaran PAI, *Harmoni Pendidikan: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 1(2), 165-175. <https://doi.org/10.62383/hardik.v1i2.218>
- Arends, R. I. (2013). Pendekatan Pembelajaran Saintifik dalam Kurikulum 2013. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 19(3), 456–467.
- Dewi, A. R., Maily, M. E. W., Safitri, F. N. C., Zaitunnah, P. N., Mala, Z. L., & Sutrisno, S. (2025). Deep Learning dalam Pembelajaran MI: Tinjauan Literatur dalam meaningful Learning, Mindful Learning dan Joyful Learning. *Jurnal Kepemimpinan dan Pengurusan Sekolah*, 10(2), 584–592. <https://doi.org/10.34125/jkps.v10i2.580>
- Feri, M. (2025). Penerapan Pembelajaran Mendalam Melalui Joyful, Meaningful, dan Mindful Learning: Tinjauan Literatur. *IBTIDA: Jurnal Kajian Pendidikan Dasar*, 5(2), 145–163.
- Handayani, E., Fernando, F., Gaspersz, S., Ridwan., Ahmadin., Kusumarini, E. (2025). Implementasi Pembelajaran Mendalam (Deep Learning) dalam Meningkatkan Efektivitas Kurikulum Berdampak di Sekolah. *Jurnal Edu Research: Indonesian Institute For Corporate Learning And Studies (IICLS)*, 6(2), 1522 – 1535.
- Haryadi, R. N. (2024). Penerapan Pembelajaran Kolaboratif Dalam Meningkatkan Kompetensi Menulis Bahasa Inggris Pada Peserta Didik. *Jurnal Wistara: Jurnal Pendidikan dan Bahasa*, 5(2), 123-135. <https://doi.org/10.23969/wisatara.v5i2.19671>
- Hidayat, T., & Syahidin, S. (2019). Inovasi Pembelajaran Pendidikan Agama Islam melalui Model Contextual Teaching and Learning dalam Meningkatkan Taraf Berpikir Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Agama Islam*, 16(2), 115–136.
- Kristin, F. (2017). Keberhasilan Belajar Mahasiswa Ditinjau Dari Keaktifan Dalam Perkuliahan Dengan Menggunakan Pembelajaran Active Learning. *Jurnal Pendidikan dasar Perkhasa*, 3(2), 405-413.
- Lestari, S. (2018). Peran Teknologi dalam Pendidikan di Era Globalisasi. *Jurnal Pendidikan Agama Islam Edureligia*, 2(2), 94–100.
- Maulina, D., Hernawati, D., Rakhmawati, I., Lengkana, & D. Fauzisar, A. S. (2019). The Effect of Inquiry Laboratory with Group Discussions Method on Improving of

- Students' Learning Outcomes. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 20(1), 1 – 11.
- Marfilinda, R., Nissa, A., Tulljanah, R., Rossa, R., Zuleni, E., & Helmi, W.M. (2022). Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terhadap Kreativitas Belajar Peserta Didik Pada Pembelajaran IPA Sekolah Dasar. *Journal Of Education Research*, 6(1), 34-39.
- Marfuah, M. (2017). Meningkatkan Keterampilan Komunikasi Peserta Didik melalui Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Jigsaw. *Jurnal Pendidikan Ilmu Sosial*, 26(2), 148–160.
- Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Alfabeta.
- Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook*. SAGE Publications.
- Patrianingsih, E. A., & Kaseng, E. S. (2016). Model Pembelajaran Discovery Learning, Pemahaman Konsep Biologi, dan Sikap Ilmiah Peserta Didik. *Indonesian Journal of Educational Studies*, 19(2), 74–86.
- Rahmawati, D., & Suryadi, E. (2019). Pengaruh Pembelajaran Berbasis Proyek terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Kreatif Siswa. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 8(2), 145–154.
- Rusman. (2017). Pembelajaran Berbasis Teknologi Informasi dan Komunikasi: Mengembangkan Profesionalitas Guru. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 24(1), 89–98.
- Denzin, N. K. (1978). *The Research Act: A Theoretical Introduction To Sociological Methods*. SAGE Publications: McGraw-Hill.
- Sulastri, S., & Hanifah, N. (2021). Implementasi Pembelajaran Abad 21 dalam Membentuk Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Menengah. *Jurnal Pendidikan Modern*, 6(1), 22–31.
- Supriyanto, S., & Isbandiyah, I. (2023). Implikasi Hasil Penelitian Pendidikan Terhadap Teori dan Praktik Pendidikan. *Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 1(1), 11 – 21

## Analisis Struktur Vegetasi Pohon Kawasan Wisata Alam Tirta Rimba Kota Baubau Sebagai Indikator Kualitas Lingkungan

La Nare<sup>1</sup>, Nurul Safia Rianti<sup>2</sup>, Dinda Apriawati<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muslim Buton

<sup>2</sup>Pendidikan Geografi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muslim Buton

Jl. Betoambari No. 146, Bone-Bone, Betupoara, Kota Baubau 93721 Indonesia

e-mail: [narebiologi05@gmail.com](mailto:narebiologi05@gmail.com)<sup>1</sup> & [nurulsafiaranti19@gmail.com](mailto:nurulsafiaranti19@gmail.com)<sup>2</sup>

### Abstrak

Kawasan Wisata Alam Tirta Rimba hingga kini belum tersedia data ilmiah komprehensif mengenai struktur vegetasi pohon sebagai dasar kawasan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis struktur vegetasi pohon sebagai indikator kualitas lingkungan. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan metode transek dan teknik plot, melalui pembuatan empat jalur transek yang atas lima plot pengamatan berukuran 20×20 m. Parameter analisis meliputi kerapatan, frekuensi, dominansi, Indeks Nilai Penting (INP), Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener (H'), dan Indeks Kemerataan (E). Hasil penelitian menemukan 17 jenis pohon yang terdistribusi pada seluruh plot pengamatan. *Swietenia mahagoni* mendominasi struktur vegetasi dengan INP tertinggi (62,93%) sementara *Notholithocarpus densiflorus* memiliki INP terendah (4,08%). Nilai indeks keanekaragaman H' = 2,271 termasuk kategori sedang yang mencerminkan kondisi komunitas pohon yang relatif stabil, dan nilai kemerataan E = 0,872 termasuk kategori tinggi yang menunjukkan distribusi individu antar jenis yang proporsional. Masih ditemukannya jenis pohon bernilai konservasi tinggi seperti *Dalbergia latifolia*, *Santalum album*, dan *Diospyros celebica* mengindikasikan bahwa kualitas lingkungan KWA Tirta Rimba masih tergolong baik.

**Kata Kunci:** Analisis vegetasi, Kualitas lingkungan, Struktur pohon, Tirta Rimba Baubau

### Abstract

Until now, there has been no comprehensive scientific data available regarding the structure of tree vegetation as a basis for sustainable areas in the Tirta Rimba Nature Tourism Area. This study aims to analyze the structure of tree vegetation as an indicator of environmental quality. The study used a quantitative descriptive approach with the transect method and plot technique, by creating four transect lines over five observation plots measuring 20x20 m. Analysis parameters included density, frequency, dominance, Importance Value Index (IVI), Shannon-Wiener Diversity Index (H'), and Evenness Index (E). The results of the study found 17 tree species distributed across all observation plots. *Swietenia mahagoni* dominated the vegetation structure with the highest IVI (62.93%), while *Notholithocarpus densiflorus* had the lowest IVI (4.08%). The diversity index value H' = 2.271 is included in the medium category, reflecting the relatively stable condition of the tree community, and the evenness value E = 0.872 is included in the high category, indicating a proportional distribution of individuals between species. The continued discovery of high conservation value tree species such as *Dalbergia latifolia*, *Santalum album*, and *Diospyros celebica* indicates that the environmental quality of the Tirta Rimba KWA is still relatively good.

**Keywords:** Environmental quality, Tirta Rimba Baubau, Tree structure, Vegetation analysis

## I. PENDAHULUAN

Vegetasi, khususnya pohon, merupakan komponen utama dalam suatu ekosistem hutan yang memiliki peran vital baik secara ekologis, ekonomis, maupun sosial. Secara ekologis, pohon

berfungsi sebagai penyerap karbon, pengatur tata air, pencegah erosi, penjaga iklim mikro, serta penyedia habitat bagi berbagai jenis fauna (Safe et al., 2021; Saroh & Krisdianto, 2020).

Keanekaragaman jenis pohon merupakan indikator penting dalam menilai kondisi ekologi dan kestabilan ekosistem suatu kawasan konservasi (Setyaningsih et al., 2022). Analisis vegetasi merupakan cara untuk mempelajari susunan dan atau komposisi vegetasi secara kuantitatif, yang bertujuan untuk mengetahui jenis-jenis pohon serta struktur dan komposisi jenis vegetasi dalam suatu kawasan sebagai bahan dasar dalam perencanaan pengelolaan kawasan, evaluasi keberhasilan rehabilitasi, dan pengambilan keputusan konservasi (Harsono et al., 2024).

Struktur vegetasi pohon pada suatu kawasan dapat dijadikan sebagai indikator kualitas lingkungan, karena perubahan komposisi dan dominansi jenis vegetasi mencerminkan kondisi ekologis yang terjadi di kawasan tersebut. INP menggambarkan tingkat dominansi ekologis suatu spesies dalam komunitasnya, sehingga dapat digunakan untuk menilai kualitas lingkungan karena kawasan dengan dominansi yang merata pada banyak jenis mengindikasikan ekosistem yang sehat dan stabil, sedangkan dominansi ekstrem oleh satu jenis mencerminkan adanya gangguan atau tekanan ekologis pada kawasan tersebut (Priandeni et al., 2024). Parameter ini juga didukung oleh indeks keanekaragaman jenis vegetasi sebagai indikator, semakin tinggi nilai keanekaragaman jenis pohon pada suatu kawasan maka semakin stabil ekosistem tersebut dan semakin baik kualitas lingkungannya (Ibrahim & Gurnita, 2025). Penelitian yang dilakukan di berbagai kawasan wisata Indonesia, seperti di Curug Gondoriyo Semarang oleh (Jannah et al., 2024), menunjukkan bahwa analisis vegetasi pohon secara komprehensif dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai kondisi ekologis suatu kawasan wisata alam, sehingga dapat menjadi dasar rekomendasi pengelolaan yang tepat.

Kawasan Wisata Alam (KWA) Tirta Rimba merupakan salah satu kawasan konservasi sekaligus destinasi wisata alam yang terletak di Kelurahan Kadolomoko, Kecamatan Kokalukuna, Kota Baubau, Sulawesi Tenggara. Kawasan ini memiliki luas sekitar 488 ha dan telah ditetapkan sebagai Taman Wisata melalui

Keputusan Menteri Pertanian Nomor 459/Kpts/Um/7/1978 dan kemudian diperkuat melalui Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 440/Kpts-II/1994 (BKSDA Sulawesi Tenggara, 2019). KWA Tirta Rimba merupakan kawasan penyangga kehidupan yang berfungsi sebagai sumber air bersih melalui beberapa mata air yang menyuplai kebutuhan air masyarakat Kota Baubau. Kawasan ini juga merupakan habitat berbagai jenis kayu rimba campuran, antara lain wola (*Vitex coffasus*), jambu hutan (*Diospyros maritima*), serta sebagian merupakan areal reboisasi dengan jenis mahoni (*Swietenia macrophylla*) dan akasia (*Acacia mangium*). Selain nilai konservasinya, kawasan ini juga menjadi tempat wisata favorit di Kota Baubau yang menawarkan objek wisata air terjun setinggi ±10-12 meter, pemandian alam, serta suasana hutan yang sejuk dan asri.

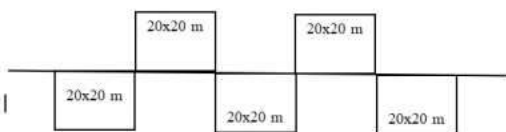
Nilai konservasi yang tinggi, KWA Tirta Rimba menghadapi berbagai tantangan terkait pengelolaan. Meningkatnya jumlah pengunjung dari tahun ke tahun berpotensi menimbulkan tekanan terhadap ekosistem hutan, termasuk kerusakan vegetasi akibat aktivitas manusia yang tidak terkontrol. Kondisi ini menuntut adanya data ilmiah yang memadai sebagai landasan pengelolaan kawasan secara berkelanjutan. Namun hingga saat ini, belum terdapat penelitian yang secara khusus mengkaji struktur dan komposisi vegetasi pohon di KWA Tirta Rimba secara komprehensif. Kajian vegetasi yang tersedia masih sangat terbatas dan belum mencakup analisis parameter ekologi secara menyeluruh, seperti kepadatan, frekuensi, dominansi, dan Indeks Nilai Penting (INP), yang dapat digunakan sebagai indikator kualitas lingkungan kawasan. Kesenjangan data ini menjadi kendala nyata dalam penyusunan rencana pengelolaan yang berbasis ilmiah. Penelitian (Ibrahim & Gurnita, 2025) mengemukakan Keanekaragaman vegetasi pohon pada kawasan Wisata Alam dapat dijadikan sebagai indikator kerusakan dan kualitas lingkungan Kawasan. Data vegetasi merupakan fondasi penting dalam penyusunan rencana pengelolaan kawasan konservasi yang efektif dan berkelanjutan.

Penelitian struktur vegetasi pohon di kawasan konservasi dan wisata alam telah banyak dilakukan di berbagai daerah di Indonesia dan terbukti mampu memberikan informasi ekologis yang sangat berguna, seperti penelitian Hutan Raya Raden Soerjo Prigen Pasuruan (Sari et al., 2021) dan di Kawasan Wisata Curug Gondoriyo Semarang (Jannah et al., 2024). Namun, penelitian serupa di KWA Tirta Rimba Kota Baubau belum pernah dilaporkan dalam literatur

ilmiah, sehingga terdapat kesenjangan pengetahuan (*knowledge gap*) yang signifikan mengenai kondisi ekologis kawasan ini. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian mengenai analisis struktur vegetasi pohon di KWA Tirta Rimba menjadi sangat penting dan mendesak untuk dilakukan guna menghasilkan data ilmiah yang dapat dijadikan sebagai indikator kualitas lingkungan sekaligus landasan pengelolaan kawasan secara berkelanjutan

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April 2026 di Kawasan Wisata Alam Tirta Rimba, Kelurahan Kadolomoko, Kecamatan Kokalukuna, Kota Baubau, Sulawesi Tenggara. Lokasi transek berada pada koordinat geografis 5°26'53,6" LS dan 122°39'4,98" BT. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan metode survei lapangan yang bertujuan untuk menggambarkan secara sistematis struktur vegetasi pohon sebagai indikator kualitas lingkungan di kawasan tersebut. Metode yang digunakan adalah transek dengan teknik plot, di mana penelitian dilakukan melalui pembuatan empat jalur transek dan setiap transek terdiri atas lima plot pengamatan berukuran 20 m × 20 m (400 m<sup>2</sup>), sehingga total terdapat 20 plot.



Gambar 1. Plot transek 20×20

Penentuan lokasi transek dilakukan secara *purposive sampling* berdasarkan kondisi vegetasi, tingkat gangguan, serta keterwakilan area penelitian. Subjek penelitian meliputi seluruh individu pohon yang terdapat dalam plot, dengan kriteria tumbuhan berkayu yang memiliki diameter batang ≥ 20 cm (DBH). Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan dengan pembuatan transek dan plot, pencatatan data vegetasi yang meliputi identifikasi jenis, jumlah individu tiap jenis,

pengukuran diameter batang, serta keberadaan jenis pada setiap plot, dan didukung dengan dokumentasi berupa foto kondisi vegetasi serta kegiatan penelitian.

Analisis data dilakukan untuk mengetahui struktur vegetasi menggunakan parameter sebagai berikut:

$$\text{Kerapatan (K)} = \frac{\text{Jumlah individu suatu jenis}}{\text{Luas total plot}}$$

$$\text{Kerapatan Relatif (KR)} = \frac{\text{Kerapatan suatu jenis}}{\text{Total kerapatan seluruh jenis}} \times 100\%$$

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

$$\text{Dominansi (D)} = \frac{\text{Luas bidang dasar suatu jenis}}{\text{luas total plot}}$$

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

Dominansi dihitung berdasarkan luas bidang dasar (basal area)

$$\text{Indeks Nilai Penting (INP)} = \text{KR} + \text{FR} + \text{DR}$$

Nilai INP digunakan untuk mengetahui tingkat dominasi atau peranan suatu spesies dalam suatu komunitas vegetasi. Selain INP, kualitas lingkungan dinilai menggunakan indeks keanekaragaman jenis Shannon-Wiener (H'). Penelitian (Ibrahim & Gurnita, 2025) mengemukakan keanekaragaman vegetasi pohon pada kawasan Taman Wisata Alam dapat dijadikan sebagai indikator kerusakan dan kualitas lingkungan Kawasan.

Rumus Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener:

$< H' < 3$  = Keanekaragaman sedang  
 $H' > 3$  = Keanekaragaman tinggi

Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener sebagai  $H' = - \sum_{i=1}^g p_i \ln p_i$  dikategorikan berikut:

Indeks kemerataan/keseragaman Shannon-Wiener

$$E_1' = \frac{H'}{H_{max}}$$

$H' < 1$  = Keanekaragaman rendah

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis vegetasi pohon di Kawasan Wisata Alam Tirta Rimba Kota Baubau mencakup perhitungan parameter ekologi meliputi Kerapatan (K), Kerapatan Relatif (KR), Frekuensi (F), Frekuensi Relatif (FR), Dominansi (D), Dominansi Relatif (DR), dan Indeks Nilai

Penting (INP). Dari hasil inventarisasi ditemukan sebanyak 17 jenis pohon yang terdistribusi pada seluruh plot pengamatan. Secara keseluruhan, total kerapatan seluruh jenis pohon adalah 0,03375 ind/m<sup>2</sup>, dengan total nilai INP mendekati 300%.

Tabel 1.  
 Hasil analisis struktur vegetasi pohon di kawasan wisata alam Tirta Rimba Kota Baubau

No.	Spesies	K (ind/m <sup>2</sup> )	KR (%)	F	FR (%)	D (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	DR (%)	INP (%)	H'	E
1	<i>Swietenia mahagoni</i>	0,009	26,67	0,75	8,82	21,94	27,44	62,93	0,352	0,082
2	<i>Swietenia macrophylla</i>	0,00325	9,63	0,50	5,88	7,16	8,96	24,47	0,225	0,069
3	<i>Dalbergia latifolia</i>	0,002375	7,04	0,50	5,88	6,88	8,60	21,52	0,187	0,063
4	<i>Ceiba pentandra</i>	0,000125	0,37	0,25	2,94	2,59	3,24	6,55	0,021	0,000
5	<i>Vitex cofassus</i>	0,007	20,74	1,00	11,76	8,75	10,94	43,45	0,326	0,081
6	<i>Cocos nucifera</i>	0,001125	3,33	0,25	2,94	1,05	1,31	7,59	0,113	0,052
7	<i>Arenga pinnata</i>	0,001	2,96	0,75	8,82	0,67	0,84	12,63	0,104	0,050
8	<i>Artocarpus altilis</i>	0,002	5,93	0,75	8,82	4,68	5,86	20,61	0,167	0,060
9	<i>Santalum album</i>	0,00125	3,70	0,75	8,82	5,29	6,61	19,14	0,122	0,053
10	<i>Chydenanthus excelsus</i>	0,0025	7,41	0,75	8,82	4,47	5,59	21,82	0,193	0,064
11	<i>Notholithocarpus densiflorus</i>	0,000375	1,11	0,25	2,94	0,02	0,02	4,08	0,050	0,046
12	<i>Ficus benjamina</i>	0,00025	0,74	0,25	2,94	6,83	8,54	12,23	0,036	0,052
13	<i>Albizia procera</i>	0,001375	4,07	0,50	5,88	4,55	5,69	15,65	0,130	0,054
14	<i>Ficus variegata</i>	0,00125	3,70	0,50	5,88	1,85	2,32	11,91	0,122	0,053
15	<i>Ficus racemosa</i>	0,000125	0,37	0,25	2,94	1,08	1,36	4,67	0,021	0,000
16	<i>Diospyros celebica</i>	0,000375	1,11	0,25	2,94	1,60	2,00	6,05	0,050	0,046
17	<i>Ochrosia elliptica</i>	0,000375	1,11	0,25	2,94	0,53	0,67	4,72	0,050	0,046
<b>Total / Rata-rata</b>		<b>0,03375</b>	<b>100</b>	<b>8,5</b>	<b>100</b>	<b>79,96</b>	<b>100</b>	<b>300</b>	<b>2,271</b>	<b>0,872</b>

Hasil analisis vegetasi pohon di Kawasan Wisata Alam Tirta Rimba ditemukan sebanyak 17 jenis pohon dari seluruh plot pengamatan (Tabel 1). Kerapatan (K) dan Kerapatan Relatif (KR) Total kerapatan seluruh jenis adalah 0,03375 ind/m<sup>2</sup>. Nilai ini merupakan penjumlahan kerapatan seluruh 17 jenis yang ditemukan, yang berarti rata-rata terdapat 0,002 ind/m<sup>2</sup> per jenis. Jenis dengan KR tertinggi adalah *Swietenia mahagoni* (26,67%) karena jenis ini paling banyak ditemukan secara individu di seluruh plot, sedangkan *Ceiba pentandra* dan *Ficus racemosa* terendah (0,37%) karena jumlah individunya sangat sedikit.

Frekuensi (F) dan Frekuensi Relatif (FR) Total frekuensi seluruh jenis adalah 8,5, yang mencerminkan akumulasi kehadiran semua jenis di setiap plot. Nilai ini tidak mencapai 17 (maksimum jika semua jenis hadir di semua plot) karena sebagian besar jenis hanya ditemukan di sebagian plot saja. *Vitex cofassus* memiliki FR tertinggi (11,76%) karena satu-satunya jenis yang hadir di seluruh plot (F = 1,00), sementara tujuh jenis lainnya hanya hadir di 25% plot (F = 0,25).

Dominansi (D) dan Dominansi Relatif (DR) Total dominansi seluruh jenis adalah 79,96 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, yang menggambarkan total luas bidang dasar seluruh pohon per satuan luas. Tidak mencapai nilai bulat 100 karena setiap jenis memiliki variasi diameter batang yang berbeda-beda. *Swietenia mahagoni* mendominasi (DR = 27,44%) karena pohon-pohonnya memiliki diameter batang terbesar, hasil dari pertumbuhan jangka panjang sejak program reboisasi. Sebaliknya, *Notholithocarpus densiflorus* terendah (DR = 0,02%) karena individunya masih berdiameter sangat kecil.

Indeks Nilai Penting (INP) Total INP seluruh jenis adalah ≈ 300%, yang merupakan hasil penjumlahan KR + FR + DR dari semua jenis. Nilai 300% ini bersifat absolut dan membuktikan bahwa perhitungan telah dilakukan secara benar. *Swietenia mahagoni* memiliki INP tertinggi (62,93%) karena unggul sekaligus dalam kerapatan, distribusi, dan ukuran batang. *Notholithocarpus densiflorus* memiliki INP terendah (4,08%) dibandingkan jenis lainnya di Kawasan penelitian. Kondisi ini menunjukkan bahwa keberadaan jenis tersebut relatif lebih

sedikit ditemukan pada plot pengamatan, dan penyebarannya tidak merata di seluruh Kawasan. Tingginya dominansi suatu jenis pohon pada kawasan hasil reboisasi menandakan keberhasilan awal restorasi,

Dominansi tunggal yang sangat tinggi oleh *Swietenia mahagoni* juga perlu dikaji lebih lanjut dari perspektif ekologis. Spesies dominan yang sangat efisien dalam penggunaan sumber daya dapat mengurangi peluang bagi spesies lain untuk bertahan dan berkembang, yang pada gilirannya mengurangi keanekaragaman vegetasi di suatu kawasan hutan. Kondisi ini mengindikasikan terjadinya homogenisasi vegetasi yang berdampak pada berkurangnya keanekaragaman spesies lokal. Dominansi ekstrem oleh satu jenis yang mencapai proporsi sangat tinggi dari total individu menyebabkan kategori keanekaragaman pohon berada pada tingkat yang lebih rendah, dan keberadaan spesies lokal memerlukan perhatian konservasi lebih lanjut untuk menjaga keberlanjutan ekologis kawasan. Penelitian (Wassel & Myers, 2025) menunjukkan bahwa Spesies dominan yang membatasi ruang dan sumber daya bagi spesies lain dapat meningkatkan intensitas kompetisi interspesifik, sehingga mengakibatkan eksklusi kompetitif dan berkurangnya keanekaragaman jenis dalam komunitas

Kerapatan (K) dan Kerapatan Relatif (KR). Total kerapatan seluruh jenis pohon di Kawasan Wisata Alam Tirta Rimba adalah 0,03375 ind/m<sup>2</sup> atau setara 337,5 individu/ha. (Fadillah et al., 2026) menyatakan bahwa perbedaan nilai kerapatan antar jenis mencerminkan adanya perbedaan kontribusi ekologis masing-masing spesies, di mana jenis dengan kerapatan tertinggi cenderung menjadi penentu utama struktur komunitas vegetasi pada suatu kawasan.

*Swietenia mahagoni* memiliki kerapatan relatif tertinggi (KR = 26,67%), kondisi ini berkaitan dengan sejarah reboisasi kawasan. (Yulianti et al., 2022) menjelaskan bahwa *Swietenia mahagoni* terbukti tumbuh baik dan mampu melakukan permudaan secara alami di kawasan hutan kota, sehingga mendominasi komposisi pohon pada areal yang pernah dijadikan lokasi penanaman masif. Hal ini diperkuat oleh (Fauziah & Fardhani, 2025;

Mokodompit et al., 2022) yang menemukan bahwa *Swietenia mahagoni* mendominasi dengan INP tertinggi sebesar 47,75% di kawasan tepi sungai Bone Bolango, yang menunjukkan kemampuan adaptasi dan daya tumbuh jenis ini yang tinggi pada berbagai tipe habitat.

*Vitex cofassus* menempati posisi kedua dengan KR = 20,74%, menandakan vegetasi asli kawasan yang masih terjaga. (Irwanto et al., 2019) menegaskan bahwa *Vitex cofassus* adalah jenis kayu endemik dengan penyebaran terbatas yang di Indonesia hanya tumbuh di Sulawesi, Maluku, dan Irian Jaya, sehingga kehadiran jenis ini dalam jumlah signifikan merupakan indikasi ekologis yang penting bagi kawasan TWA Tirta Rimba.

Frekuensi (F) dan Frekuensi Relatif (FR) Total frekuensi seluruh jenis adalah 8,5, jauh di bawah nilai maksimum 17, menunjukkan bahwa sebagian besar jenis hanya tersebar di sebagian plot dan tidak merata di seluruh kawasan. (Kusumo et al., 2016) menyatakan bahwa nilai frekuensi suatu jenis mencerminkan tingkat adaptasi dan toleransinya terhadap kondisi lingkungan, di mana jenis dengan frekuensi tinggi memiliki kemampuan tumbuh yang lebih luas pada berbagai kondisi habitat.

*Vitex cofassus* menjadi satu-satunya jenis dengan F = 1,00 (FR = 11,76%), ditemukan di seluruh plot pengamatan. (Adrianto et al., 2015) menunjukkan bahwa *Vitex cofassus* memiliki pola penyebaran yang relatif merata dengan kerapatan 28–29 pohon per hektar di kawasan Tahura Palu, yang membuktikan bahwa jenis ini mampu tumbuh dan bertahan pada berbagai kondisi habitat hutan di Sulawesi. Sebaliknya, tujuh jenis dengan F = 0,25 menunjukkan penyebaran sangat terbatas yang menurut (Fadillah et al., 2026) dapat dipengaruhi oleh kebutuhan habitat yang spesifik maupun persaingan antar jenis dalam pemanfaatan ruang tumbuh.

Dominansi (D) dan Dominansi Relatif (DR). Total dominansi seluruh jenis adalah 79,96 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, tidak mencapai 100 karena variasi diameter batang antar jenis yang berbeda. *Swietenia mahagoni* memiliki DR tertinggi (27,44%), mengindikasikan pohon-pohon mahoni memiliki diameter batang terbesar akibat

pertumbuhan jangka panjang. Menurut (Azuhra et al., 2026), dominansi tinggi *Swietenia mahagoni* disebabkan faktor antropogenik seperti penanaman spesifik untuk kehutanan atau upaya restorasi yang tidak mempertimbangkan aspek keanekaragaman hayati.

Temuan menarik adalah *Ficus benjamina* yang memiliki DR = 8,54% meskipun kerapatannya sangat rendah (KR = 0,74%). (Chairul & Arwin, 2025) menjelaskan bahwa ketidakseimbangan antara nilai kerapatan dan dominansi suatu jenis mengindikasikan adanya individu-individu pohon tua berukuran sangat besar yang menguasai ruang tumbuh secara tidak proporsional, dan keberadaannya mencerminkan proses suksesi ekologis jangka panjang dalam komunitas hutan.

Indeks Nilai Penting (INP) Total INP seluruh jenis mendekati 300%, mengonfirmasi keakuratan perhitungan karena INP merupakan penjumlahan KR + FR + DR. (Neagara et al., 2023) menegaskan bahwa INP dihitung berdasarkan penjumlahan KR, FR, dan DR sehingga semakin tinggi nilai INP suatu jenis maka semakin besar pula peran ekologisnya dalam komunitas vegetasi. *Swietenia mahagoni* mendominasi dengan INP = 62,93%, diikuti *Vitex cofassus* (INP = 43,45%). (Chairul & Arwin, 2025) menemukan pola yang serupa di Hutan Kota Bukit Langkisau Painan, di mana satu jenis pohon mendominasi dengan INP tertinggi 43,39% dan menjadi penentu utama struktur komunitas pohon kawasan tersebut, yang mengindikasikan bahwa kondisi demikian lazim ditemukan pada kawasan hutan kota yang memiliki sejarah penanaman tertentu.

Jenis dengan INP terendah seperti *Notholithocarpus densiflorus* (INP = 4,08%) memiliki ketiga komponen pembentuknya yang semuanya sangat rendah. (Fadillah et al., 2026) menyatakan bahwa jenis-jenis dengan INP rendah meskipun tidak dominan tetap berkontribusi dalam membentuk keanekaragaman dan kestabilan ekosistem secara keseluruhan, sehingga tetap perlu dipertahankan keberadaannya dalam upaya pengelolaan kawasan konservasi.

Pengukuran indeks keanekaragaman vegetasi Nilai H' = 2,271 yang termasuk dalam kategori

sedang ( $1 \leq H' \leq 3$ ), yang mengindikasikan bahwa komunitas pohon di Kawasan Wisata Alam Tirta Rimba berada dalam kondisi ekologis yang cukup stabil. Nilai keanekaragaman sedang di kawasan ini dipengaruhi oleh dominansi *Swietenia mahagoni* yang sangat tinggi (INP = 62,93%), yang menekan nilai kemerataan distribusi individu antar jenis. Penelitian (Zhao et al., 2022) menjelaskan bahwa komunitas hutan yang didominasi satu jenis dengan proporsi individu yang sangat tinggi mengakibatkan penurunan nilai kemerataan jenis secara drastis, sehingga menurunkan nilai indeks keanekaragaman meskipun jumlah jenis yang ditemukan relatif banyak. Namun demikian, nilai  $H' = 2,271$  yang mendekati batas atas kategori sedang mengindikasikan bahwa keberadaan 17 jenis pohon lainnya masih memberikan kontribusi yang cukup signifikan terhadap keanekaragaman hayati kawasan ini.

Nilai kemerataan  $E = 0,872$  termasuk dalam kategori tinggi ( $E > 0,6$ ), yang menunjukkan bahwa distribusi individu antar jenis pohon di kawasan ini relatif merata meskipun terdapat satu jenis yang mendominasi penelitian (Mokodompit et al., 2022) menyatakan bahwa nilai kemerataan yang tinggi pada suatu komunitas vegetasi mengindikasikan bahwa tidak ada satu jenis pun yang secara mutlak mendominasi seluruh komunitas, sehingga jenis-jenis lain masih memiliki peluang yang cukup untuk tumbuh dan berkembang dalam kawasan tersebut. Nilai kemerataan yang tinggi ini menjadi sinyal positif bahwa meskipun *Swietenia mahagoni* mendominasi, jenis-jenis pohon lainnya masih terdistribusi secara proporsional di kawasan TWA Tirta Rimba.

Berdasarkan nilai  $H' = 2,271$  dan  $E = 0,872$  tersebut, kualitas lingkungan Kawasan Wisata Alam Tirta Rimba Kota Baubau dapat dikategorikan dalam kondisi yang cukup baik. kemukakan dalam penelitian (Munawwaroh, 2016) bahwa Analisis keanekaragaman jenis merupakan hal yang sangat penting dalam perhitungan keanekaragaman suatu komunitas hutan karena hasil analisis tersebut dapat menjadi dasar untuk aksi-aksi konservasi dalam pengelolaan suatu kawasan hutan. Dengan demikian, nilai keanekaragaman sedang dan

kemerataan tinggi yang diperoleh pada penelitian ini menjadi landasan ilmiah yang penting bahwa kawasan TWA Tirta Rimba masih layak dipertahankan dan ditingkatkan kualitas pengelolaannya sebagai kawasan konservasi berbasis ekowisata.

#### IV. KESIMPULAN

Struktur vegetasi pohon di Kawasan Wisata Alam Tirta Rimba Kota Baubau didominasi oleh *Swietenia mahagoni* sebagai dampak dari sejarah reboisasi kawasan, sementara *Vitex cofassus* sebagai jenis endemik asli Sulawesi masih hadir secara merata di seluruh kawasan dan menjadi representasi vegetasi alami yang terjaga. Masih ditemukannya jenis-jenis pohon bernilai konservasi tinggi seperti *Dalbergia latifolia*, *Santalum album*, dan *Diospyros celebica* mengindikasikan bahwa kualitas lingkungan kawasan ini masih tergolong baik, yang diperkuat oleh nilai indeks keanekaragaman jenis ( $H' = 2,271$ ) yang termasuk kategori sedang dan nilai kemerataan ( $E = 0,872$ ) yang termasuk kategori tinggi, mencerminkan kondisi komunitas pohon yang relatif stabil dengan distribusi individu antar jenis yang proporsional.

Pengelola Kawasan Wisata Alam Tirta Rimba disarankan untuk melakukan pengayaan jenis (*enrichment planting*) dengan memprioritaskan penanaman jenis-jenis pohon asli hutan Sulawesi seperti *Vitex cofassus*, *Diospyros celebica*, dan *Dalbergia latifolia* guna mengurangi dominansi tunggal *Swietenia mahagoni* yang berpotensi menyebabkan homogenisasi vegetasi dan menurunkan keanekaragaman spesies lokal. Selain itu, jenis-jenis pohon bernilai konservasi tinggi yang ditemukan dalam jumlah terbatas perlu mendapatkan perlindungan khusus melalui penetapan zona perlindungan ketat di lokasi ditemukannya jenis tersebut. Data hasil penelitian ini juga hendaknya dijadikan sebagai dokumen ilmiah resmi dalam penyusunan Rencana Pengelolaan Kawasan TWA Tirta Rimba agar setiap keputusan pengelolaan memiliki landasan ekologis yang kuat dan berkelanjutan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto, Umar, H., & Toknok, B. (2015). Pola Penyebaran Pohon Gofasa (*Vitex cofassus* Reinw . Ex Blume ) Di Kawasan Tahura

- Palu. *Warta Rimba*, 3, 15–20.
- Azuhra, F., Fatina, I. N., Hasna, C. N., Hanifiyah, N., Azizy, M. K., & Muliya, E. (2026). Keanekaragaman Jenis Pohon dan Pola Penyebarannya pada Hutan Pantai dan Hutan Dataran Rendah di Kawasan Cagar Alam dan Taman Wisata Alam Pananjung Pangandaran. *Jurnal Biology Science & Education*, 15(1), 29–43.
- Chairul, & Arwin, L. S. I. A. (2025). *Analisis Vegetasi Tegakan Pohon Di Kawasan Hutan Kota Bukit Langkisau Painan, Pesisir Selatan*. 13(01), 1–7. <https://doi.org/10.25077/jbioua.11.1.1-6.2023>
- Fadillah, S., Fitriana, L. P., Nuvimbeur, S., Letsoin, N., Labibah, Z., Rahmawati, T. A., & Alfin, E. (2026). Analisis Struktur Vegetasi Dan Indeks Nilai Penting Pohon Sebagai Indikator Keanekaragaman Di Kebun Raya Cibinong, Kabupaten Bogor. *Jurnal Media Akademik (JMA)*, 4(1). <https://doi.org/DOI: 10.62281>,
- Fauziah, H. R., & Fardhani, D. M. (2025). Analisis Vegetasi Pohon Penyangga Kawasan Tepi Sungai Desa Meranti Kecamatan Tapa Kabupaten Bone Bolango. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3, 641–651.
- Harsono, R., Suba, R. B., Kustiawan, W., Aipassa, M. I., Sukartiningsih, & Rayadin, Y. (2024). Keanekaragaman Vegetasi pada Beberapa Umur Revegetasi di Lahan Reklamasi Pascatambang Batubara PT Indominco Mandiri, Kalimantan Timur. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(3), 589–599. <https://doi.org/10.14710/jil.22.3.589-599>
- Ibrahim, Y., & Gurnita. (2025). Keragaman Tumbuhan di dalam Kawasan Taman Wisata Alam Cimanggu, Jawa Barat. *Biosfer, Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, 10(1), 87–93. <https://doi.org/https://doi.org/10.23969/biosfer.v10i1.26935>
- Irwanto, Tuhumury, A., Sahupala, A., Pelupessy, L., Loi watu, M., Siahaya, L., Tetelay, F., & Oszaer, R. (2019). *Pohon Maluku: Penyebaran, Pemanfaatan dan Budidaya*. Pattimura University Press. Ambon
- Jannah, S. N., Khotimperwati, L., Utami, S., Artiningsih, & Sophianingrum, M. (2024). Analisis Vegetasi Pohon di Kawasan Wisata Curug Gondoriyo Kota Semarang, Jawa Tengah. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(4), 972–980. <https://doi.org/10.14710/jil.22.4.972-980>
- Kusumo, A., Bambang, A. N., & Izzati, M. (2016). Struktur Vegetasi Kawasan Hutan Alam dan Hutan Rer degradasi di Taman Nasional Tesso Nilo. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 14(1), 19–26. <https://doi.org/10.14710/jil.14.1.19-26>
- Mokodompit, R., Kandowanko, N. Y., & Hamidun, M. S. (2022). Keanekaragaman Tumbuhan di Kampus Universitas Negeri Gorontalo. *Biosfer, Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, 7(1), 75–80. <https://doi.org/https://doi.org/10.23969/biosfer.v7i1.5651>
- Munawwaroh, A. (2016). Penerapan Analisis Vegetasi Di Hutan Mbeji Daerah Wonosalam Jombang. *Jurnal Pedagogia*, 5(1), 103–110. <https://doi.org/https://doi.org/10.21070/pedagogia.v5i1.93>
- Neagara, M. S., Muhammad, F., & Maryono, M. (2023). Keanekaragaman Flora dan Fauna Hutan Lindung Kasinan Kota Batu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(4), 987–991. <https://doi.org/10.14710/jil.21.4.987-991>
- Priandeni, F. N., Prasetya, J. D., Aji, W., Kristanto, D., Suharwanto, & Lukito, H. (2024). Analisis Vegetasi dan Kualitas Lingkungan Ekosistem Mangrove di Ekowisata Tracking Mangrove Taman Nasional Karimunjawa. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan SATU BUMI, November*, 251–259.
- Safe, R., Kaskoyo, H., Darmawan, A., & Haikal, F. F. (2021). Keanekaragaman Jenis Pohon Sebagai Salah Satu Indikator Kesehatan Hutan Lindung (Studi Kasus di Kawasan Hutan Lindung yang Dikelola oleh HKm Beringin Jaya) Tree diversity as an indicator of protected Forest health (Case Study in Protected. *Jurnal Belantara*, 4(1), 89–97. <https://doi.org/https://doi.org/10.29303/jbl>

- v4i1.601
- Sari, N. S., Hadi, S., & Susetyarini, R. E. (2021). Analisis struktur dan komposisi vegetasi tumbuhan di taman hutan raya raden soerjo prigen pasuruan. *Ulin: Jurnal Hutan Tropis*, 5(1),122–133. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.32522/ujht.v5i2.5336>
- Saroh, I., & Krisdianto. (2020). Manfaat Ekologis Kanopi Pohon Terhadap Iklim Mikro Di Ruang Terbuka Hijau Kawasan Perkotaan. *Jurnal Hutan Dan Masyarakat.*, 12(2), 136–145. <https://doi.org/10.24259/jhm.v12i2.10040>
- Setyaningsih, L., Silaturahmi, Mulya, H., Rusli, A. R., & Habib, S. (2022). Komposisi Dan Keanekaragaman Jenis Pohon Di Kawasan Izin Usaha Pertambangan PT. Antam Ubpe Pongkor, Bogor. *Jurnal Nusa Sylva*, 22(2), 55–67. <https://doi.org/https://doi.org/10.31938/jns.v22i2.487>
- Wassel, A. C., & Myers, J. A. (2025). Pawpaws prevent predictability : A locally dominant tree alters understory beta-diversity and community assembly. *Ecosphere*, August 2024,1–14. <https://doi.org/10.1002/ecs2.70115>
- Yulianti, M., Pamungkas, A. G., Maisaroh, M., Hestiani, S., Lestari, N. S., Wicaksono, D., Abdulah, L., Qirom, A., & Effendi, R. (2022). Analisis Vegetasi Model Hutan Kota: Studi Kasus KHDTK Cikampek di Purwakarta, Jawa Barat (Vegetation Analysis of Urban Forest Model: A Case Study of KHDTK Cikampek in Purwakarta, West Java). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 19(2), 123–136. <https://doi.org/https://doi.org/10.20886/jpht.2022.19.2.123-136>
- Zhao, Z., Hui, G., & Yang, A. (2022). Assessing tree species diversity in forest ecosystems : A new approach. *Frontiers in Ecology and Evolution*, October, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.971585>

## **Penerapan Model *Team Games Tournament* untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Materi Sistem Gerak Kelas XI IPA 1 SMA PASUNDAN 7**

May Naila Zahra<sup>1</sup>, Lyra Sylva Bestiani<sup>2</sup>, Fitri Aryanti<sup>3</sup>, Mimi Halimah<sup>4</sup>  
Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Pasundan  
Jl. Tamansari No. 4-8, Kota Bandung, 40116, Indonesia  
*e-mail: zahnailamay@gmail.com*

### **Abstrak**

Materi sistem gerak manusia merupakan salah satu materi biologi yang cukup kompleks sehingga sering menimbulkan kesulitan belajar dan berdampak pada rendahnya hasil belajar siswa. Salah satu alternatif pembelajaran yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah tipe *Teams Games Tournament* (TGT) dalam model pembelajaran kooperatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan hasil belajar siswa setelah penerapan tipe pembelajaran TGT pada materi sistem gerak manusia di kelas XI IPA 1 SMA Pasundan 7 Kota Bandung. Penelitian menggunakan metode pre-eksperimen dengan desain *One Group Pretest-Posttest Design*. Subjek penelitian berjumlah 34 siswa. Data diperoleh melalui tes awal (pretest) dan tes akhir (posttest), kemudian dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan perhitungan N-Gain. Hasil penelitian menunjukkan nilai N-Gain minimum sebesar 0,25, maksimum 1,00, dan rata-rata sebesar 0,83 yang termasuk kategori tinggi. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa penerapan tipe *Teams Games Tournament* (TGT) efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa pada materi sistem gerak manusia melalui keterlibatan aktif siswa dalam kegiatan diskusi, permainan akademik, dan turnamen. Hasil penelitian ini berimplikasi pada penggunaan tipe TGT sebagai salah satu alternatif pembelajaran biologi yang dapat meningkatkan hasil belajar dan partisipasi siswa, khususnya pada materi yang memiliki karakteristik konseptual seperti sistem gerak manusia.

**Kata Kunci** – hasil belajar, pembelajaran kooperatif, sistem gerak manusia, *Teams Games Tournament* (TGT)

### **Abstract**

The human movement system is a complex biology topic that often causes learning difficulties and contributes to low student learning outcomes. One alternative approach to address this issue is the implementation of the *Teams Games Tournament* (TGT) type within cooperative learning. This study aimed to determine the improvement in students' learning outcomes after the implementation of TGT on the human movement system topic in Class XI IPA 1 at SMA Pasundan 7 Bandung. The study employed a pre-experimental method using a *One Group Pretest-Posttest Design*. The participants consisted of 34 students. Data were collected through a pretest and posttest and analyzed using descriptive statistics and N-Gain calculations. The results showed a minimum N-Gain score of 0.25, a maximum score of 1.00, and an average score of 0.83, which falls into the high category. These findings indicate that the implementation of TGT was effective in improving students' learning outcomes on the human movement system topic by encouraging active participation through group discussions, academic games, and tournaments. The implications of this study suggest that TGT can be used as an alternative strategy in biology learning to enhance student engagement and learning outcomes, particularly in conceptually challenging topics such as the human movement system.

**Keywords:** biology learning outcomes, cooperative learning, human movement system, *Teams Games Tournament* (TGT)

## I. PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan salah satu aspek penting dalam upaya meningkatkan kualitas sumber daya manusia (Desmawan dkk., 2023). Melalui pendidikan peserta didik tidak hanya memperoleh pengetahuan, tetapi juga mengembangkan keterampilan, sikap, dan kemampuan berpikir yang diperlukan untuk menghadapi berbagai tantangan kehidupan (Juita dkk., 2024). Keberhasilan proses pendidikan di sekolah sangat dipengaruhi oleh kualitas pembelajaran yang berlangsung di dalam kelas (Fentari dkk., 2023). Oleh karena itu, guru dituntut untuk mampu memilih dan menerapkan model pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik materi maupun peserta didik agar tujuan pembelajaran dapat tercapai secara optimal (Khalisatun Husna dkk., 2025).

Biologi merupakan salah satu cabang ilmu pengetahuan alam yang mempelajari berbagai fenomena kehidupan, mulai dari tingkat sel hingga organisme secara keseluruhan (Wijaya Saputra & Fahrudin, 2024). Pembelajaran biologi tidak hanya menekankan penguasaan konsep, tetapi juga kemampuan peserta didik dalam memahami hubungan antar konsep, memecahkan masalah, serta menerapkan pengetahuan dalam kehidupan sehari-hari (Nurahmawati dkk., 2025). Namun, pada kenyataannya, pembelajaran biologi masih menghadapi berbagai kendala. Materi yang banyak memuat istilah ilmiah dan konsep abstrak sering kali menyebabkan peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami materi secara mendalam (Rohmawati dkk., 2023). Akibatnya, proses pembelajaran cenderung berpusat pada guru dan peserta didik hanya menghafal konsep tanpa memahami makna sebenarnya, sehingga berdampak pada rendahnya hasil belajar (Asrina dkk., 2025).

Salah satu materi biologi yang sering dianggap sulit oleh peserta didik adalah sistem gerak manusia (Fadiya Hallaby & Hamama, 2025). Materi ini memuat berbagai konsep yang saling berkaitan, seperti struktur dan fungsi tulang, otot, sendi, mekanisme kerja otot, serta berbagai gangguan pada sistem gerak. Kompleksitas materi tersebut menuntut peserta didik untuk memiliki pemahaman konseptual yang baik (Putri Nurita Sari dkk., 2024). Apabila proses pembelajaran masih didominasi metode konvensional, peserta didik cenderung kurang aktif dalam membangun pengetahuannya sendiri sehingga pemahaman konsep dan hasil belajar yang diperoleh menjadi kurang optimal (Saputra dkk., 2025).

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan suatu model pembelajaran yang mampu membantu peserta didik memahami konsep sistem gerak manusia secara lebih mendalam, meningkatkan keaktifan belajar, serta mendorong interaksi antar peserta didik selama proses pembelajaran berlangsung. Kebutuhan tersebut muncul karena materi sistem gerak manusia tidak hanya menuntut kemampuan menghafal konsep, tetapi juga pemahaman mengenai hubungan antara struktur dan fungsi organ penyusun sistem gerak. Oleh karena itu, diperlukan model pembelajaran yang dapat menciptakan suasana belajar yang interaktif, melibatkan peserta didik secara aktif, serta memberikan kesempatan untuk berdiskusi dan bertukar informasi dalam membangun pemahaman konsep. Salah satu pendekatan yang memiliki karakteristik tersebut adalah pembelajaran kooperatif. Pembelajaran kooperatif memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk belajar bersama dalam kelompok, saling membantu, bertukar informasi, dan bekerja sama dalam menyelesaikan

permasalahan pembelajaran (Nestiadi dkk., 2024). Melalui proses tersebut, peserta didik tidak hanya memperoleh pengetahuan akademik yang lebih baik, tetapi juga mengembangkan keterampilan sosial yang mendukung keberhasilan proses pembelajaran (Natasya Nurul Lathifa dkk., 2024).

Salah satu model pembelajaran yang dapat diterapkan untuk meningkatkan keterlibatan peserta didik adalah model pembelajaran kooperatif (*cooperative learning*). Model pembelajaran kooperatif menekankan kegiatan belajar dalam kelompok kecil yang heterogen sehingga peserta didik dapat saling membantu, berdiskusi, dan bekerja sama dalam mencapai tujuan pembelajaran (Nestiadi dkk., 2024). Salah satu tipe dalam model pembelajaran kooperatif yang banyak digunakan adalah *Teams Games Tournament* (TGT) (Wirdiyana dkk., 2024). TGT merupakan tipe pembelajaran kooperatif yang menggabungkan kerja sama kelompok dengan permainan akademik dan turnamen (Agustin dkk., 2023). Dalam penerapannya, peserta didik ditempatkan dalam kelompok yang heterogen untuk mempelajari materi bersama, kemudian mengikuti permainan dan kompetisi akademik yang dirancang untuk mengukur pemahaman mereka terhadap materi yang telah dipelajari (Noor arifah & Musdalidah Nurdin, 2025). Adanya unsur permainan dan kompetisi dalam model ini dapat menciptakan suasana belajar yang lebih menyenangkan, meningkatkan motivasi belajar, serta mendorong peserta didik untuk berpartisipasi aktif selama proses pembelajaran berlangsung (Darmansyah dkk., 2025).

Karakteristik *Teams Games Tournament* (TGT) yang menggabungkan kerja sama kelompok, permainan akademik, dan turnamen telah banyak diteliti serta menunjukkan hasil

yang positif terhadap proses pembelajaran. Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan TGT mampu meningkatkan hasil belajar peserta didik. Pada materi sistem koordinasi, penerapan TGT dilaporkan dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik secara bertahap pada setiap siklus pembelajaran. Rata-rata nilai *posttest* dan persentase ketuntasan belajar mengalami peningkatan setelah dilakukan perbaikan pembelajaran melalui aktivitas diskusi, permainan, dan turnamen akademik yang melibatkan seluruh peserta didik secara aktif (Kurniasih, 2022). Hasil yang serupa juga ditemukan pada penelitian lain yang menerapkan metode TGT pada materi sistem regulasi. Penelitian tersebut menunjukkan adanya peningkatan nilai rata-rata hasil belajar dan ketuntasan klasikal setelah peserta didik mulai terbiasa dengan mekanisme pembelajaran TGT, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih efektif dan menyenangkan (Astuti, 2021).

Efektivitas penerapan tipe *Teams Games Tournament* (TGT) juga terlihat pada materi sistem gerak manusia. Penelitian yang membandingkan TGT dengan pembelajaran langsung menunjukkan bahwa peserta didik yang belajar menggunakan TGT memperoleh peningkatan hasil belajar yang tinggi dibandingkan peserta didik yang mengikuti pembelajaran langsung. Selain meningkatkan hasil belajar, TGT juga mampu mendorong peserta didik untuk lebih aktif dalam diskusi kelompok, memanfaatkan tutor sebaya, serta membangun pemahaman konsep melalui pengalaman belajar yang lebih bermakna (Ahmad dkk., 2023).

Selain penerapan model pembelajaran kooperatif tipe TGT, beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa model pembelajaran yang berpusat pada peserta didik dapat meningkatkan

hasil belajar biologi. Salah satu model yang telah banyak diterapkan adalah *Student Facilitator and Explaining* (SFAE). Pada materi sistem gerak manusia, penerapan model pembelajaran SFAE terbukti memberikan pengaruh positif terhadap hasil belajar peserta didik. Melalui model ini, peserta didik diberi kesempatan untuk menjelaskan kembali materi kepada teman-temannya sehingga mereka menjadi lebih aktif, lebih percaya diri, dan mampu memahami konsep secara lebih mendalam (Sabo & Fadhilah, 2021). Temuan tersebut menunjukkan bahwa keterlibatan aktif peserta didik dalam proses pembelajaran memiliki peranan penting dalam meningkatkan hasil belajar.

Peningkatan hasil belajar juga dapat didukung oleh penggunaan media pembelajaran yang menarik. Salah satu media yang telah terbukti efektif adalah media KOKAMI (Kotak dan Kartu Misterius). KOKAMI merupakan media pembelajaran yang terdiri atas sebuah kotak yang berisi kartu-kartu berisi pertanyaan, perintah, atau informasi yang berkaitan dengan materi pembelajaran. Dalam penggunaannya, peserta didik secara bergantian mengambil kartu dari kotak kemudian menjawab pertanyaan atau menyelesaikan tugas yang terdapat pada kartu tersebut. Kegiatan ini mendorong peserta didik untuk berpartisipasi aktif, berpikir kritis, serta berinteraksi dengan teman sekelompoknya selama proses pembelajaran berlangsung. Penelitian pada materi sistem gerak manusia menunjukkan bahwa penggunaan media KOKAMI memberikan pengaruh positif terhadap hasil belajar peserta didik. Media ini mampu menciptakan suasana belajar yang lebih interaktif, meningkatkan motivasi belajar, serta mendorong peserta didik untuk terlibat secara aktif dalam kegiatan pembelajaran sehingga hasil belajar yang diperoleh menjadi lebih baik

dibandingkan pembelajaran konvensional (Lastiur Siahaan dkk., 2023). Temuan tersebut menunjukkan bahwa penggunaan media yang melibatkan partisipasi aktif peserta didik dapat menjadi salah satu faktor yang mendukung peningkatan hasil belajar biologi.

Temuan penelitian yang lebih baru menunjukkan bahwa penerapan model TGT tidak hanya berdampak pada peningkatan hasil belajar, tetapi juga mampu mengembangkan keterampilan sosial peserta didik. Pada materi klasifikasi makhluk hidup, model TGT terbukti meningkatkan kemampuan kerja sama, tanggung jawab, empati, perilaku asertif, dan kontrol diri peserta didik selama proses pembelajaran berlangsung. Keterampilan sosial tersebut berkontribusi terhadap terciptanya lingkungan belajar yang lebih kondusif dan pada akhirnya mendukung peningkatan hasil belajar peserta didik (Maisaroh & Erman, 2026).

Berdasarkan berbagai hasil penelitian tersebut, dapat diketahui bahwa model pembelajaran yang melibatkan partisipasi aktif peserta didik, interaksi sosial, kerja sama kelompok, dan suasana belajar yang menyenangkan memiliki potensi besar dalam meningkatkan hasil belajar biologi. Model pembelajaran kooperatif *Teams Games Tournament* (TGT) merupakan salah satu model yang mampu memfasilitasi keterlibatan peserta didik secara aktif melalui kegiatan diskusi kelompok, permainan edukatif, dan turnamen akademik. Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan model TGT dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik pada berbagai materi biologi, termasuk sistem koordinasi dan sistem gerak (Kurniasih, 2022; Astuti, 2021; Ahmad dkk., 2023). Namun, penerapan model tersebut pada peserta didik kelas XI IPA 1 SMA Pasundan 7 Kota Bandung

belum pernah dilakukan sehingga efektivitasnya dalam meningkatkan hasil belajar pada materi sistem gerak perlu dikaji lebih lanjut.

Meskipun penelitian mengenai penerapan tipe *Teams Games Tournament* (TGT) pada materi sistem gerak manusia telah dilakukan sebelumnya, penelitian yang mengkaji peningkatan hasil belajar menggunakan analisis N-Gain pada peserta didik kelas XI SMA dengan karakteristik dan lingkungan belajar yang berbeda masih terbatas. Selain itu, penerapan tipe TGT pada materi sistem gerak manusia di kelas XI IPA 1 SMA Pasundan 7 Kota Bandung belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk memperoleh gambaran mengenai peningkatan hasil belajar peserta didik setelah penerapan tipe TGT pada konteks pembelajaran yang berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya melalui desain *One Group Pretest-Posttest*.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui peningkatan hasil belajar siswa setelah penerapan model pembelajaran kooperatif tipe *Teams Games Tournament* (TGT) pada materi sistem gerak manusia di kelas XI IPA 1 SMA Pasundan 7. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif model pembelajaran yang dapat digunakan guru dalam meningkatkan kualitas pembelajaran biologi serta hasil belajar peserta didik.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode pre-eksperimen dengan desain *One Group Pretest-Posttest Design*. Rancangan tersebut dipilih untuk melihat perubahan hasil belajar peserta didik sebelum dan sesudah penerapan model pembelajaran *Team Games Tournament* (TGT) pada materi sistem gerak manusia. Pada tahap awal, peserta didik diberikan *pretest* untuk

memperoleh gambaran mengenai kemampuan awal yang dimiliki. Setelah itu, kegiatan pembelajaran dilaksanakan dengan menerapkan model pembelajaran *Team Games Tournament* (TGT). Di akhir pembelajaran, peserta didik kembali diberikan *posttest* guna mengetahui hasil belajar setelah memperoleh perlakuan.

Penelitian dilaksanakan di SMA Pasundan 7 Kota Bandung pada semester ganjil tahun ajaran 2025/2026. Subjek penelitian terdiri atas seluruh peserta didik kelas XI IPA 1 yang berjumlah 34 orang, baik laki-laki maupun perempuan. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *sampling jenuh* (total sampling), yaitu seluruh anggota populasi dijadikan sebagai sampel penelitian.

Pengumpulan data dilakukan menggunakan instrumen tes hasil belajar yang disusun berdasarkan indikator pencapaian kompetensi pada materi sistem gerak manusia (Nehru & Ohairullah, 2022). Instrumen yang digunakan berupa soal pilihan ganda dan soal uraian (Wahida dkk., 2025). Tes tersebut diberikan sebelum dan sesudah proses pembelajaran untuk memperoleh data mengenai hasil belajar peserta didik setelah penerapan model pembelajaran *Team Games Tournament* (TGT) (Septiyanto Putri, 2025).

Prosedur penelitian terdiri atas tiga tahap, yaitu tahap persiapan, pelaksanaan, dan akhir. Pada tahap persiapan dilakukan penyusunan perangkat pembelajaran, penyusunan instrumen penelitian, serta penentuan kelas penelitian. Pada tahap pelaksanaan, peserta didik diberikan *pretest*, kemudian mengikuti pembelajaran menggunakan model *Teams Games Tournament* (TGT) yang meliputi kegiatan penyajian materi, diskusi kelompok, permainan akademik, dan turnamen. Setelah seluruh rangkaian

pembelajaran selesai, peserta didik diberikan *posttest*. Tahap akhir dilakukan dengan mengolah dan menganalisis data hasil penelitian untuk mengetahui peningkatan hasil belajar peserta didik.

Data yang diperoleh dari hasil *pretest* dan *posttest* selanjutnya dianalisis menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif. Tingkat peningkatan hasil belajar dihitung melalui nilai *Normalized Gain* (N-Gain) dengan rumus:

$$N\text{-Gain} = \frac{\text{Skor Posttest} - \text{Skor Pretest}}{\text{Skor Maksimum} - \text{Skor Pretest}}$$

Nilai N-Gain yang diperoleh kemudian dikelompokkan ke dalam kategori tinggi, sedang, dan rendah sehingga dapat memberikan gambaran mengenai peningkatan hasil belajar peserta didik setelah mengikuti pembelajaran model *Team Games Tournament* (TGT) (Sri Rezeki dkk., 2024). Kriteria interpretasi nilai N-Gain yaitu: kategori tinggi ( $g > 0,70$ ), kategori sedang ( $0,30 \leq g \leq 0,70$ ), dan kategori rendah ( $g < 0,30$ ).

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan hasil belajar siswa setelah diterapkan model pembelajaran *Team Games Tournament* (TGT) pada materi sistem gerak manusia di kelas XI IPA 1 SMA Pasundan 7. Data hasil belajar diperoleh melalui tes awal (*pretest*) dan tes akhir (*posttest*), kemudian dianalisis menggunakan perhitungan *N-Gain*. Berdasarkan hasil analisis data menggunakan SPSS, diperoleh statistik deskriptif nilai *N-Gain* hasil belajar siswa yang disajikan pada,

**Tabel 1. Statistik Deskriptif Nilai N-Gain Hasil Belajar Siswa**

Var	N	Min.	Max.	Mean	Std. Deviasi
N-Gain	34	0,25	1,00	0,83	0,22

Sumber: Data primer diolah peneliti (2025)

Berdasarkan tabel tersebut, jumlah siswa yang dianalisis sebanyak 34 orang. Nilai *N-Gain* minimum yang diperoleh siswa adalah 0,25, sedangkan nilai maksimum mencapai 1,00. Nilai rata-rata (*mean*) *N-Gain* sebesar 0,83, dengan standar deviasi sebesar 0,22. Nilai rata-rata *N-Gain* sebesar 0,83 termasuk ke dalam kategori tinggi (Wahab dkk., 2021). Hal ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan hasil belajar siswa yang tinggi setelah diterapkan model pembelajaran *Team Games Tournament* (TGT) pada materi sistem gerak manusia (Azkia Fazra & Pima Sari Tambunan, 2025).

#### B. Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa penerapan tipe *Team Games Tournament* (TGT) mampu meningkatkan hasil belajar siswa kelas XI IPA 1 SMA Pasundan 7 pada materi sistem gerak manusia. Hal tersebut ditunjukkan oleh nilai rata-rata *N-Gain* sebesar 0,83 yang termasuk dalam kategori tinggi. Nilai tersebut menunjukkan bahwa terjadi peningkatan hasil belajar yang signifikan setelah siswa mengikuti pembelajaran menggunakan tipe TGT dibandingkan dengan kondisi sebelum pembelajaran dilaksanakan (Setiana dkk., 2025).

Tingginya peningkatan hasil belajar pada penelitian ini diduga berkaitan dengan karakteristik TGT yang menempatkan siswa sebagai pusat kegiatan pembelajaran. Pada tahap diskusi kelompok, siswa tidak hanya menerima informasi dari guru, tetapi juga terlibat aktif dalam bertukar informasi, mengemukakan pendapat, dan membantu anggota kelompok yang

mengalami kesulitan memahami materi. Kegiatan tersebut memungkinkan siswa membangun pemahamannya melalui proses diskusi dan interaksi antarteman sehingga konsep yang dipelajari menjadi lebih bermakna dan mudah dipahami (Kamelia Elbayani et al., 2024). Selain itu, keterlibatan aktif siswa selama proses pembelajaran diketahui dapat meningkatkan perhatian, motivasi, dan retensi terhadap materi yang dipelajari sehingga berdampak pada peningkatan hasil belajar (Laksana dkk., 2025).

Peningkatan hasil belajar juga diduga dipengaruhi oleh adanya unsur permainan akademik dan turnamen dalam TGT. Kegiatan permainan mampu menciptakan suasana belajar yang lebih menarik dan menyenangkan sehingga siswa lebih termotivasi untuk mengikuti pembelajaran. Sementara itu, turnamen akademik mendorong setiap siswa untuk mempersiapkan diri dengan lebih baik karena keberhasilan kelompok ditentukan oleh kontribusi masing-masing anggota. Kondisi tersebut menyebabkan siswa lebih aktif mempelajari materi dan berusaha memahami konsep secara mendalam. Dengan demikian, proses pembelajaran tidak hanya berfokus pada penyampaian materi oleh guru, tetapi juga melibatkan siswa secara langsung dalam kegiatan belajar yang menuntut partisipasi aktif dan tanggung jawab individu terhadap pembelajaran.

Karakteristik TGT dinilai sesuai untuk diterapkan pada materi sistem gerak manusia yang memuat berbagai konsep yang saling berkaitan, seperti struktur dan fungsi tulang, otot, sendi, mekanisme kerja otot, serta gangguan pada sistem gerak. Materi tersebut tidak cukup dipahami melalui kegiatan menghafal, tetapi memerlukan pemahaman mengenai hubungan antarkonsep. Melalui kegiatan diskusi kelompok dan permainan akademik, siswa memiliki

kesempatan untuk mendiskusikan materi, bertukar pemahaman, dan mengklarifikasi konsep yang belum dipahami. Proses tersebut membantu siswa membangun pemahaman yang lebih utuh sehingga hasil belajar yang diperoleh menjadi lebih baik (Fenezia & Armiami, 2025).

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Kurniasih (2022) yang menunjukkan bahwa penerapan tipe TGT pada materi sistem koordinasi mampu meningkatkan hasil belajar siswa. Peningkatan tersebut terlihat dari kenaikan nilai rata-rata *posttest* dan persentase ketuntasan belajar pada setiap siklus pembelajaran. Keterlibatan siswa dalam kegiatan diskusi, permainan, dan turnamen menjadi salah satu faktor yang mendukung peningkatan hasil belajar tersebut. Temuan serupa juga dilaporkan Astuti (2021) yang menunjukkan bahwa penerapan TGT pada materi sistem regulasi mampu meningkatkan rata-rata hasil belajar dan ketuntasan klasikal siswa setelah mereka terbiasa dengan mekanisme pembelajaran yang diterapkan.

Temuan penelitian ini juga mendukung hasil penelitian Ahmad dkk. (2023) yang membandingkan penerapan TGT dengan pembelajaran langsung pada materi sistem gerak manusia. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa siswa yang belajar menggunakan TGT memperoleh peningkatan hasil belajar yang lebih tinggi dibandingkan siswa yang mengikuti pembelajaran langsung. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran yang melibatkan kerja sama kelompok, diskusi, dan aktivitas belajar siswa secara langsung lebih efektif dalam membantu siswa memahami konsep dibandingkan pembelajaran yang berpusat pada guru.

Selain penelitian mengenai TGT, hasil penelitian ini juga memiliki kesamaan dengan

penelitian Sabo & Fadhilah (2021) yang menunjukkan bahwa model *Student Facilitator and Explaining* (SFAE) mampu meningkatkan hasil belajar melalui keterlibatan aktif siswa dalam menjelaskan kembali materi kepada teman sebayanya. Kesamaan tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran yang memberikan kesempatan siswa untuk aktif berpartisipasi, berdiskusi, dan berinteraksi selama proses pembelajaran cenderung menghasilkan pemahaman konsep yang lebih baik dibandingkan pembelajaran yang bersifat pasif.

Hasil penelitian ini juga didukung oleh penelitian Lastiur Siahaan dkk. (2023) yang menunjukkan bahwa penggunaan media KOKAMI pada materi sistem gerak manusia mampu meningkatkan hasil belajar siswa. Media tersebut menciptakan suasana belajar yang lebih interaktif dan menarik sehingga siswa lebih termotivasi untuk terlibat dalam pembelajaran. Karakteristik tersebut sejalan dengan TGT yang memadukan aktivitas belajar kelompok dengan unsur permainan sehingga proses pembelajaran menjadi lebih menyenangkan dan tidak monoton.

Penelitian terbaru oleh Maisaroh & Erman (2026) juga menunjukkan bahwa penerapan TGT tidak hanya meningkatkan hasil belajar, tetapi juga mampu mengembangkan keterampilan sosial siswa, seperti kerja sama, tanggung jawab, empati, perilaku asertif, dan kontrol diri. Keterampilan sosial tersebut berkontribusi terhadap terciptanya lingkungan belajar yang kondusif dan mendukung keberhasilan pembelajaran. Kondisi ini memperkuat hasil penelitian bahwa efektivitas TGT tidak hanya terletak pada aspek akademik, tetapi juga pada kemampuannya dalam meningkatkan keterlibatan siswa selama proses pembelajaran.

Berdasarkan hasil penelitian dan berbagai penelitian terdahulu, dapat diketahui bahwa tipe pembelajaran *Teams Games Tournament* (TGT) merupakan salah satu model pembelajaran kooperatif yang efektif untuk meningkatkan hasil belajar siswa. Melalui kegiatan diskusi kelompok, permainan akademik, dan turnamen, siswa memperoleh pengalaman belajar yang lebih aktif dan menyenangkan sehingga pemahaman terhadap materi sistem gerak manusia dapat meningkat secara optimal. Hal tersebut tercermin dari nilai rata-rata N-Gain sebesar 0,83 yang menunjukkan bahwa penerapan TGT memberikan peningkatan hasil belajar yang tinggi pada siswa kelas XI IPA 1 SMA Pasundan 7.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan model pembelajaran kooperatif tipe *Team Games Tournament* (TGT) mampu meningkatkan hasil belajar siswa kelas XI IPA 1 SMA Pasundan 7 Kota Bandung pada materi sistem gerak manusia. Peningkatan tersebut ditunjukkan oleh nilai rata-rata N-Gain sebesar 0.83 yang termasuk dalam kategori tinggi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan tipe TGT efektif dalam membantu siswa memahami konsep sistem gerak manusia melalui kegiatan diskusi kelompok, permainan akademik, dan turnamen yang melibatkan partisipasi aktif siswa selama proses pembelajaran.

Implementasi tipe TGT dalam pembelajaran biologi dapat digunakan sebagai salah satu alternatif pembelajaran untuk menciptakan suasana belajar yang lebih aktif, interaktif, dan menyenangkan. Melalui kegiatan kerja sama kelompok, siswa memperoleh kesempatan untuk bertukar informasi, mengemukakan pendapat,

serta memperkuat pemahaman konsep yang dipelajari. Oleh karena itu, tipe *Team Games Tournament* (TGT) dapat dipertimbangkan sebagai salah satu strategi pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan hasil belajar biologi peserta didik, khususnya pada materi sistem gerak manusia.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, D., Regina, B. D., & Wardani, R. S. (2023). Penerapan Model Teams Games Tournament (TGT) Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Matematika Siswa Kelas V-B Sekolah Dasar. *PARAMETER: Jurnal Pendidikan Universitas Negeri Jakarta*, 36 (2), 150–165. <https://doi.org/10.21009/parameter.362.04>
- Ahmad, M. A., Syamsiah, & Lodang, H. (2023). Perbedaan Hasil Belajar Siswa Yang Dibelajarkan Menerapkan Model Teams Games Tournament Dengan Model Pembelajaran Langsung. *ORYZA (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 12 (1), 43–49. <https://doi.org/10.33627/oz.v12i1.1058>
- Asrina, N., Bialangi, M. S., Mawaddah, H., Buntu, A., Rafiqah, R., & Agni, R. (2025). Analisis Kesulitan Belajar Siswa pada Mata Pelajaran Biologi Kelas X MAS Al-Ikhlâs Karya Mukti. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 13 (2), 1020–1029. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i2.16138>
- Astuti, S. (2021). Meningkatkan Hasil Belajar Biologi Materi Sistem Koordinasi Dengan Metode TGT (Team Games Tournament) Pada Peserta Didik Kelas XI IPA2 SMA Negeri 3 Pandeglang Tahun pelajaran 2018/2019. *Metakognisi: Jurnal Kajian Pendidikan*, 3 (1), 38–43. <https://doi.org/https://doi.org/10.57121/met.a.v3i1.8>
- Azkiya Fazra BrBerutu, K., & Pima Sari Tambunan, E. (2025). *TGT learning model assisted by puzzle on students' learning outcomes in the excretory system*. 22 (3), 2035–2050. <https://doi.org/10.64014/jik.v22i3.149>
- Darmansyah, F., Rahayu, S. P., & Haris, A. (2025). Pemanfaatan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Teams Games Tournament (TGT) untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik pada Mata Pelajaran Desain Grafis Percetakan di SMK Muhammadiyah 2 Tangerang. In *Journal Of Management and Business*. <https://ejournal.univbhaktiasih.ac.id/index.php/mass>
- Desmawan, D., Aleyda, F., Universitas, C., Tirtayasa, A., Darwin, R., Salsyabila, S., Universitas, P., & Rizqina, A. (2023). Analisis Peran Pendidikan Terhadap Kualitas Sumber Daya Manusia Guna Meningkatkan Produktivitas Masyarakat Di DKI Jakarta. In *Jurnal Ilmu Manajemen, Ekonomi dan Kewirausahaan* (Vol. 1, Number 2). <https://jakarta.bps.go.id/>
- Fadiya Hallaby, S., & Hamama, S. F. (2025). Identifikasi Konsep Biologi Yang Dianggap Sulit Oleh Siswa Sekolah Menengah Atas: *a systematic literature review*. In *Januari* (Vol. 9, Number 1). <http://jurnal.abulyatama.ac.id/index.php/dedikasi>
- Fathurrohman, M. F., Naziihah, H. S., Andika, K. D., Nurhaliza, S. S., Rokhmani, N., Siswi, T., Biologi, P., Keguruan, F., Pendidikan, I., Sali, U., & Bandung, A.-A. (2026). *Review Deep Learning Sebagai Strategi Inovatif Pembelajaran di Tiap Jenjang: Efektifitas terhadap Kurikulum Merdeka*. Fathurrohman dkk. *Review Deep Learning EduBiologia*, 6 (1), 15–21.

- <https://doi.org/10.30998/edubiologia.v6i1.2163>
- Fenezia, F., & Armiati, A. (2025). *The Effectiveness of the Team Games Tournament (TGT) Cooperative Learning Model Supported by Digital Interactive Media: A Systematic Literature Review. Indonesian Journal of Education and Social Studies*, 4 (3), 324–336. <https://doi.org/10.33650/ijess.v4i3.12798>
- Fentari, R., Ermawati, E., & Primawati, Y. (2023). Meningkatkan Kualitas Pembelajaran Pendidik Melalui Model Kooperatif Tipe *Picture and Picture*. *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran*, 6, 3618–3626.
- Juita, D. P., Priya, P., Azwardi, M., & Amra, A. (2024). Pentingnya Pengembangan Sumber Daya Manusia pada Lembaga Pendidikan. *Indo-MathEdu Intellectuals Journal*, 5 (3), 3068–3077. <https://doi.org/10.54373/imeij.v5i3.1243>
- Kamelia Elbayani, A., Zalva, ; Gunawan, N., Nazda, E., Firdausi, R., Noviar, D., Runtut, ; Utami, P., Biologi, P., Negeri, I., & Kalijaga, S. (2024). Implikasi Penerapan Model Pembelajaran *Teams Game Tournament* Terhadap Hasil Belajar Siswa Pada Pembelajaran Biologi: *Systematic literature review*. *Jurnal Esabi*, 70–82. <https://doi.org/10.37301/esabi.v6i2.55>
- Khalisatun Husna, Tiara Lubis, Fikri Hamdi Siregar, & Abdul Fattah Nasution. (2025). Eksplorasi Peran Guru dalam Pemilihan Metode Pembelajaran yang Sesuai dengan Karakteristik Siswa. *Realisasi : Ilmu Pendidikan, Seni Rupa Dan Desain*, 2 (3), 107–118. <https://doi.org/10.62383/realisasi.v2i3.735>
- Kurniasih, W. (2022). Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe *Teams Games Tournament* Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Sistem Koordinasi Pada Siswa Kelas XI-A1 SMA Negeri 1 Manyaran. *Jurnal Inovasi Pendidikan Menengah*, 2.
- Laksana, D., Suminar, T., Subali, B., & Widiarti, N. (2025). *Literature Review Of Teams Games Tournament Learning Model Timeframe 2019-2025*. <http://jurnal.stkipgritulungagung.ac.id/index.php/eduproxima>
- Lastiur Siahaan, V., Veronika Situmorang, M., Silaban, W., & Siagian, G. (2023). Pengaruh Media KOKAMI Terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas XI Pada Materi Sistem Gerak Pada Manusia (Vol. 02, Number 01).
- Maisaroh, S., & Erman. (2026). Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe *Teams Games Tournament* (TGT) pada Materi Klasifikasi Makhluk Hidup untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 16, 408–417. <https://doi.org/10.37630/jpm.v16i2.4207>
- Natasya Nurul Lathifa, Khairil Anisa, Sri Handayani, & Gusmaneli Gusmaneli. (2024). Strategi Pembelajaran Kooperatif dalam Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa. *CENDEKIA: Jurnal Ilmu Sosial, Bahasa Dan Pendidikan*, 4 (2), 69–81. <https://doi.org/10.55606/cendekia.v4i2.2869>
- Nehru, & Ohairullah. (2022). Meningkatkan Hasil Belajar Biologi Dengan Menggunakan Model Pembelajaran *Teams Games Tournament* (TGT) Siswa SMAN 2 Woha Tahun Pelajaran 2021/2022. <https://jurnal.jomparnd.com/index.php/jupeci>
- Nestiadi, A., Pujiningsih, T., Lestari, P. K., Rohmawati, W., & Andriani, W. (2024). Strategi Keterampilan Kolaboratif melalui

- Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe *Jigsaw Learning* Di SMP Negeri 1 Ciruas. 398–402. <https://doi.org/10.59435/gjmi.v2i11.1018>
- Noor arifah, M., & Musdalidah Nurdin, suwito. (2025). Penerapan Model *Teams Games Tournament (TGT)* Untuk Meningkatkan Keaktifan Belajar dan Rasa Percaya Diri Peserta Didik kelas XE3 SMAN 1 Palu Pada materi perubahan Lingkungan. 7, 128–139.
- Nurahmawati, D., Sophian, S. K., Aliyah, S. R., Magdalena, S. E., Suryanda, A., Safitri, D., & Pusparini, F. (2025). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Biologi Materi Komponen Ekosistem dan Interaksinya pada Siswa kelas X. *Risenologi*, 10 (1), 27–35. <https://doi.org/10.21009/risenologi.101.04>
- Putri Nurita Sari, I., Ferry, D., & Biologi Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan IAIN Kerinci Jl Alamat Perguruan Tinggi, T. (2024). Analisis Kesulitan Belajar Siswa pada Mata Pelajaran Biologi di SMA. & *Pend.Bio*, 9 (2).
- Rohmawati, I. N., Santi, T. K., & Prasetyo, T. H. (2023). Strategi Guru Dalam Mengatasi Kesulitan Belajar Siswa Di Ma Darul Latief Ar Rosyid Kabat Kabupaten Banyuwangi *Teacher's Strategy In Overcoming Students' Learning Difficulties At Ma Darul Latief Ar Rosyid Kabat Banyuwangi Regency. In Bio Educatia Journal* (Vol. 3, Number 2). <http://www.jurnal.untag-banyuwangi.ac.id/index.php/bioeducatiajournal>
- Sabo, H., & Fadhilah, N. (2021). Pengaruh Model Pembelajaran *Student Facilitator And Explaining* (SFAE) Terhadap Hasil Belajar Siswa Pada Materi Sistem Gerak Pada Manusia Kelas XI IPA MA Negeri Tana Toraja. *Jurnal Riset dan Inovasi Pembelajaran*, 1 (2), 43.
- Saputra, I. D., Oktavianie, K., Hernawati, D., Mulyaningsih, S., & Biologi, P. (2025). *Article* Efektivitas Model Pembelajaran Kooperatif Tipe *Card Sort* Terhadap Hasil Belajar Siswa Pada Materi Sistem Reproduksi. *In Jurnal Life Science* (Vol. 7, Number 2).
- Septiyanto Putri, L. (2025). Efektivitas Model Pembelajaran Kooperatif Tipe *Team Games Tournament* Dalam Peningkatan Hasil Belajar Siswa Sekolah Dasar. <http://ejournal.yayasanpendidikandzurriyatulquran.id/index.php/ihsan>
- Setiana, Condro Murti, R., Edi Wibowo, S., & Muning Sayekti, O. (2025). *The Impact Of The Team Games Tournament Cooperative Learning Model On Students' Motivation And Mathematics Achievement In Elementary Schools*. 18 (1), 2025. <https://doi.org/10.21831/jpip.v18i1.86814>
- Sri Rezeki, W., Kurniawati, R. P., & Komaladewi, R. (2024). Penerapan Model Pembelajaran *Teams Games Tournament (TGT)* untuk Meningkatkan Hasil Belajar Bahasa Indonesia Siswa Kelas 5 di Sekolah Dasar. 8(6).<https://doi.org/10.31004/basicedu.v8i6.8761>
- Wahab, A., Junaedi, J., & Azhar, Muh. (2021). Efektivitas Pembelajaran Statistika Pendidikan Menggunakan Uji Peningkatan N-Gain di PGMI. *Jurnal Basicedu*, 5 (2), 1039–1045. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i2.845>
- Wahida, Nasruddin, & Musnidah. (2025). Implementasi Model *Teams Games Tournament (TGT)* dalam Pembelajaran Barisan dan Deret. *Journal Of Mathematics Learning Innovation (JMLI)*, 4 (1), 43–50.

<https://doi.org/10.35905/jmlipare.v4i1.118>

81

Wijaya Saputra, A. D., & Fahrudin, M. M. (2024). Ilmu Biologi Sel dan Studinya Sebagai Penyusun Makhluk Hidup: Bukti Kekuasaan Allah SWT dalam Ciptaan-Nya. *Es-Syajar: Journal of Islam, Science and Technology Integration*, 2 (2), 198–208. <https://doi.org/10.18860/es.v2i2.24453>

Wirdiyana, N., Nurul Hidayati, I., Putri Setyorini, W., & Zein Tarsidi, D. (2024). Dari Permainan ke Pembelajaran : Bisakah TGT Memotivasi Minat Belajar Peserta Didik Dalam Pendidikan Pancasila SD. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran*, 16825–16829.

## Pengaruh *Locus of Control* terhadap Minat Belajar Biologi pada Materi Fotosintesis Kelas VIII SMP

Yulinda Siregar\*, Ismiarti, Ari Susilowati, Dina Astuty, Sastri Nilawati, Yuli Yulianti, Asriyani Nurro Sidawati, Dinia Ika Rahmayants, Ade Lina Permatasari, Widyati

Pendidikan Magister MIPA, Fakultas Pendidikan MIPA, Universitas Indraprasta PGRI  
Jl. Nangka No.58C, RT.4/RW.5, Tanjung Barat, Kec. Jagakarsa, Jakarta Selatan  
e-mail \*: [yulindasiregar139@gmail.com](mailto:yulindasiregar139@gmail.com)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh *locus of control* terhadap minat belajar biologi pada materi fotosintesis siswa SMP. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode survei dan desain *ex post facto*. Populasi penelitian adalah siswa kelas VIII SMP yang telah mempelajari materi fotosintesis, dengan sampel sebanyak 65 siswa yang dipilih menggunakan teknik *simple random sampling*. Pengumpulan data dilakukan melalui angket *locus of control* yang mengacu pada skala Rotter dan angket minat belajar yang disusun berdasarkan indikator perasaan senang, ketertarikan, perhatian, keterlibatan, dan *intention to act*. Instrumen penelitian telah memenuhi kriteria validitas dan reliabilitas. Analisis data dilakukan menggunakan statistik deskriptif dan regresi linear sederhana dengan bantuan program statistik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *locus of control* berpengaruh signifikan terhadap minat belajar biologi pada materi fotosintesis dengan nilai signifikansi 0,000 ( $p < 0,05$ ). Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,319 menunjukkan bahwa *locus of control* memberikan kontribusi sebesar 31,9% terhadap minat belajar siswa. Temuan ini mengindikasikan bahwa siswa yang memiliki kecenderungan *locus of control* internal menunjukkan minat belajar yang lebih tinggi dibandingkan siswa dengan kecenderungan *locus of control* eksternal. Dampak temuan ini, kemampuan pemahaman konsep siswa dengan *locus of control* internal lebih tinggi. Implikasi dari penelitian adalah penguatan *locus of control* internal perlu menjadi perhatian dalam pembelajaran biologi untuk meningkatkan minat belajar siswa. Dampaknya

**Kata kunci:** *locus of control*, minat belajar, pembelajaran biologi

### Abstract

This study aimed to analyze the effect of *locus of control* on junior high school students' interest in learning Biology, particularly the topic of photosynthesis. The study employed a quantitative approach using a survey method with an *ex post facto* design. The population consisted of eighth-grade students who had studied photosynthesis, with a sample of 65 students selected through *simple random sampling*. Data were collected using a *locus of control* questionnaire adapted from Rotter's scale and a learning interest questionnaire developed from indicators of enjoyment, interest, attention, involvement, and *intention to act*. The research instruments met the requirements of validity and reliability. Data were analyzed using descriptive statistics and simple linear regression with the assistance of statistical software. The results revealed that *locus of control* had a significant effect on students' interest in learning Biology on the topic of photosynthesis, with a significance value of 0.000 ( $p < 0.05$ ). The coefficient of determination ( $R^2$ ) value of 0.319 indicated that *locus of control* contributed 31.9% to the variance in students' learning interest. These findings suggest that students with a stronger internal *locus of control* tend to exhibit higher interest in learning compared to those with a predominantly external *locus of control*. Furthermore, students with an internal *locus of control* demonstrated better conceptual understanding of photosynthesis. The implication of this study is that strengthening students' internal *locus of control* should become an important consideration in Biology instruction to enhance learning interest and improve conceptual understanding.

**Keywords:** *locus of control*, interest in learning, biology learning

## I. PENDAHULUAN

Pendidikan biologi di jenjang Sekolah Menengah Pertama (SMP) memiliki peran penting dalam membangun pemahaman siswa terhadap fenomena alam dan proses kehidupan (Yanti et al., 2019). Salah satu materi fundamental yang dipelajari dalam biologi adalah fotosintesis. Materi ini menjadi dasar bagi pemahaman berbagai konsep lain, seperti aliran energi dalam ekosistem, respirasi sel, metabolisme tumbuhan, serta hubungan antara makhluk hidup dan lingkungannya. Oleh karena itu, penguasaan konsep fotosintesis menjadi salah satu indikator penting dalam pembelajaran biologi di SMP.

Meskipun demikian, berbagai penelitian menunjukkan bahwa fotosintesis merupakan salah satu materi biologi yang paling sulit dipahami oleh siswa (Yulia & Syamsyurizal, 2025). Penelitian yang dilakukan oleh Azzahrah et al., (2024) menyatakan bahwa siswa membutuhkan bahan ajar yang menarik, dan aktivitas yang mendukung keantusiasme dalam pembelajaran dan minat belajar siswa. Sehingga siswa yang sering mengalami miskonsepsi terkait sumber makanan tumbuhan, fungsi klorofil, proses pembentukan glukosa, serta hubungan antara fotosintesis dan respirasi diminimalisir. Kesulitan memahami konsep-konsep tersebut menyebabkan sebagian siswa kurang tertarik untuk mempelajari materi fotosintesis secara mendalam (Solihin & Dedah, 2022). Akibatnya, proses pembelajaran menjadi kurang optimal dan berdampak pada rendahnya keterlibatan siswa dalam kegiatan belajar (Mursidik & Madiun, 2023,. Solihin S et al., 2025).

Minat belajar merupakan salah satu faktor afektif yang berperan penting dalam keberhasilan pembelajaran. Minat belajar dapat diartikan sebagai kecenderungan individu untuk merasa senang, tertarik, memberikan perhatian, serta terlibat aktif dalam suatu kegiatan belajar (Mursidik & Madiun, 2023). Menurut penelitian

yang dilakukan oleh Azzahrah et al., (2024) minat belajar memiliki pengaruh yang signifikan terhadap perhatian, keterlibatan, ketekunan, dan pencapaian akademik siswa. Siswa yang memiliki minat tinggi cenderung lebih aktif mencari informasi, bertanya, berdiskusi, dan berusaha memahami materi yang dipelajari dibandingkan siswa yang memiliki minat rendah (Liana Azizah & Hakim, 2025).

Berbagai penelitian di Indonesia juga menunjukkan bahwa minat belajar menjadi salah satu prediktor penting keberhasilan belajar siswa (Solihin et al., 2025). Penelitian yang dilakukan oleh beberapa peneliti pendidikan sains menunjukkan bahwa rendahnya minat belajar sering kali berkorelasi dengan rendahnya hasil belajar dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran biologi (Nahdiah., 2021). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan minat belajar perlu menjadi perhatian utama dalam upaya meningkatkan kualitas pembelajaran biologi di sekolah (Mardana et al., 2023,. Giawa, 2023,. Zamilah et al., 2023,. Solihin, Bae, et al., 2025).

Salah satu faktor internal yang diduga memengaruhi minat belajar siswa adalah *locus of control*. Konsep *locus of control* diperkenalkan oleh Julian B. Rotter yang menjelaskan bahwa individu memiliki keyakinan tertentu mengenai pengendali terhadap berbagai peristiwa yang dialaminya (Rulinawaty et al., 2022). Individu dengan *locus of control* internal meyakini bahwa keberhasilan dan kegagalan yang dialami merupakan hasil dari usaha, kemampuan, dan tindakan yang dilakukan sendiri. Sebaliknya, individu dengan *locus of control* eksternal cenderung menganggap bahwa keberhasilan atau kegagalan lebih dipengaruhi oleh faktor luar seperti keberuntungan, nasib, atau bantuan orang lain (Nallapothula et al., 2026).

*Locus of control* dalam konteks pendidikan, berkontribusi terhadap cara siswa merespons tantangan belajar. Penelitian yang dilakukan Hassan & Akbar (2020) menunjukkan bahwa siswa dengan *locus of control* internal memiliki motivasi belajar yang lebih tinggi, lebih bertanggung jawab terhadap tugas akademik, dan lebih gigih dalam menghadapi kesulitan belajar.

Temuan tersebut menunjukkan bahwa keyakinan siswa terhadap kemampuan mengendalikan hasil belajarnya dapat membentuk perilaku belajar yang lebih positif.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Mahanal et al., (2026) menemukan bahwa *locus of control* berhubungan positif dengan prestasi akademik dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran. Siswa yang percaya bahwa keberhasilan belajar ditentukan oleh usaha pribadi cenderung lebih aktif dalam mencari sumber belajar, menyelesaikan tugas, dan mempertahankan konsistensi belajar. Hasil penelitian tersebut mengindikasikan bahwa *locus of control* dapat menjadi faktor psikologis yang memengaruhi ketertarikan dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran.

Di Indonesia, penelitian mengenai *locus of control* juga telah banyak dilakukan. Misalnya, penelitian Arsini et al., (2023) menemukan bahwa *locus of control* berpengaruh positif terhadap motivasi belajar siswa SMA. Penelitian Rulinawaty et al., (2022) menunjukkan bahwa *locus of control* memiliki hubungan yang signifikan dengan kemandirian belajar siswa. Selanjutnya, penelitian Sarwanto (2021) melaporkan bahwa *locus of control* berkontribusi terhadap hasil belajar siswa pada mata pelajaran IPA. Hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa *locus of control* merupakan psikologis yang penting dalam mendukung keberhasilan belajar

Meskipun demikian, hasil penelusuran literatur menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian terdahulu lebih banyak mengkaji pengaruh *locus of control* terhadap motivasi belajar, hasil belajar, prestasi akademik, *self-regulated learning*, dan kemandirian belajar. Penelitian yang secara khusus menghubungkan *locus of control* dengan minat belajar masih relatif terbatas. Dengan demikian, terdapat gap konseptual karena minat belajar sebagai aspek afektif yang berperan penting dalam pembelajaran belum banyak diteliti dalam kaitannya dengan *locus of control* (Zahra et al., 2021).

Selain itu, sebagian besar penelitian terdahulu dilakukan pada konteks pembelajaran secara umum atau pada mata pelajaran matematika dan pendidikan umum. Penelitian yang secara spesifik mengkaji hubungan *locus of control* dengan minat belajar dalam pembelajaran biologi masih sangat terbatas. Kondisi ini menunjukkan adanya gap kontekstual, yaitu kurangnya penelitian yang menempatkan *locus of control* dalam konteks pembelajaran biologi, khususnya pada materi fotosintesis yang memiliki tingkat kompleksitas konsep cukup tinggi.

Gap berikutnya terletak pada materi pembelajaran yang diteliti. Sebagian besar penelitian sebelumnya tidak memfokuskan kajian pada topik tertentu dalam biologi. Padahal, karakteristik setiap materi memiliki tingkat kesulitan dan tantangan yang berbeda. Fotosintesis merupakan salah satu materi yang diketahui memiliki tingkat miskonsepsi tinggi pada siswa SMP sehingga memerlukan perhatian khusus. Namun, hingga saat ini masih sedikit penelitian yang mengkaji bagaimana *locus of control* memengaruhi minat belajar siswa pada materi fotosintesis. Hal ini menunjukkan adanya gap empiris yang perlu diteliti lebih lanjut.

Selain itu, penelitian *locus of control* lebih banyak dilakukan pada siswa SMA dan mahasiswa, sedangkan penelitian pada siswa SMP masih relatif terbatas. Padahal, siswa SMP berada pada fase perkembangan kognitif dan afektif yang sangat penting dalam pembentukan sikap, keyakinan diri, dan minat terhadap pembelajaran sains. Oleh karena itu, penelitian pada jenjang SMP menjadi penting untuk memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai faktor-faktor yang memengaruhi minat belajar siswa.

Berdasarkan uraian tersebut, kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada pengkajian pengaruh *locus of control* terhadap minat belajar biologi secara spesifik pada materi fotosintesis di tingkat SMP. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang lebih banyak berfokus pada motivasi, hasil belajar, atau prestasi akademik, penelitian ini menempatkan minat belajar sebagai variabel utama yang dipengaruhi oleh *locus of control*. Selain itu, penelitian ini mengangkat

konteks materi fotosintesis yang masih jarang diteliti dalam kajian psikologi pendidikan biologi. Dengan demikian, penelitian berjudul "Pengaruh *Locus of Control* terhadap Minat Belajar Biologi pada Materi Fotosintesis: Studi pada Siswa SMP" diharapkan dapat memberikan kontribusi teoretis dalam pengembangan kajian psikologi pendidikan biologi serta memberikan masukan praktis bagi guru dalam merancang pembelajaran yang mampu meningkatkan minat belajar siswa terhadap materi fotosintesis.

## II. METODE PENELITIAN

Bagian ini merupakan bagian yang mengemukakan teori dan kerangka pikir berikut prosedur pemecahan dari permasalahan yang dihadapi, dilengkapi dengan informasi lokasi, waktu, bahan dan metode yang dipakai, dilanjutkan pemaparan., yang diuraikan singkat dan jelas. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode survei dan desain penelitian *ex post facto* (Nurfaisah & Said, 2022). Penelitian bertujuan untuk menganalisis pengaruh *locus of control* terhadap minat belajar biologi pada materi fotosintesis siswa SMP. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah *locus of control*, sedangkan variabel terikat adalah minat belajar biologi pada materi fotosintesis.

Penelitian dilaksanakan pada siswa kelas VIII SMP yang telah mempelajari materi fotosintesis. Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas VIII pada sekolah yang menjadi lokasi penelitian. Sampel penelitian berjumlah 65 siswa yang dipilih menggunakan teknik *simple random sampling*. Teknik ini digunakan agar setiap anggota populasi memiliki kesempatan yang sama untuk terpilih sebagai responden penelitian. Pengumpulan data dilakukan menggunakan instrumen angket dengan skala Likert lima tingkat, yaitu Sangat Setuju (SS), Setuju (S), Ragu-ragu (R), Tidak Setuju (TS), dan Sangat Tidak Setuju (STS). Instrumen *locus of control* disusun berdasarkan indikator tanggung jawab terhadap hasil belajar, keyakinan terhadap kemampuan diri, kemandirian belajar, ketekunan dalam menghadapi kesulitan, dan keyakinan bahwa keberhasilan ditentukan oleh usaha.

Sementara itu, instrumen minat belajar biologi pada materi fotosintesis disusun berdasarkan indikator perasaan senang, ketertarikan terhadap materi, perhatian selama pembelajaran, keterlibatan dalam aktivitas belajar, dan keinginan untuk mempelajari materi lebih lanjut.

Sebelum digunakan dalam penelitian, instrumen diuji validitas dan reliabilitasnya. Uji validitas dilakukan menggunakan korelasi *Product Moment Pearson*, sedangkan uji reliabilitas dilakukan menggunakan koefisien *Cronbach's Alpha* (Rizalie & Basuki, 2022). Instrumen dinyatakan valid apabila nilai koefisien korelasi lebih besar dari nilai *r* tabel pada taraf signifikansi 5%, dan dinyatakan reliabel apabila nilai *Cronbach's Alpha* lebih besar dari 0,70.

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan statistik inferensial. Analisis deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan tingkat *locus of control* dan minat belajar siswa berdasarkan nilai rata-rata, persentase, standar deviasi, serta kategori skor. Sebelum pengujian hipotesis dilakukan, data terlebih dahulu diuji normalitas dan linearitas untuk memastikan terpenuhinya asumsi analisis parametrik.

Pengujian hipotesis dilakukan menggunakan analisis regresi linear sederhana dengan bantuan IBM SPSS Statistics versi 26. Analisis ini digunakan untuk mengetahui pengaruh *locus of control* terhadap minat belajar biologi pada materi fotosintesis siswa SMP. Kriteria pengambilan keputusan dilakukan pada taraf signifikansi 5% ( $\alpha = 0,05$ ). Hipotesis penelitian diterima apabila nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05. Selain itu, nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) digunakan untuk mengetahui besarnya kontribusi *locus of control* terhadap minat belajar siswa.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

**Tabel 1. Distribusi *Locus of Control* Siswa**

Kategori	Rentang Skor	Frekuensi	Persentase (%)
Internal	0–8	24	36,9
Moderat	9–17	31	47,7

Eksternal	18-27	10	15,4
Total		65	100

Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar siswa berada pada kategori *locus of control* moderat sebanyak 31 siswa (47,7%). Sebanyak 24 siswa (36,9%) memiliki *locus of control* internal, sedangkan 10 siswa (15,4%) termasuk kategori *locus of control* eksternal.

**Tabel 2. Statistik Deskriptif Variabel Penelitian**

Variabel	N	Minimum	Maksimum	Mean	SD
<i>Locus of Control</i>	65	3	24	11,58	4,62
Minat Belajar Fotosintesis	65	58	96	79,83	8,13

Rata-rata skor *locus of control* siswa sebesar 11,58 yang menunjukkan keenderungan berada pada kategori moderat. Sementara itu, rata-rata minat belajar fotosintesis sebesar 79,83 yang termasuk kategori tinggi.

**Tabel 3. Hasil Uji Normalitas**

Variabel	Sig. Kolmogorov-Smirnov	Keterangan
<i>Locus of Control</i>	0,200	Normal
Minat Belajar Fotosintesis	0,178	Normal

Karena nilai signifikansi lebih besar dari 0,05, maka data berdistribusi normal.

**Tabel 4. Hasil Uji Linearitas**

Sumber Variasi	F	Sig.
Deviation from Linearity	1,137	0,329

Karena nilai signifikansi  $0,329 > 0,05$ , maka hubungan *locus of control* dan minat belajar bersifat linear.

**Tabel 5. Hasil Regresi Linear Sederhana**

Variabel	B	Std. Error	Beta	t	Sig.
Konstanta	92,451	3,214	-	28,761	0,000
<i>Locus of Control</i>	-0,589	0,201	0,565	-5,418	0,000

**Persamaan Regresi**

$$Y = 92.451 - 0.589X$$

Koefisien regresi bernilai negatif (-0,589), yang berarti semakin tinggi skor *locus of control* (semakin eksternal), maka minat belajar siswa cenderung menurun. Sebaliknya, semakin rendah skor *locus of control* (semakin internal), maka minat belajar siswa semakin tinggi.

**Tabel 6. Uji ANOVA**

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	1985,321	1	1985,321	29,353	0,000
Residual	4261,817	63	67,648		
Total	6247,138	64			

Model regresi signifikan karena nilai Sig. = 0,000 < 0,05.

**Tabel 7. Koefisien Determinasi**

R	R Square	Adjusted R Square
0,565	0,319	0,308

Nilai R Square sebesar 0,319 menunjukkan bahwa *locus of control* memberikan kontribusi sebesar 31,9% terhadap minat belajar biologi pada materi fotosintesis. Sisanya sebesar 68,1% dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak diteliti.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *locus of control* berpengaruh signifikan terhadap minat belajar biologi pada materi fotosintesis siswa SMP dengan nilai signifikansi sebesar 0,000 ( $p < 0,05$ ). Temuan ini menunjukkan bahwa keyakinan mengenai sumber pengendali keberhasilan belajar memiliki kontribusi terhadap

tingkat ketertarikan, perhatian, dan keterlibatan mereka dalam mempelajari materi fotosintesis. Semakin kuat keenderungan *locus of control* internal yang dimiliki siswa, semakin tinggi pula minat belajar yang ditunjukkan. Sebaliknya, siswa yang memiliki *locus of control* eksternal cenderung menunjukkan minat belajar yang lebih rendah karena menganggap keberhasilan belajar lebih dipengaruhi oleh faktor di luar dirinya (Sarwanto, 2021).

Secara teoretis, hasil penelitian ini sejalan dengan teori *locus of control* yang dikemukakan oleh Julian B. Rotter yang menyatakan bahwa individu dengan *locus of control* internal meyakini bahwa hasil yang diperoleh merupakan konsekuensi dari usaha dan tindakan yang dilakukan sendiri (Ul Hassan & Akbar, 2020). Dalam konteks pendidikan, keyakinan tersebut mendorong siswa untuk lebih bertanggung jawab terhadap proses belajar yang dijalani. Ketika siswa merasa bahwa keberhasilan memahami materi fotosintesis bergantung pada usaha dan strategi belajar yang mereka lakukan, maka mereka cenderung menunjukkan perhatian yang lebih besar terhadap pembelajaran serta memiliki kemauan yang tinggi untuk memahami materi secara mendalam (Solihin et al., 2020).

Temuan penelitian ini juga mendukung hasil penelitian yang dilakukan oleh Solihin et al., (2020) yang menemukan bahwa siswa dengan *locus of control* internal memiliki motivasi belajar yang lebih tinggi dibandingkan siswa dengan *locus of control* eksternal. Motivasi yang tinggi tersebut mendorong siswa untuk lebih aktif mengikuti pembelajaran, mencari informasi tambahan, dan mempertahankan usahanya ketika menghadapi kesulitan. Kondisi tersebut pada akhirnya berkontribusi terhadap terbentuknya minat belajar yang lebih kuat. Dengan demikian, *locus of control* tidak hanya berhubungan dengan aspek kognitif berupa pencapaian akademik, tetapi juga berperan dalam aspek afektif berupa minat belajar.

Berdasarkan hasil analisis deskriptif, sebagian besar siswa berada pada kategori *locus of control* moderat dan internal. Kondisi ini menunjukkan bahwa mayoritas siswa telah memiliki keyakinan yang cukup baik terhadap kemampuan dirinya

dalam mengendalikan keberhasilan belajar. Kepercayaan tersebut memungkinkan siswa untuk lebih optimis dalam menghadapi materi fotosintesis yang dikenal memiliki tingkat kompleksitas tinggi. Materi fotosintesis tidak hanya menghafal konsep, tetapi juga memahami hubungan antara cahaya matahari, karbon dioksida, air, klorofil, dan proses pembentukan glukosa. Oleh karena itu, siswa yang memiliki keyakinan bahwa keberhasilan belajar dapat dicapai melalui usaha yang sungguh-sungguh akan lebih terdorong untuk mempelajari materi tersebut secara aktif.

Hasil penelitian ini juga sejalan dengan penelitian Nallapothula et al., (2026) yang melaporkan bahwa siswa dengan *locus of control* internal cenderung memiliki keterlibatan akademik yang lebih tinggi dibandingkan siswa dengan *locus of control* eksternal. Keterlibatan akademik merupakan salah satu indikator penting dalam pembentukan minat belajar. Ketika siswa terlibat secara aktif dalam kegiatan pembelajaran, seperti mengajukan pertanyaan, berdiskusi, melakukan pengamatan, menyelesaikan tugas yang diberikan, maka ketertarikan terhadap materi pembelajaran akan meningkat. Pada materi fotosintesis, keterlibatan tersebut dapat terlihat melalui partisipasi siswa dalam kegiatan praktikum sederhana, pengamatan tumbuhan, maupun diskusi mengenai faktor-faktor yang memengaruhi laju fotosintesis.

Besarnya kontribusi *locus of control* terhadap minat belajar sebesar 31,9% menunjukkan bahwa faktor ini memiliki peran yang cukup kuat dalam membentuk minat belajar siswa. Namun demikian, masih terdapat 68,1% variasi minat belajar yang dipengaruhi oleh faktor lain di luar penelitian ini. Faktor-faktor tersebut dapat berupa motivasi belajar, dukungan orang tua, kompetensi guru, strategi pembelajaran, lingkungan sekolah, fasilitas belajar, maupun karakteristik materi yang dipelajari. Temuan ini mengindikasikan bahwa minat belajar merupakan konstruk yang kompleks dan dipengaruhi oleh berbagai faktor internal maupun eksternal yang saling berinteraksi dalam proses pembelajaran. Temuan tersebut sesuai dengan penelitian Oré, (2023) yang menyatakan bahwa faktor internal dan

eksternal dapat mempengaruhi intention to act siswa atau minat siswa dalam belajar. Berdasarkan *Theory of Planned Behavior* (TPB), niat bertindak (*behavioral intention*) merupakan prediktor terdekat yang menentukan munculnya suatu perilaku. Semakin kuat niat seseorang untuk melakukan suatu aktivitas, semakin besar kemungkinan aktivitas tersebut diwujudkan dalam bentuk perilaku nyata. Penelitian-penelitian terkini berbasis TPB menunjukkan bahwa *perceived behavioral control* dan niat berperilaku memiliki pengaruh signifikan terhadap keterlibatan individu dalam aktivitas pendidikan dan pengembangan diri (Tseng et al., 2022).

Dalam konteks pembelajaran fotosintesis, *locus of control* internal menjadi penting karena materi ini sering menimbulkan miskonsepsi pada siswa. Berbagai penelitian pendidikan biologi menunjukkan bahwa siswa sering mengalami kesalahan konsep mengenai sumber makanan tumbuhan, fungsi klorofil, serta menunjukkan bahwa siswa sering mengalami kesalahan konsep mengenai sumber makanan tumbuhan, fungsi klorofil, serta hubungan antara fotosintesis dan respirasi. Siswa yang memiliki *locus of control* internal cenderung tidak mudah menyerah ketika mengalami kesulitan memahami konsep-konsep tersebut. Mereka lebih terdorong untuk mencari penjelasan tambahan melalui buku, internet, diskusi dengan teman, atau bertanya kepada guru. Sebaliknya, siswa dengan *locus of control* eksternal lebih rentan menganggap kesulitan belajar sebagai sesuatu yang berada di luar kendali mereka sehingga minat untuk mempelajari materi lebih lanjut menjadi menurun.

Temuan penelitian ini memiliki implikasi penting bagi praktik pembelajaran biologi di SMP. Guru tidak hanya perlu mengembangkan strategi pembelajaran yang menarik, tetapi juga perlu menumbuhkan *locus of control* internal pada diri siswa. Upaya tersebut dapat dilakukan melalui pemberian umpan balik yang konstruktif, pembiasaan refleksi diri, pemberian kesempatan kepada siswa untuk mengambil keputusan dalam proses belajar, serta penghargaan terhadap usaha yang dilakukan siswa. Dengan meningkatnya

*locus of control* internal, siswa akan memiliki keyakinan yang lebih kuat bahwa keberhasilan belajar ditentukan oleh usaha mereka sendiri. Keyakinan tersebut pada akhirnya dapat meningkatkan minat belajar biologi, khususnya pada materi fotosintesis yang memerlukan keterlibatan aktif dan ketekunan dalam memahami konsep-konsep ilmiah yang bersifat abstrak. Dengan demikian, *locus of control* dapat dipandang sebagai salah satu faktor psikologis penting yang perlu diperhatikan dalam upaya meningkatkan kualitas pembelajaran biologi di tingkat SMP.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, *locus of control* terbukti memberikan pengaruh positif dan signifikan terhadap minat belajar biologi pada materi fotosintesis siswa SMP. Temuan ini menunjukkan bahwa semakin kuat kecenderungan *locus of control* internal yang dimiliki siswa, semakin tinggi pula minat mereka dalam mengikuti pembelajaran biologi. Kontribusi *locus of control* terhadap minat belajar sebesar 31,9% mengindikasikan bahwa keyakinan siswa terhadap kemampuan dirinya dalam mengendalikan keberhasilan belajar merupakan faktor penting yang mendorong munculnya ketertarikan, perhatian, dan keterlibatan aktif dalam proses pembelajaran.

Dengan demikian, *locus of control* internal tidak hanya berperan sebagai karakteristik psikologis individu, tetapi juga sebagai prediktor yang mampu memperkuat minat belajar siswa pada materi yang memerlukan pemahaman konseptual seperti fotosintesis. Implikasi dari penelitian ini adalah perlunya guru mengembangkan strategi pembelajaran yang dapat memperkuat *locus of control* internal siswa, seperti pemberian kesempatan untuk mengambil keputusan dalam belajar, refleksi diri, umpan balik konstruktif, serta penghargaan terhadap usaha dan proses belajar. Meskipun demikian, masih terdapat 68,1% variasi minat belajar yang dipengaruhi oleh faktor lain di luar penelitian ini, seperti motivasi belajar, *self-efficacy*, lingkungan keluarga, metode pembelajaran, dan dukungan

sosial. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji faktor-faktor tersebut secara lebih komprehensif melalui model penelitian yang melibatkan variabel mediasi atau moderasi sehingga dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai faktor-faktor yang memengaruhi minat belajar biologi siswa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arsini, Y., Ahman, & Rusmana, N. (2023). The Role of Locus of Control and Resilience in Student Academic Achievement. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 22(3), 396–412.  
<https://doi.org/10.26803/ijlter.22.3.24>
- Azzahrah, W. N., Erwandi, R., & Supriyanto. (2024). Analisis Kebutuhan Modul IPAS Berbasis Contextual Teaching and Learning untuk Meningkatkan Karakter Rasa Ingin Tahu dan Minat Belajar Siswa Kelas IV SD. *SCIENCE: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA Vol.*, 2(2), 306–312.
- Giawa, I. P. (2023). Pengembangan Modul Sistem Fotosintesis Pada Tumbuhan Kelas VIII Untuk Siswa Smp Negeri 2 Lolomatua. *FAGURU: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Keguruan*, 2(1), 60–75.  
<https://jurnal.uniraya.ac.id/index.php/FAGURU>
- Liana Azizah, & Miftahul Hakim. (2025). Pengaruh Model PBL Dengan Pembelajaran Berdiferensiasi Terhadap Hasil Belajar Siswa pada Materi Sistem Pencernaan. *Biosfer: Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, 10(2), 234–241.  
<https://doi.org/10.23969/biosfer.v10i2.25538>
- Mahanal, S., Zubaidah, S., Setiawan, D., Setiowati, F. K., Muhaimin, F. G., Kusmahardhika, N., & Hardianto. (2026). Integrating locus of control into RICOSRE-Flipped classroom for improved self-regulated learning. *Multidisciplinary Science Journal*, 8.  
<https://doi.org/10.31893/multiscience.2026022>
- Mardana, V. S., Rijal, M., & Darwis, R. (2023). Efektivitas media pembelajaran alam sekitar terhadap minat dan hasil belajar kognitif siswa pada materi fotosintesis [effectiveness of environmental learning media on students' interest and cognitive learning outcomes on photosynthesis material]. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 13(3), 736–743.
- Mursidik, M., & Madiun, U. P. (2023). *Published by Universitas PGRI Madiun. This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License*. 2(2), 541–545.
- Nahdiah., R. (2021). Upaya Meningkatkan Minat dan Hasil Belajar Siswa Melalui Model Discovery Learning Pada Materi Hereditas di Kelas XII IPA 4 SMAN 22 Bandung. *Biosfer: Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, 6(2), 87–96.  
<https://doi.org/10.23969/biosfer.v6i2.4804>
- Nallapothula, D., Lozano, J. B., Han, S., Herrera, C., Sayson, H. W., Levis-Fitzgerald, M., & Maloy, J. (2026). M-LoCUS: A Scalable Intervention Enhances Growth Mindset and Internal Locus of Control in Undergraduate Students in STEM. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 21(2), 1–12.  
<https://doi.org/10.1128/jmbe.v21i2.1987>
- Nurfaisah, A., & Said, A. A. (2022). Pengaruh Penggunaan Media Pembelajaran Quizizz Terhadap Motivasi Belajar Siswa Kelas V. *JIKAP PGSD: Jurnal Ilmiah Ilmu Kependidikan*, 6(2), 375.  
<https://doi.org/10.26858/jkp.v6i2.33079>
- Oré, S. B.-. (2023). The Theory of Planned Behaviour and the Entrepreneurial Intention of University Students. *Journal of Turkish Science Education*, 20(1), 136–149.
- Rizalie, A. M., & Basuki, S. (2022). *International Journal of Social Science And Human Research The Effect of Teacher Competence, Work Discipline and Work Motivation on Teacher Performance*. 05(06), 2422–2427.  
<https://doi.org/10.47191/ijsshr/v5-i6-67>
- Rulinawaty, R., Sjachro, D. W., Rachman, R. S.,

- & Aldonna, E. (2022). Locus of Control Analysis in the Selection of Advanced Studies for Junior High School Students. *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan*, 14(2), 1251–1256.  
<https://doi.org/10.35445/alishlah.v14i2.2045>
- Sarwanto, S. (2021). Level of Inquiry Pembelajaran Fisika: Pengaruhnya terhadap Kemampuan Kognitif Ditinjau dari Sikap Ilmiah Siswa. *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, 9(2), 141.  
<https://doi.org/10.20961/inkuiri.v9i2.50086>
- Solihin, Bae, K., Nuraini, E., & Purwanto. (2025). Media CARCO ( Card Ecology ) dalam Pembelajaran IPAS pada Konsep Ekologi Lingkungan di Kelas X SMK Islam Al-Qudsyiah. *BIOSFER, J.Bio. & Pend.Bio*, 10(1), 112–121.  
<https://doi.org/10.23969/biosfer.v10i1.26986>
- Solihin, S., & Dedah, D. (2022). Analisis Intention to act dan Motivasi Belajar Siswa Pasca Praktikum Isolasi DNA Sederhana Menggunakan Alat dan Bahan Dapur. *BIOSFER : Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, 7(2), 96–103.  
<https://doi.org/10.23969/biosfer.v7i2.6531>
- Solihin, S., Harahap, L. J., Bae, K., Nuraini, N., Bonga, M., & Nenotek, E. M. (2025). Box Ocean Ecosystem Sorting Media (BOESM) Development based on Coding and Artificial Intelligence Unplugged. *Bioedunis Journal*, 04(01), 61–70.
- Solihin, S., Sigit, D. V., & Miarsyah, M. (2020). Relationship between Ecosystem Knowledge and Locus of Control with Intention to Act in MAN on Environment of Sukabumi District. *International Journal for Educational and Vocational Studies*, 2(4), 1–5.  
<https://doi.org/10.29103/ijevs.v2i4.2529>
- Solihin S, Apriliani, A. S. N., & Jannah, A. N. N. (2025). ROCED: Robot card biology education as a media for biology learning Solihin. *JPBIO (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 10(1), 35–49.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.31932/jpbi.o.v10i1.4227>
- Tseng, T. H., Wang, Y., Lin, H., Lin, S., Wang, Y., & Tsai, T. (2022). The International Journal of Management Education Relationships between locus of control , theory of planned behavior , and cyber entrepreneurial intention : The moderating role of cyber entrepreneurship education. *The International Journal of Management Education*, 20(3), 100682.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijme.2022.100682>
- Ul Hassan, M., & Akbar, R. A. (2020). Locus of Control: Teachers’ Neglected Attribute Towards Students’ Achievement Scores in Facing Diverse Socioeconomic Status. *Problems of Education in the 21st Century*, 78(2), 282–300.  
<https://doi.org/10.33225/pec/20.78.282>
- Yanti, R., Laswadi, L., Ningsih, F., Putra, A., & Ulandari, N. (2019). Penerapan pendekatan saintifik berbantuan geogebra dalam upaya meningkatkan pemahaman konsep matematis siswa. *AKSIOMA : Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 10(2), 180–194.  
<https://doi.org/10.26877/aks.v10i2.4399>
- Yulia, A., & Syamsyurizal, S. (2025). Systematic Literature Riview dengan Metode Prisma : Modul Ajar Biologi dalam Kurikulum Merdeka. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, 4(1), 2596–2605.
- Zahra, F., Wahyudiana, E., & Hadi, W. (2021). Pengembangan Media Interaktif Powerpoint Berbasis Model Discovery Learning Pada Muatan Ipa Kelas Iv Sd. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 5(2), 104–112.  
<https://doi.org/10.37478/optika.v5i2.1058>
- Zamilah, Z., Djulia, E., & Lubis, K. (2023). Pengembangan Lembar Kerja Interaktif Berbasis Literasi Sains untuk Melatih Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Materi Fotosintesis. *Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 9(1), 294–304.  
<https://doi.org/10.51169/ideguru.v9i1.821>

## **Pengaruh Model *Project Based Learning*/PjBL Berbantuan *Artificial Intelligence* (AI) Terhadap Hasil Belajar Siswa Pada Materi Bioteknologi**

Indra Dodo Saputra<sup>1</sup>, Radiansyah Febrian<sup>2</sup>, Asep Rohayat<sup>3</sup>

Jurusan Pendidikan Biologi, Fakultas Ilmu Terapan dan Sains, Institut Pendidikan Indonesia Garut  
Jl. Terusan Pahlawan No.32 Sukagalih, Kec. Tarogong Kidul, Kabupaten Garut

*e-mail:* [Indradodosaputra@gmail.com](mailto:Indradodosaputra@gmail.com)

### **Abstrak**

Penelitian ini dilatarbelakangi rendahnya mutu pendidikan dan efektivitas pembelajaran di Indonesia, khususnya pada mata pelajaran Biologi, menuntut inovasi dalam model pembelajaran. Salah satu alternatif adalah penerapan model *Project Based Learning* (PjBL) yang didukung oleh teknologi *Artificial Intelligence* (AI). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh model PjBL berbantuan AI terhadap hasil belajar siswa pada materi bioteknologi serta menguji efektivitas integrasi AI pada tahapan model PjBL sebagai bentuk inovasi pembelajaran biologi. Metode yang digunakan adalah quasi eksperimen dengan desain pretest-posttest control group. Sampel terdiri dari dua kelas X di SMAN 18 Garut, yakni kelas eksperimen yang menggunakan model PjBL berbantuan AI yang di gunakan adalah Canva untuk membuat PPT, Chat gpt, Chatbot generatif, dan google schooler dan kelas kontrol dengan metode pembelajaran konvensional. Instrumen penelitian berupa tes objektif mencakup ranah kognitif C2 (memahami), C3 (mengaplikasikan), dan C4 (menganalisis). Hasil penelitian menunjukkan terdapat perbedaan signifikan hasil belajar antara kedua kelas. Kelas eksperimen mengalami peningkatan dengan nilai N-Gain sebesar 0,712 (kategori tinggi), sedangkan kelas kontrol sebesar 0,655 (kategori sedang). Uji-t menunjukkan nilai signifikansi 0,025 (< 0,05), yang berarti model PjBL berbantuan AI memberikan pengaruh positif terhadap hasil belajar siswa. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa integrasi PjBL dengan teknologi AI dapat menjadi solusi pembelajaran yang lebih efektif dan kontekstual dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi kompleks seperti bioteknologi. Sehingga dapat di simpulkan bahwa model *Project Based Learning* berbantuan *Artificial Intelligence* memberikan pengaruh positif terhadap hasil belajar siswa.

**Kata Kunci:** *Artificial Intelligence*, Bioteknologi, Hasil Belajar, Pembelajaran Inovatif, *Project Based Learning*

### **Abstract**

This research is motivated by the low quality of education and learning effectiveness in Indonesia, particularly in Biology, which demands innovation in learning models. One alternative is the implementation of the *Project-Based Learning* (PjBL) model supported by *Artificial Intelligence* (AI) technology. This study aims to analyze the effect of the AI-assisted PjBL model on student learning outcomes in biotechnology testing the effectiveness of AI integration at the PjBL model stage as a form of biology learning innovation. The method used was a quasi-experimental design with a pretest-posttest control group. The sample consisted of two 10th grade classes at SMAN 18 Garut: an experimental class using the AI-assisted PjBL model The tools used are Canva to create PPT, GPT Chat, Generative Chatbot, and Google Schooler and a control class using conventional learning methods. The research instrument, an objective test, covered cognitive domains C2 (understanding), C3 (applying), and C4 (analyzing). The results showed a significant difference in learning outcomes between the two classes. The experimental class experienced an increase with an N-Gain value of 0.712 (high category), while the control class experienced an increase of 0.655 (medium category). The t-test showed a significance value of 0.025 (<0.05), indicating that the AI-assisted PjBL model had a positive impact on student learning outcomes. This improvement indicates that integrating PjBL with AI technology can be a more effective and contextual learning solution in enhancing students' understanding of complex topics such as biotechnology. Therefore, it can be concluded that the *Project-Based Learning* model assisted by *Artificial Intelligence* has a positive impact on student learning outcomes.

**Keywords:** *Artificial Intelligence*, *Biotechnology*, *Innovative Learning*, *Learning Outcomes*, *Project Based Learning*,

## I. PENDAHULUAN

Kemajuan ilmu pengetahuan, teknologi, dan informasi pada abad ke-21 telah membawa perubahan mendasar dalam dunia pendidikan, termasuk pada pembelajaran biologi. Pembelajaran biologi saat ini tidak lagi hanya menekankan penguasaan konsep dan kemampuan menghafal materi, tetapi juga diarahkan pada pengembangan keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, kolaborasi, serta literasi digital. Penguasaan berbagai keterampilan tersebut menjadi penting agar peserta didik mampu menghadapi beragam tantangan global, seperti perubahan iklim, permasalahan kesehatan, serta pesatnya perkembangan bioteknologi dan sains modern. Priyanti *et al.*,(2023)

Meskipun demikian, implementasi pembelajaran biologi yang sesuai dengan tuntutan abad ke-21 masih menghadapi berbagai hambatan. Salah satu tantangan utama adalah keterbatasan kemampuan guru dalam mengintegrasikan teknologi digital dan menerapkan strategi pembelajaran inovatif. Selain itu, kesenjangan akses teknologi, keterbatasan sarana dan prasarana, serta rendahnya tingkat literasi digital di beberapa daerah turut memengaruhi efektivitas proses pembelajaran. Kondisi tersebut menyebabkan upaya pengembangan kompetensi abad ke-21 peserta didik belum dapat terlaksana secara optimal. Priyanti *et al.*,(2023)

Tantangan tersebut semakin kompleks karena materi biologi banyak memuat konsep-konsep abstrak, proses yang rumit, serta fenomena yang sulit diamati secara langsung, seperti pada materi bioteknologi. Oleh sebab itu, diperlukan pemanfaatan teknologi digital yang mampu membantu visualisasi dan pemahaman konsep secara lebih efektif. Salah satu teknologi yang memiliki potensi besar adalah Artificial Intelligence (AI). Namun, keberhasilan implementasi teknologi ini tetap memerlukan kesiapan guru, dukungan infrastruktur yang memadai, serta perencanaan pembelajaran yang tepat agar mampu meningkatkan pemahaman konseptual dan keterampilan berpikir tingkat peserta didik. Zebua, N. (2025).

Biologi adalah tempat untuk meningkatkan ilmu pengetahuan, keterampilan, serta sikap, terutama tanggung jawab terhadap lingkungan. Biologi berkaitan dengan ilmu kehidupan mengenai alam maupun makhluk hidup dengan proses perkembangan tumbuhnya yang sistematis, sehingga pembelajaran biologi bukan hanya penguasaan sekumpulan fakta, melainkan juga proses penemuan. Masalah-masalah dalam pembelajaran sains antara lain adalah hanya menekankan pada ilmu pengetahuan tetapi tidak adanya praktik dalam proses pembelajaran. Hasil belajar yang optimal adalah salah satu tujuan dari pembelajaran dan pendidikan. Guru yang memiliki kompetensi tinggi, pembelajaran yang efektif, dan peran orang tua sangat diperlukan untuk meningkatkan hasil belajar (Somayana, 2020).

Berdasarkan masalah tersebut, diperlukan usaha untuk meningkatkan hasil belajar siswa dengan menerapkan suatu model pembelajaran yang tepat. Model PjBL dapat membantu siswa dalam mengembangkan kemampuan belajar siswa karena memiliki banyak keunggulan. Salah satunya menurut Ariyani *et al.*, (2019) bahwa model PjBL tidak hanya membuat siswa menghafal saja, tetapi juga menghubungkan dan berpikir bagaimana cara untuk menerapkan ilmu yang diperoleh dalam kehidupan sehari-hari, meningkatkan hasil belajar, dan memberikan siswa kesempatan untuk berkolaborasi dalam membangun pengetahuan, serta meningkatkan kemampuan siswa dalam memanfaatkan teknologi untuk belajar. Dengan banyaknya siswa yang menggunakan teknologi digital seperti ponsel dan laptop. Maka, model pembelajaran sangat tepat digunakan dengan dukungan teknologi digital seperti menggunakan *Artificial Intelligence*.

Dalam menghadapi berbagai tantangan tersebut, pembelajaran biologi perlu dirancang secara lebih kontekstual melalui pendekatan inkuiri, pemecahan masalah, dan pembelajaran berbasis proyek yang terintegrasi dengan teknologi digital. Pendekatan tersebut diyakini dapat meningkatkan literasi sains, keterampilan proses sains, serta kompetensi abad ke-21 yang dibutuhkan peserta didik untuk beradaptasi dengan perkembangan masyarakat berbasis pengetahuan dan teknologi. Oleh karena itu, diperlukan strategi pembelajaran yang inovatif

dan relevan untuk menjawab kebutuhan pendidikan masa kini dan masa depan. Priyanti *et al.*,(2023)

Salah satu model pembelajaran yang dinilai mampu memenuhi kebutuhan tersebut adalah Project Based Learning (PjBL). Model ini menempatkan peserta didik sebagai pusat pembelajaran melalui kegiatan investigasi, perencanaan, pelaksanaan proyek, dan penyusunan produk yang berkaitan dengan permasalahan nyata. Dalam konteks pembelajaran biologi, PjBL memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk terlibat langsung dalam berbagai aktivitas ilmiah, seperti observasi lingkungan, eksperimen, pengembangan produk bioteknologi sederhana, maupun proyek konservasi. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan PjBL dapat meningkatkan keterampilan proses sains, kreativitas, literasi sains, keaktifan belajar, serta hasil belajar peserta didik. Melina *et al.*,(2023)

Urgensi penerapan PjBL semakin meningkat seiring dengan implementasi Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran berpusat pada peserta didik dan penguatan kompetensi melalui kegiatan proyek. Melalui pembelajaran berbasis proyek, peserta didik tidak hanya memperoleh pemahaman konseptual, tetapi juga memiliki kesempatan untuk mengembangkan keterampilan abad ke-21 melalui pengalaman belajar yang autentik dan bermakna. Dengan demikian, penerapan PjBL dalam pembelajaran biologi menjadi kebutuhan yang penting untuk menghasilkan peserta didik yang memiliki kemampuan berpikir tingkat tinggi, literasi sains, dan kesiapan menghadapi perkembangan ilmu pengetahuan serta teknologi. Kusumaningrum, S., & Djukri. (2016)

Era digital saat ini penggunaan AI sangat populer terutama dikalangan anak muda. Penerapan AI tidak hanya untuk meningkatkan kualitas pendidikan namun juga efisiensi dan efektivitas dalam proses belajar mengajar. Hasil penelitian Arly *et al.*, (2023) menyatakan bahwa *Artificial Intelligence* (AI) memiliki kemampuan

dalam mengambil suatu keputusan dengan waktu yang cenderung cepat dan efisien serta akurat berdasarkan data yang telah ada.

Di sisi lain, perkembangan teknologi *Artificial Intelligence* (AI) menghadirkan peluang baru dalam meningkatkan kualitas pembelajaran biologi. AI memungkinkan proses pembelajaran berlangsung secara lebih interaktif, adaptif, dan sesuai dengan karakteristik serta kebutuhan individu peserta didik. Teknologi ini dapat dimanfaatkan sebagai tutor virtual, penyedia umpan balik otomatis, media visualisasi konsep abstrak, serta alat bantu analisis data yang mendukung pembelajaran berbasis inkuiri dan proyek. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa integrasi AI dalam pendidikan sains berkontribusi terhadap peningkatan keterlibatan peserta didik, efektivitas pembelajaran, dan pemahaman konsep yang lebih mendalam. Almasri, F. (2024).

Pemanfaatan AI dalam pembelajaran biologi memiliki potensi yang sangat besar, terutama dalam membantu peserta didik memahami materi yang kompleks, seperti genetika, bioteknologi, ekologi, dan fisiologi. Selain mendukung proses belajar peserta didik, AI juga dapat membantu guru dalam menyusun bahan ajar, mengembangkan instrumen asesmen, menganalisis capaian pembelajaran, serta memberikan layanan pembelajaran yang lebih efisien. Oleh karena itu, integrasi Project Based Learning (PjBL) dengan teknologi *Artificial Intelligence* (AI) berpotensi menjadi inovasi pembelajaran yang mampu meningkatkan literasi sains, keterampilan berpikir tingkat tinggi, serta kesiapan peserta didik menghadapi tantangan abad ke-21. Aripin, I.,et al.,(2024)

Dengan kemampuan tersebut AI sangat cocok untuk diterapkan dengan model PjBL. Hal ini dikarenakan berdasarkan hasil wawancara guru biologi bahwasanya model PjBL memiliki beberapa kesulitan, salah satunya adalah dalam penerapannya karena model PjBL membutuhkan lebih banyak waktu.

Menurut Mambu *et al.*, (2023) AI juga memiliki keuntungan lain yaitu mempermudah pendidik dalam mengelola data siswa dengan cara yang lebih efisien, memperbaiki kualitas pengajaran secara menyeluruh, memberikan umpan balik yang efektif, dan menyediakan

pembelajaran secara personalisasi. Selain itu, kecerdasan buatan (AI) bisa memfasilitasi dialog yang berkesinambungan dan membantu siswa dalam meningkatkan keterampilan berkomunikasi, karena mendorong pembelajaran yang kolaboratif dan interaktif Diantama (2023). Untuk itu, penerapan model PjBL yang didukung oleh AI diharapkan dapat membantu meningkatkan hasil belajar siswa.

Berdasarkan hasil wawancara dan observasi yang peneliti lakukan dengan guru pelajaran biologi di SMAN 18 Garut, di peroleh informasi bahwa SMAN 18 Garut telah menerapkan kurikulum merdeka dengan model pembelajaran yang rata rata di gunakan adalah Problem Based Learning dan *Direct Instruction*, namun dalam hal itu di kemukakan bahwa metode pembelajaran tersebut belum mampu efektif berdampak pada hasil belajar. Dalam penelitian ini peneliti melakukan penelitian pada kelas X dengan materi bioteknologi. Materi bioteknologi di ambil karena relevansi dengan judul yang mana peneliti menggunakan model PJBL sehingga model pembelajaran PJBL ini berfokus pada siswa dengan membuat sebuah project. Dalam perkembangan zaman yang mana dengan kemajuan teknologi kita memiliki kemudahan mengakses apapun sehingga dengan berbantuan AI membuat siswa lebih mudah dalam membuat project dan dapat membantu siswa untuk mendapatkan hasil belajar yang memuaskan. Pengambilan materi bioteknologi karena bioteknologi merupakan bidang yang kompleks ( Ilmu biologi dengan teknologi ) sehingga relevan di ajarkan dengan model PJBL yang mendorong pembelajaran yang aktif dengan membuat project dengan berbantuan AI.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada Bulan Maret hingga Juni 2025 di SMAN 18 Garut pada Tahun Ajaran 2025/2026. Penelitian ini merupakan penelitian Quasi-eksperimen dengan memberikan penerapan pembelajaran model Project Based Learning (PjBL) pada kelas

ekspreimen, sedangkan sebagai kelas kontrol diberikan pembelajaran dengan pembelajaran konvensional. Pada penelitian ini desain penelitian yang di gunakan adalah *Pretest-Posttest Control Group Design*. Dalam desain ini terdapat dua kelompok yang dipilih secara acak/random, Randomisasi dilakukan pada penentuan kelas eksperimen dan kontrol (*cluster random assignment*) kemudian diberi pretest untuk mengetahui keadaan awal adakah perbedaan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

Populasi pada penelitian ini adalah kelas X SMAN 18 Garut tahun ajaran 2025/2026 sebanyak dua kelas yang terdiri dari 37 peserta didik kelas eksperimen dan 37 peserta didik kelas kontrol. Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah *purposive sumpling* yang merupakan teknik pengambilan sampel yang mana setiap kelompok memiliki karakteristik yang sama atau nilai yang mendekati sama.

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini berupa tes berupa soal pilihan ganda jenjang kognitif level c2 sampai c4 sebanyak 20 soal. Instrumen penelitian yang digunakan adalah penilaian ranah kognitif yaitu tes tertulis, berupa soal objektif dengan lima option yang diberikan kepada kelas eksperimen dan kontrol. Agar didapatkan tes yang benar-benar valid, reliabilitas serta memperhatikan indeks kesukaran dan daya beda, maka terlebih dahulu dilakukan uji coba tes dengan melakukan langkah-langkah sebagai berikut: 1) Uji validitas, 2) Uji reliabilitas, 3) Uji indeks kesukaran, 4) Uji daya pembeda. Data yang sudah valid dilakukan tes akhir sehingga diperoleh soal yang valid untuk diujikan kepada kedua kelas sampel.

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik pengolahan data dengan uji normalitas yaitu untuk mengetahui apakah data pada keseluruhan sampel berdistribusi normal, uji homogenitas yaitu untuk melihat kedua kelas sampel memiliki versisama/berbeda, dan uji hipotesis berfungsi untuk mengetahui dugaan sementara sesuai/ tidaknya pengaruh terhadap kedua kelas sampel Uji t.

Selanjutnya Uji N-Gain, uji ini digunakan untuk mengetahui gambaran umum bagaimana peningkatan hasil belajar antara sebelum dan sesudah pembelajaran.

$$\text{Gain Ternormalisasi} = \frac{\text{Skor postes} - \text{skor pretes}}{\text{Skor ideal} - \text{skor pretes}}$$

yang kemudian penulis modifikasi sebagai berikut:

Tabel 1  
Interpretasi Gain Ternormalisasi yang dimodifikasi

Nilai Gain Ternormalisasi	Interprestasi
$-1,00 \leq g < 0,00$	Terjadi penurunan
$g = 0,00$	Tetap
$0,00 \leq g < 0,30$	Rendah
$0,30 \leq g < 0,70$	Sedang
$0,70 \leq g \leq 1,00$	Tinggi

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil

Pada bagian ini dipaparkan deskripsi nilai pretest untuk kelas eksperimen dan kelas kontrol guna mengetahui kesetaraan kemampuan awal siswa sebelum penerapan model *Project Based Learning* berbantuan *Artificial Intelligence*. Pretest tersebut bertujuan untuk mengetahui kemampuan awal siswa sebelum diberikan pembelajaran. Adapun hasil dari pretest antara kelas kontrol dan kelas eksperimen dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.  
Hasil Pretest kelas kontrol dan eksperimen

Deskripsi	Kelas kontrol	Kelas eksperimen
Skor maksimum	72	80
Skor minimum	24	22
Rata-rata	52	53
Standar deviasi	10.28	10.71
Jumlah siswa	37	37

Hasil pengolahan data menggunakan Microsoft Excel diperoleh hasil *pretest* pada kelas kontrol yaitu dengan nilai tertinggi 72 dan nilai terendah 24, dengan nilai rata-rata 52 dan standar deviasi 10.28 sedangkan pada kelas eksperimen diperoleh nilai tertinggi 80 dan nilai terendah 22, dengan nilai rata-rata 53 dan standar deviasi 10.71.

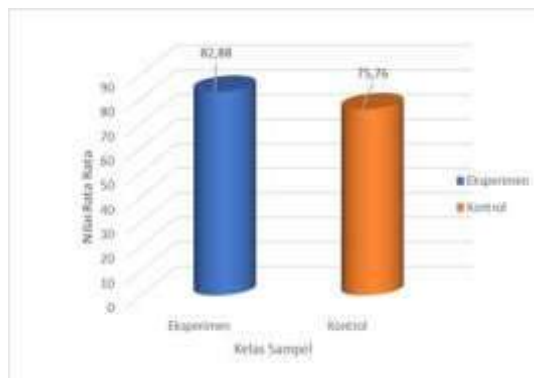
Adapun *Posttest* bertujuan untuk mengetahui kemampuan ahir siswa sesudah diberikan pembelajaran. Adapun hasil dari *posttest* antara kelas kontrol dan kelas eksperimen dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.  
Hasil Posttest kelas kontrol dan eksperimen

Deskripsi	Kelas kontrol	Kelas eksperimen
Skor maksimum	96	100
Skor minimum	72	76
Rata-rata	84	87
Standar deviasi	6.36	5.82
Jumlah siswa	37	37

Hasil pengolahan data menggunakan Microsoft Excel diperoleh hasil *posttest* pada kelas kontrol yaitu dengan nilai tertinggi 96 dan nilai terendah 72, dengan nilai rata-rata 84 dan standar deviasi 6.36 sedangkan pada kelas eksperimen diperoleh nilai tertinggi 100 dan nilai terendah 87, dengan nilai rata-rata 87 dan standar deviasi 5.82.

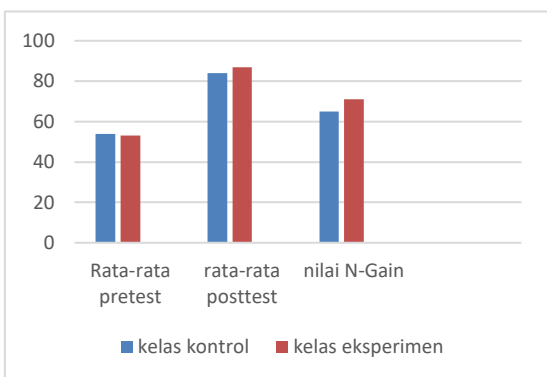
Adapun data rata-rata hasil belajar kelas eksperimen dan kelas kontrol dapat dilihat dari gambar 1 dan 2.



Gambar.1. Rata rata hasil belajar ranah kognitif kelas sampel

Berdasarkan Gambar 1. diketahui bahwa rata-rata hasil belajar siswa pada penilaian kognitif di kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol. Pada penilaian kognitif hasil uji hipotesis  $H_1$  diterima dengan nilai rata-rata kelas eksperimen 87 dan kelas kontrol 84. Jadi, adanya perbedaan hasil belajar ranah kognitif yang signifikan antara kelas eksperimen dengan kelas kontrol. Berarti pembelajaran model PjBL berbantuan AI yang diterapkan di kelas eksperimen mampu meningkatkan pemahaman siswa tentang materi Bioteknologi.

Berikut gambar rata pretest, posttest pada kelas eksperimen dan kelas kontrol



Gambar. 2. Rata rata nilai pretest, posttest dan N-Gain kelas sampel

Dari gambar di atas diketahui kelas kontrol yaitu kelas yang mendapatkan perlakuan pembelajaran menggunakan model pembelajaran konvensional mempunyai rata-rata N Gain sebesar 0,655 dan termasuk ke dalam kategori sedang. Sedangkan kelas eksperimen yaitu kelas yang mendapatkan perlakuan pembelajaran menggunakan model pembelajaran PjBL berbantuan AI mempunyai rata-rata N Gain sebesar 0,712 dan termasuk ke dalam kategori tinggi.

Tabel 4  
Uji t posttes kelas kontrol dan eksperimen  
Independent Samples Test

Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference		
F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
.074	.787	2.288	72	.025	3.24324	1.41737	.41777	6.06871
		2.288	71.448	.025	3.24324	1.41737	.41740	6.06908

Berdasarkan hasil uji t dua sampel independen, diperoleh nilai sig. (2-tailed) = 0,025 < 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan antara hasil belajar siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol. Artinya, perlakuan yang diberikan memberikan pengaruh terhadap hasil belajar siswa.

**B. PEMBAHASAN**

Berdasarkan hasil posttest, kelas kontrol yang mendapatkan pembelajaran dengan model Direct Instruction memperoleh rata-rata nilai 84, dengan skor maksimum 96 dan skor minimum 72. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar siswa di kelas kontrol berhasil mencapai tingkat penguasaan materi Bioteknologi yang cukup baik melalui pembelajaran yang terstruktur dan berpusat pada guru. Direct Instruction memberikan penjelasan yang sistematis dan langkah-langkah terarah sehingga membantu siswa memahami konsep-konsep dasar dengan lebih jelas. Faktor yang mempengaruhi kemampuan belajar siswa di antaranya:

- 1) Minat dan motivasi belajar : Minat dan motivasi belajar siswa sangat menentukan hasil belajar siswa minat yang di ada di diri siswa dan motivasi yang tinggi akan menunjukkan hasil belajar siswa sejauh mana.
- 2) Kondisi kelas atau strategi guru: kondisi kelas dan strategi guru juga menentukan hasil belajar siswa, kondisi kelas siswa Ketika belajar dan strategi guru ketika pembelajaran mempengaruhi

keinguninan siswa Ketika belajar dan strategi guru akan menumbuhkan rasa ingin tahu dan keinginan belajar yang tinggi seperti memperhatikan Ketika pembelajaran berlangsung dan aktif di saat belajar.

Sementara itu, kelas eksperimen yang menerapkan model *Project Based Learning* (PjBL) berbantuan *Artificial Intelligence* (AI) menunjukkan hasil yang lebih tinggi dengan rata-rata nilai 87, skor maksimum mencapai 100, dan skor minimum 76. Data ini menunjukkan adanya peningkatan hasil belajar yang lebih signifikan dibandingkan kelas kontrol. Hal ini mengindikasikan bahwa penerapan model PjBL berbantuan AI memberikan kontribusi yang lebih efektif dalam membantu siswa memahami materi Bioteknologi secara mendalam dan aplikatif.

Beberapa faktor mendukung keberhasilan pembelajaran di kelas eksperimen. Pertama, model PjBL mendorong keterlibatan aktif siswa dalam menyelesaikan proyek yang menuntut pemecahan masalah nyata, sehingga siswa lebih memahami konsep secara kontekstual. Menurut Afriana *et al.*, (2016) Model PjBL adalah pendekatan yang menempatkan kegiatan proyek sebagai pusat proses belajar. Penerapan *Project Based Learning* telah terbukti mampu mengembangkan kreativitas siswa, mereka tidak hanya mendengar penjelasan tetapi juga terlibat dalam proses menemukan, menganalisis, dan menyajikan solusi terhadap permasalahan Bioteknologi.

Sejalan dengan pendapat Sunita *et al.*, (2019) yang menyatakan dengan adanya tugas proyek akan mendorong semangat belajar dan membangkitkan minat belajar peserta didik, selain itu hasil belajar peserta didik juga menjadi lebih optimal. Dengan adanya tugas proyek, peserta didik terdorong untuk lebih bersemangat dan meningkatkan minat belajar. Selain itu, hasil belajar menjadi lebih optimal karena siswa terlibat aktif dalam merencanakan dan menyelesaikan tugas secara mandiri maupun kelompok. Model *Project Based Learning* membantu peserta didik memahami materi secara lebih mendalam melalui pengalaman langsung dan pembelajaran kontekstual.

Selain itu, bantuan AI dalam pembelajaran memungkinkan personalisasi materi dan penyajian konten yang interaktif

dan visual. Siswa dapat mengakses simulasi, gambar 3D, penjelasan adaptif, atau sumber belajar tambahan yang membantu memahami materi yang kompleks. Berdasarkan hasil penelitian Rahayu, Hartinah, Suriswo (2024) mengenai pengembangan modul ajar berbantuan AI dengan model *Project Based Learning* (PjBL), dapat disimpulkan bahwa modul ajar yang dikembangkan menunjukkan efektivitas yang signifikan dalam meningkatkan hasil belajar siswa. Modul tersebut dirancang untuk memfasilitasi pembelajaran berbasis proyek yang lebih terstruktur, interaktif, dan menarik, sehingga mampu membantu peserta didik memahami materi secara lebih mendalam dan meningkatkan pencapaian akademik mereka secara signifikan.

Pembelajaran berbasis proyek adalah suatu model yang memanfaatkan masalah sebagai titik awal untuk mendorong peserta didik mengumpulkan serta mengintegrasikan pengetahuan baru melalui pengalaman langsung dalam kegiatan nyata *Relmasira et al.*, (2019). Faktor lain yang berkontribusi adalah adanya kolaborasi dalam kegiatan proyek. PjBL mengharuskan siswa bekerja dalam kelompok, mendiskusikan ide, membagi tugas, dan memecahkan masalah bersama. Aktivitas ini tidak hanya meningkatkan hasil belajar kognitif tetapi juga mengembangkan keterampilan sosial dan komunikasi. Proses ini mendukung pembelajaran bermakna, di mana siswa tidak hanya menghafal materi tetapi benar-benar memahami dan mampu menerapkannya dalam konteks kehidupan nyata.

Dengan demikian, perbedaan signifikan antara hasil posttest kelas eksperimen dan kelas kontrol dapat dijelaskan oleh penerapan model pembelajaran yang berbeda. Penerapan *Project Based Learning* berbantuan *Artificial Intelligence* (AI) terbukti lebih efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa pada materi Bioteknologi. Model ini tidak hanya meningkatkan capaian nilai akademik tetapi juga membekali siswa dengan keterampilan abad 21 seperti pemecahan masalah, kolaborasi, penggunaan teknologi, serta berpikir kritis dan kreatif. Temuan ini mendukung pentingnya inovasi dalam pembelajaran sains untuk meningkatkan kualitas pendidikan di era digital.

Hasil analisis pretest menunjukkan bahwa nilai rata-rata kelas eksperimen adalah 53, sedangkan kelas kontrol 52. Skor maksimum dan minimum pada kedua kelas eksperimen yaitu 80 dan 28 sedangkan nilai maksimum dan minimum pada kelas kontrol yaitu 72 dan 24. Hasil uji Independent Samples T-Test menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,531 ( $p > 0,05$ ). Ini menandakan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara kemampuan awal kedua kelas sebelum perlakuan.

Namun demikian, fakta bahwa nilai rata-rata kelas eksperimen sedikit lebih tinggi dari kelas kontrol, meski tidak signifikan, tetap penting untuk dibahas. Perbedaan kecil ini disebabkan oleh beberapa faktor:

- 1) Pengaruh motivasi awal: Siswa kelas eksperimen mungkin menunjukkan minat dan rasa ingin tahu lebih tinggi terhadap materi bioteknologi karena pendekatan awal pembelajaran yang mulai melibatkan visualisasi atau penjelasan kontekstual dari guru.
- 2) Kondisi kelas atau strategi guru: Guru mungkin memberikan penjelasan atau arahan awal yang lebih jelas atau menarik di kelas eksperimen, sehingga menumbuhkan kesiapan mental siswa sebelum pretest.
- 3) Akses informasi sebelumnya: Siswa di kelas eksperimen mungkin memiliki akses lebih awal terhadap sumber belajar atau informasi tentang bioteknologi melalui media atau diskusi informal.

Setelah perlakuan, terjadi peningkatan pada hasil posttest. Kelas eksperimen mencapai rata-rata 87, sedangkan kelas kontrol yaitu 84. Perbedaan ini berdasarkan uji Independent Samples T-Test dengan nilai signifikansi 0,025 ( $p < 0,05$ ), yang menunjukkan bahwa model pembelajaran PjBL berbantuan Artificial Intelligence (AI) berdampak terhadap hasil belajar siswa.

Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada hasil belajar siswa antara kelas yang menggunakan model Project Based Learning (PjBL) berbantuan Artificial Intelligence (AI) dan

kelas yang menggunakan model Direct Instruction pada materi Bioteknologi. Kelas eksperimen yang menerapkan PjBL berbantuan AI memperlihatkan nilai posttest yang lebih tinggi dan distribusi nilai yang lebih terkonsentrasi pada kategori tinggi. Pendekatan PjBL berbantuan AI memberikan pengalaman belajar yang lebih aktif, kolaboratif, dan multimodal, memfasilitasi peserta didik untuk terlibat langsung dalam pemecahan masalah berbasis proyek dengan bantuan teknologi interaktif. Sejalan dengan penelitian Aini *et al.*, (2015) menyatakan bahwa penerapan model pembelajaran berbasis proyek memiliki pengaruh terhadap peningkatan hasil belajar. Model Project Based Learning (PjBL) mampu meningkatkan ketertarikan siswa serta menumbuhkan rasa percaya diri dalam mempresentasikan produk atau hasil proyek yang telah mereka kerjakan.

Sunita *et al.*, (2019) yang menyatakan dengan adanya tugas proyek akan mendorong semangat belajar dan membangkitkan minat belajar peserta didik, selain itu hasil belajar peserta didik juga menjadi lebih optimal. Ini menunjukkan bahwa kelas dengan menggunakan model PjBL mampu menciptakan suasana belajar yang lebih interaktif dan menumbuhkan rasa tanggung jawab siswa terhadap tugas yang diberikan. Melalui pengerjaan proyek, peserta didik tidak hanya memahami konsep secara teoretis tetapi juga mengaplikasikannya dalam konteks nyata, sehingga pemahaman menjadi lebih mendalam dan bertahan lama.

Melalui penerapan PjBL berbantuan AI, siswa dapat mengakses materi pembelajaran secara lebih menarik dan adaptif, melakukan eksplorasi informasi secara mandiri maupun kelompok, serta mengintegrasikan berbagai sumber pengetahuan yang relevan. Hal ini mendorong pengembangan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi. Selain itu, AI mendukung penyajian materi yang lebih personal dan interaktif, sehingga memudahkan pemahaman konsep Bioteknologi secara mendalam. Menurut Sharma *et al.*, (2019) kemajuan teknologi, khususnya dalam pengembangan kecerdasan buatan, memungkinkan prediksi yang membantu menyelesaikan masalah dan mendukung pengambilan keputusan, sehingga

AI berpotensi diterapkan dalam bidang pendidikan.

Kelas eksperimen menunjukkan N-Gain sebesar 0,712 (kategori tinggi), sedangkan kelas kontrol sebesar 0,655 (kategori sedang). Hal ini mengindikasikan bahwa model pembelajaran PjBL berbantuan AI memberikan dampak terhadap hasil belajar siswa. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa penerapan model PjBL berbantuan AI memberikan dampak positif yang lebih besar terhadap peningkatan hasil belajar siswa pada materi bioteknologi. Faktor utama yang menyebabkan perbedaan ini adalah pendekatan pembelajaran yang lebih aktif dan berpusat pada siswa dalam PjBL.

Dalam data di atas kelas kontrol mengalami kenaikan yang besar dari pada kelas eksperimen di karenakan data awal atau posttest kelas control relatif kecil di bandingkan dengan data kelas eksperimen yang cenderung besar. Sehingga dalam uji N-Gain rata rata nilai kelas eksperimen cenderung kecil untuk kenaikannya. Tetapi untuk melihat pengaruh model PjBL berbantuan AI mengalami pengaruh di kelas eksperimen karena di lihat dari nilai akhir atau posttest yang rata rata nya kelas eksperimen lebih tinggi. Sehingga dapat di simpulkan bahwa terdapat pengaruh terhadap hasil belajar siswa yang menggunakan model PjBL berbantuan AI yang di laksanakan di kelas X SMAN 18 Garut pada materi Bioteknologi.

Siswa di kelas eksperimen terlibat langsung dalam merancang dan menyelesaikan proyek-proyek bioteknologi yang menuntut penerapan konsep secara nyata, seperti merancang fermentasi sederhana atau melakukan studi literatur tentang kultur jaringan. Selain itu bantuan AI mendukung siswa untuk memperoleh informasi lebih luas, mendapatkan umpan balik instan, serta melakukan simulasi atau prediksi hasil secara lebih interaktif. Sesuai dengan pendapat Apriliani & Panggayuh, (2018) pembelajaran yang menggunakan model pembelajaran Project Based Learning (PjBL) juga dapat membuat siswa saling bekerja sama dengan anggota kelompoknya, sehingga siswa lebih mudah dalam

memecahkan masalah untuk merancang dan menyelesaikan sebuah proyek yang telah ditugaskan.

Model PjBL juga mendorong pembelajaran kolaboratif. Siswa belajar bekerja sama dalam kelompok, membagi tugas, mendiskusikan ide, dan memecahkan masalah bersama. AI dapat membantu koordinasi proyek, menyimpan hasil kerja, atau menyediakan referensi daring yang terkurasi. Aktivitas ini melatih keterampilan sosial dan komunikasi yang penting untuk memahami topik-topik bioteknologi yang bersifat multidisipliner. Fitri dkk., (2018) mengungkapkan bahwa penggunaan model Project Based Learning (PjBL) mampu meningkatkan minat siswa untuk belajar secara lebih aktif dan mandiri. Selain itu, melalui aktivitas proyek, siswa juga berkesempatan untuk melatih keterampilan mereka dengan menghasilkan produk yang dibuat selama proses pembelajaran. Di sisi lain, model Direct Instruction cenderung menitikberatkan pada hafalan konsep, latihan soal tertutup, dan evaluasi hasil belajar melalui tes yang fokus pada jawaban benar-salah. Pendekatan ini tidak banyak melatih kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah terbuka, maupun kreativitas siswa dalam menerapkan konsep bioteknologi.

#### IV. KESIMPULAN

Kemampuan awal siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol dinyatakan setara berdasarkan hasil pretest yang telah dilakukan. Hasil ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kemampuan awal siswa kedua kelas sebelum perlakuan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa kemampuan awal kedua kelompok relatif homogen dan sebanding.

Hasil belajar siswa setelah proses pembelajaran menunjukkan peningkatan pada kedua kelompok, yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol. disimpulkan bahwa model pembelajaran PjBL berbantuan AI yang di gunakan adalah Canva untuk membuat PPT, Chat gpt, Chatbot generatif, dan google schooler memberikan pengaruh positif dan signifikan terhadap peningkatan hasil belajar peserta didik dibandingkan dengan model

pembelajaran konvensional. Dengan demikian, model PjBL berbantuan AI memberikan pengaruh positif dan signifikan terhadap peningkatan hasil belajar siswa.

Disarankan bagi guru untuk menggunakan model pembelajaran *Project Based Learning* berbantuan *Artificial Intelligence* sebagai salah satu alternatif strategi pembelajaran aktif yang dapat meningkatkan pemahaman dan hasil belajar siswa, terutama pada materi yang membutuhkan tentang pemahaman teknologi yang berbasis pada project. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk meneliti lebih lanjut penggunaan model ini pada materi atau jenjang yang berbeda, serta mempertimbangkan variabel lain seperti pengaruh terhadap keterampilan berpikir kritis, kerja sama kelompok, atau minat belajar siswa.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Afriana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. (2016). *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA Penerapan project based learning terintegrasi STEM untuk meningkatkan literasi sains siswa ditinjau dari gender*. 2(2), 202–212.
- Almasri, F. (2024). *Exploring the Impact of Artificial Intelligence in Teaching and Learning of Science: A Systematic Review of Empirical Research*. *Research in Science Education*, 54, 977–997. <https://doi.org/10.1007/s11165-024-10176-3>
- Aini, Q., Lesmono, A. D., & Wahyuni, S. (2015). *Pembelajaran Fisika Menggunakan Model Project Based Learning Dengan Memanfaatkan*. 1–7.
- Apriliani, D. N., & Panggayuh, V. (2018). *Pengaruh penggunaan model pembelajaran berbasis project based learning (pjbl) terhadap minat belajar dan hasil belajar siswa kelas x rpl di smk negeri 1 boyolangu*. 2(20), 19–26.
- Aripin, I., Gaffar, A. A., Jabar, M. B. A., & Yulianti, D. (2024). *Artificial Intelligence in Biology and Learning Biology: A Literature Review*. *Jurnal Mangifera Edu*, 8(2), 41–48. <https://doi.org/10.31943/mangiferaedu.v8i2.185>
- Ariyani, E., Jalmo, T., & Yolida, B. (2019). *Pengaruh Model PjBL terhadap Kemampuan Komunikasi Sains dan Berpikir Kreatif Peserta Didik*. 7(3), 1–12.
- Arly, A., Dwi, N., & Andini, R. (2023). *Implementasi Penggunaan Artificial Intelligence Dalam Proses Pembelajaran Mahasiswa Ilmu Komunikasi di Kelas A*. 362–374.
- Diantama, S. (2023). *Pemanfaatan Artificial Inteligent ( Ai ) Dalam Dunia*. 1(1), 8–14.
- Fitri, H., Dasna, I. W., & Suharjo. (2018). *Pengaruh Model Project Based Learning (PjBL) Terhadap Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Ditinjau dari Motivasi Berprestasi Siswa Kelas IV Sekolah Dasar*.
- Hudha, M. N., Fajriyah, M. I., Rosyidah, F. U. N., & Ayu, H. D. (2023). *Project-based learning in improving scientific literacy: Systematic literature review*. *Psychology, Evaluation, and Technology in Educational Research*, 5(2), 159–170. <https://doi.org/10.33292/petier.v5i2.15>
- Kusumaningrum, S., & Djukri. (2016). *Pengembangan perangkat pembelajaran model Project Based Learning (PjBL) untuk meningkatkan keterampilan proses sains dan kreativitas*. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 241–251. <https://doi.org/10.21831/jipi.v2i2.5557>
- Mambu, J. G., Pitra, D. H., Ilmi, A. R. M., Nugroho, W., Leuwol, N. V., & Saputra, A. M. A. (2023). *Pemanfaatan teknologi Artificial Intelligence (AI) dalam menghadapi tantangan mengajar guru di era digital*. *Journal on Education*, 6(1), 2689–2698
- Melina, M. M., Zuhro, M. V., Siregar, N., Ristanto, R., & Isfaeni, H. (2023). *Project Base Learning (PjBL) Model in Biology Learning Concept: A Meta-Analysis*. *Bio-Lectura: Jurnal Pendidikan Biologi*, 10(1). <https://doi.org/10.31849/bl.v10i1.12605>
- Priyanti, N. A., Habiburrahman, N., Andrian, R. D., Amaral, L. M., Selan, S., & Azis, R. (2023). *Perspektif inovasi dan strategi pembelajaran biologi di era revolusi pendidikan abad 21*. *Jurnal Pembelajaran dan Riset Pendidikan*, 3(4). <https://doi.org/10.28926/jrpp.v3i4.1716>
- Rahayu, B. S., Hartinah, S., & Suriswo, S. (2024). *Pengembangan Modul Ajar IPAS dengan Model Pembelajaran Project Based Learning Berbantu AI Canva pada Siswa Sekolah Dasar*. *Journal of Education Research*, 5(3), 3883–3887.
- Relmasira, S. C., Tyas, A., & Hardini, A. (2019).

- Meningkatkan Motivasi dan Hasil Belajar IPA dengan Menggunakan Model Pembelajaran Project Based Learning ( PjBL ).* 3(3), 285–291.
- Sharma, R. C., Kawachi, P., & Bozkurt, A. (2019). *Asian Journal of Distance Education The Landscape of Artificial Intelligence in Open , Online and Distance Education : Promises and Concerns.* 14(2), 1–2.
- Somayana, W. (2020). *Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0).* 1(3), 283–294.
- Sunita, N. W., Mahendra, E., & Lesdyantari, E. (2019). *Pengaruh Model Pembelajaran Project Based Learning Terhadap Minat Belajar Dan Hasil.* 20(1), 127–145.
- Zebua, N. (2025). *Integrasi teknologi digital dalam pembelajaran biologi: Analisis kualitatif terhadap pemahaman konseptual dan keterampilan abad 21.* *Edukasi Elita: Jurnal Inovasi Pendidikan,* 2(2), 52–64. <https://doi.org/10.62383/edukasi.v2i2.1306>

## Pengaruh Media *Flipbook* Digital terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar Peserta Didik pada Materi Sistem Ekskresi

Putri Syarif<sup>1\*</sup>, Rina Fitriani<sup>2</sup>, Ai Anisa Asaidah<sup>3</sup>, Dita Agustian<sup>4</sup>, Rahmat Rizal<sup>5</sup>  
 Program Studi Magister Pendidikan IPA, Program Pascasarjana, Universitas Siliwangi  
 Jl. Siliwangi No. 24, Tasikmalaya 46115, Indonesia  
 \*e-mail: [putrisyarifa15@gmail.com](mailto:putrisyarifa15@gmail.com)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh media pembelajaran digital *flipbook* terhadap kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik pada materi sistem ekskresi kelas VIII SMP IT Nanggerang. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain *quasi-experimental nonequivalent control group*, melibatkan kelas VIII A sebagai kelompok eksperimen (n=25) yang menggunakan *flipbook* digital dan kelas VIII B sebagai kelompok kontrol (n=25) yang belajar secara konvensional. Data dikumpulkan melalui *pretest* dan *posttest* yang valid dan reliabel. Analisis dilakukan menggunakan MANOVA. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh signifikan media *flipbook* terhadap kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar secara simultan (*Pillai's Trace* = 0,615;  $F(2, 47) = 37,491$ ;  $p < 0,001$ ) dengan *effect size* besar ( $\eta^2 = 0,615$ ). Analisis lanjut menunjukkan peningkatan signifikan kemampuan berpikir kritis ( $F = 46,338$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,491$ ) dan hasil belajar ( $F = 35,796$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,427$ ). Temuan ini menunjukkan bahwa *flipbook* digital, dengan integrasi teks, gambar, dan multimedia interaktif, mampu meningkatkan keterlibatan kognitif, pemahaman konsep, serta kemampuan berpikir kritis peserta didik. Penelitian ini menyimpulkan bahwa *flipbook* digital merupakan media pembelajaran yang efektif dan berpotensi diterapkan pada materi dan jenjang lain yang memerlukan visualisasi dan interaktivitas yang tinggi.

Kata kunci: Berpikir Kritis, *Flipbook* Digital, Hasil Belajar, Media Pembelajaran, Sistem Ekskresi

### Abstract

This study aims to analyze the effect of digital flipbook learning media on critical thinking skills and student learning outcomes in the excretory system material of class VIII SMP IT Nanggerang. The study used a quantitative approach with a quasi-experimental nonequivalent control group design, involving class VIII A as the experimental group (n=25) using digital flipbooks and class VIII B as the control group (n=25) learning conventionally. Data were collected through valid and reliable pretests and posttests. Analysis was performed using MANOVA. The results showed a significant effect of flipbook media on critical thinking skills and learning outcomes simultaneously (*Pillai's Trace* = 0.615;  $F(2,47) = 37.491$ ;  $p < 0.001$ ) with a large effect size ( $\eta^2 = 0.615$ ). Further analysis showed a significant increase in critical thinking skills ( $F = 46.338$ ;  $p < 0.001$ ;  $\eta^2 = 0.491$ ) and learning outcomes ( $F = 35.796$ ;  $p < 0.001$ ;  $\eta^2 = 0.427$ ). These findings indicate that digital flipbooks, with their integration of text, images, and interactive multimedia, can increase students' cognitive engagement, conceptual understanding, and critical thinking skills. This study concludes that digital flipbooks are an effective learning medium with the potential to be applied to other materials and levels that require high visualization and interactivity.

Keywords: Critical Thinking, Digital Flipbook, Learning Outcomes, Learning Media, Excretory System

## I. PENDAHULUAN

Keterampilan berpikir kritis merupakan salah satu kompetensi esensial yang perlu dikembangkan dalam pembelajaran abad ke-21, terutama dalam pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA). Menurut Wayudi dan Santoso (2020) keterampilan berpikir kritis merupakan

kompetensi penting yang harus dimiliki setiap peserta didik. Kemudian, Wardhani (2025) menyatakan bahwa keterampilan proses sains merupakan bagian esensial dalam membentuk peserta didik yang berpikir kritis, kreatif, dan mampu memecahkan masalah. Dalam pembelajaran IPA, keterampilan berpikir kritis diperlukan untuk membantu peserta didik

memahami konsep-konsep ilmiah yang kompleks, menghubungkannya dengan fenomena alam, serta memecahkan masalah secara logis dan sistematis. Namun, pelaksanaan pembelajaran IPA di Indonesia masih belum optimal. Berdasarkan laporan OECD (2023) skor sains peserta didik Indonesia pada PISA 2022 mencapai 383, masih berada di bawah rata-rata OECD sebesar 489. Temuan tersebut menunjukkan bahwa kualitas pembelajaran sains di Indonesia masih perlu ditingkatkan, termasuk dalam aspek pengembangan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Dalam konteks ini, guru dituntut untuk menciptakan lingkungan belajar yang lebih interaktif agar kemampuan berpikir kritis dapat dikembangkan. Penggunaan media pembelajaran digital interaktif dianggap sebagai salah satu upaya untuk meningkatkan keaktifan serta keberhasilan dalam proses belajar peserta didik (Iskandar et al., 2023). Kajian literatur menyimpulkan bahwa inovasi media pembelajaran digital secara signifikan dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran dan keterampilan proses IPA peserta didik (Aprial et al., 2025; Wardhani, 2025).

Pembelajaran IPA di tingkat SMP masih didominasi oleh metode ceramah konvensional yang berpusat pada guru. Di SMP IT Nanggerang, proses pembelajaran masih mengutamakan metode ceramah sehingga peserta didik kurang dilibatkan secara aktif dalam pembelajaran. Kondisi ini belum didukung oleh ketersediaan bahan ajar yang memadai, sehingga pembelajaran masih bergantung pada buku paket Kurikulum 2013 yang kurang relevan dengan kebutuhan pembelajaran saat ini. Ketersediaan buku di perpustakaan juga masih terbatas sehingga peserta didik tidak memiliki buku pegangan pribadi. Peserta didik hanya mengandalkan catatan guru. Dampaknya, guru harus berupaya mencari bahan ajar tambahan secara mandiri agar materi pelajaran tersampaikan lebih lengkap. Situasi tersebut mengindikasikan perlunya solusi pembelajaran yang dapat mengatasi kekurangan sumber belajar konvensional dan mendorong keterlibatan peserta didik secara lebih besar.

Permasalahan utama yang dihadapi adalah lemahnya keterlibatan aktif peserta didik dan rendahnya kualitas pembelajaran akibat metode *teacher-centered* dan sumber belajar yang terbatas. Keterbatasan ini menjadi sangat kritis ketika guru harus mengajarkan materi biologi kelas VIII yang secara konseptual sulit dan abstrak, seperti sistem ekskresi. Materi sistem ekskresi mencakup struktur dan fungsi organ-organ internal yang kompleks, termasuk ginjal, kulit, paru-paru, dan hati (Saputri et al., 2024; Shinta et al., 2025). Karakteristik materi yang menuntut visualisasi kuat dan pemahaman konseptual ini tidak dapat disampaikan secara efektif hanya melalui ceramah dan catatan pasif (Kayla & Muthi, 2025). Kondisi ini tidak hanya menghambat pemahaman konsep IPA seperti sistem ekskresi, tetapi juga menurunkan motivasi dan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Sebagai solusi umum, sejumlah studi mengusulkan penggunaan media pembelajaran digital interaktif yang dapat mendukung pembelajaran kontekstual (Agustian et al., 2025). Media pembelajaran digital interaktif terbukti memiliki pengaruh positif yang kuat dalam meningkatkan keterampilan proses IPA dan efektivitas pembelajaran peserta didik (Aprial et al., 2025; Wardhani, 2025). Dalam rangka mengatasi keterbatasan sumber belajar tradisional, penggunaan media pembelajaran *flipbook* menjadi alternatif yang menjanjikan.

*Flipbook* merupakan media pembelajaran digital berbentuk buku elektronik interaktif yang memiliki banyak keunggulan dibandingkan buku cetak konvensional (Purnomo et al., 2024; Syam & Yunus, 2024). Menurut Amalia et al. (2023) *flipbook* merupakan inovasi media interaktif terbaru yang mampu mengondisikan proses pembelajaran di kelas secara lebih menarik dan hasil kajian mereka menunjukkan *flipbook* layak digunakan di sekolah. Penggunaan media *flipbook* diharapkan dapat mengubah proses pembelajaran konvensional menjadi pembelajaran berbasis multimedia, sehingga peserta didik menjadi lebih termotivasi belajar. Dengan sifatnya yang interaktif, *flipbook* memungkinkan penyampaian materi melalui teks, gambar, animasi, atau video yang dapat

meningkatkan minat sehingga pemahaman konseptual peserta didik dapat tercapai secara maksimal (Saraswati et al., 2025).

Media *flipbook* digital memiliki potensi untuk mendukung pembelajaran IPA karena mampu mengintegrasikan berbagai unsur multimedia yang dapat membantu peserta didik memahami konsep-konsep yang bersifat abstrak. Penggunaan teks, gambar, video, dan aktivitas interaktif dalam *flipbook* dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik selama proses pembelajaran serta mendukung pemahaman konsep secara lebih mendalam (Mayer, 2021; Saputri et al., 2024). Selain itu, penyajian materi secara interaktif dan kontekstual berpotensi memfasilitasi pengembangan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik (Aprial et al., 2025; Wardhani, 2025).

Penelitian-penelitian empiris sebelumnya telah mengeksplorasi efektivitas *flipbook* dalam konteks pembelajaran. Naufal et al. (2025) mengembangkan media pembelajaran berbasis *flipbook* pada materi Pendidikan Pancasila. Demikian pula, Saputri et al. (2024) mengembangkan *flipbook* interaktif untuk materi sistem ekskresi manusia dan melaporkan media tersebut valid, praktis, dan efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Demikian pula Rochayati & Setyawati (2024) juga mengembangkan *flipbook* pada materi dasar-dasar teknik elektronika untuk peserta didik SMK dan melaporkan media tersebut berfungsi dengan baik dan dinyatakan sangat layak digunakan (kelayakan ahli di atas 80%). Kemudian Saputra et al. (2024) menemukan bahwa penggunaan media *flipbook* berpengaruh positif terhadap hasil belajar peserta didik. Secara umum, literatur terkini menunjukkan bahwa *flipbook* sebagai media pembelajaran interaktif berpotensi meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik.

Meskipun demikian, kajian terdahulu masih didominasi oleh penelitian pengembangan (*Research and Development*) yang berfokus pada validitas, kepraktisan, dan kelayakan media. Pada materi sistem ekskresi, penelitian yang ada umumnya menitikberatkan pada pengembangan produk media dan belum banyak menguji

dampak penggunaan *flipbook* terhadap kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik secara simultan melalui desain eksperimen. Selain itu, masih terbatas penelitian yang mengimplementasikan *flipbook* digital berbasis FlipHTML5 pada materi sistem ekskresi untuk menguji pengaruhnya terhadap kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik secara simultan. Oleh karena itu, kebaruan penelitian ini terletak pada implementasi *flipbook* digital berbasis FlipHTML5 dalam pembelajaran sistem ekskresi serta pengujian dampaknya terhadap kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik kelas VIII SMP melalui desain quasi-experimental.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh media pembelajaran *flipbook* terhadap kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik pada materi sistem ekskresi kelas VIII SMP IT Nanggerang. Dengan mengintegrasikan media *flipbook* yang interaktif ke dalam proses pembelajaran, diharapkan penelitian ini mampu menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik dibandingkan dengan pembelajaran konvensional. Penelitian ini dibatasi pada implementasi *flipbook* digital pada materi sistem ekskresi untuk peserta didik kelas VIII di SMP IT Nanggerang. Hasil penelitian diharapkan memberikan kontribusi konseptual dan praktis bagi pengembangan media pembelajaran digital di SMP, terutama dalam mendukung pembelajaran IPA yang relevan dengan tuntutan keterampilan abad ke-21.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain *quasi-experimental nonequivalent control group*. Dalam desain ini peneliti membandingkan dua kelompok (eksperimen dan kontrol) tanpa penempatan secara acak. Sesuai Creswell dan Creswell (2018), desain tersebut melibatkan dua kelompok non-acak yang keduanya diberikan *pretest* dan *posttest*, namun hanya kelompok eksperimen

yang menerima perlakuan (X). Dengan demikian, pola rancangan penelitian ini adalah bahwa pada awal penelitian kedua kelompok diuji (O1, O3), kemudian kelompok eksperimen diberikan intervensi media *flipbook* digital (X1), sedangkan kelompok kontrol tidak (X2), dan akhirnya keduanya diuji kembali (O2, O4) untuk melihat pengaruh perlakuan.

Tabel 1. Desain Penelitian Quasi-Eksperimen

Kelompok	Pretest	Perlakuan	Posttest
Eksperimen (VIII A)	O <sub>1</sub>	X (Pembelajaran dengan <i>Flipbook</i> Digital)	O <sub>2</sub>
Kontrol (VIII B)	O <sub>3</sub>	– (Pembelajaran Konvensional)	O <sub>4</sub>

Keterangan:

O<sub>1</sub> dan O<sub>3</sub> = tes awal (*pretest*) kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar

O<sub>2</sub> dan O<sub>4</sub> = tes akhir (*posttest*)

X = perlakuan berupa penggunaan media *flipbook*

Penelitian dilaksanakan pada semester ganjil tahun ajaran 2025/2026 di SMP IT Nanggerang, khususnya pada pembelajaran IPA materi sistem ekskresi. Populasi penelitian mencakup seluruh peserta didik kelas VIII. Sedangkan sampel ditentukan menggunakan teknik *purposive sampling*, sehingga diperoleh dua kelas, yaitu VIII A sebagai kelompok eksperimen yang berjumlah 25 peserta didik dan VIII B sebagai kelompok kontrol yang berjumlah 25 peserta didik, dengan total sampel sebanyak 50 peserta didik.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui tes kemampuan berpikir kritis dan tes hasil belajar yang diberikan pada saat pretest dan posttest. Instrumen kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar masing-masing terdiri atas 25 butir soal pilihan ganda yang disusun sesuai dengan indikator yang diukur pada materi sistem ekskresi kelas VIII SMP. Instrumen kemampuan berpikir kritis disusun berdasarkan indikator berpikir kritis Ennis (1985), yaitu memberikan penjelasan sederhana, membangun keterampilan dasar, menyimpulkan, memberikan penjelasan

lanjut, serta strategi dan taktik. Sebelum digunakan dalam penelitian, kedua instrumen divalidasi oleh satu validator ahli melalui *expert judgment*.

Selanjutnya dilakukan uji validitas empiris menggunakan korelasi *Pearson Product Moment*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa instrumen kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar memenuhi kriteria valid sehingga layak digunakan dalam penelitian. Uji reliabilitas dilakukan menggunakan *Cronbach's Alpha*. Hasil analisis menunjukkan bahwa instrumen kemampuan berpikir kritis memiliki koefisien reliabilitas sebesar 0,953 yang termasuk kategori sangat tinggi, sedangkan instrumen hasil belajar memiliki koefisien reliabilitas sebesar 0,739 yang termasuk kategori tinggi. Dengan demikian, kedua instrumen dinyatakan valid dan reliabel untuk digunakan dalam penelitian.

Media *flipbook* divalidasi oleh ahli media dan ahli materi. Hasil validasi menunjukkan persentase kelayakan sebesar 86% dari ahli media (sangat layak) dan 80% dari ahli materi (layak), sehingga media dinyatakan layak digunakan dalam pembelajaran materi sistem ekskresi. Media *flipbook* yang digunakan dalam penelitian ini dikembangkan menggunakan platform FlipHTML5 dan disajikan dalam bentuk e-modul digital interaktif yang dapat diakses melalui smartphone maupun komputer. Media memuat capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, peta konsep, materi sistem ekskresi, video dan gambar organ ekskresi, informasi kontekstual, fitur “*Do You Know?*”, latihan pemahaman, serta evaluasi pembelajaran yang terhubung dengan kuis daring melalui tautan digital. Materi disusun secara sistematis mulai dari konsep dasar sistem ekskresi, struktur dan fungsi organ ekskresi, proses ekskresi, gangguan pada sistem ekskresi, hingga upaya menjaga kesehatan organ ekskresi. Selain itu, *flipbook* juga memuat pertanyaan pemantik yang dirancang untuk mendorong peserta didik melakukan analisis, inferensi, dan penyusunan solusi terhadap permasalahan yang berkaitan dengan sistem ekskresi.

Prosedur penelitian diawali dengan tahap persiapan, mencakup penyusunan instrumen tes dan validasi, pengembangan media pembelajaran

*flipbook* untuk kelas eksperimen, serta penetapan kelas eksperimen dan kontrol. Selanjutnya, kedua kelas diberikan *pretest* untuk mengukur kemampuan awal berpikir kritis dan hasil belajar. Pada tahap perlakuan, kelas eksperimen menerima pembelajaran dengan media *flipbook* digital, sedangkan kelas kontrol menerima pembelajaran konvensional menggunakan metode ceramah dan buku paket. Perlakuan diberikan selama tiga kali pertemuan pada materi sistem ekskresi. Setelah seluruh rangkaian pembelajaran selesai, kedua kelompok diberikan *posttest* yang sama untuk mengukur perubahan kemampuan peserta didik.

Data dianalisis melalui beberapa tahap, dimulai dari uji asumsi statistik yang meliputi uji normalitas, uji homogenitas, dan pemenuhan asumsi multivariat sebelum analisis utama dilakukan. Analisis data menggunakan MANOVA karena penelitian melibatkan dua variabel dependen yang saling berkaitan, yaitu kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar, sehingga analisis multivariat dinilai lebih tepat untuk menguji pengaruh perlakuan secara simultan. Setelah itu, dilakukan analisis lanjut melalui *Tests of Between-Subjects Effects* untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap masing-masing variabel dependen secara terpisah. Pemilihan MANOVA dinilai tepat karena kedua variabel dependen berpotensi saling berkorelasi sehingga analisis multivariat dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif dibandingkan analisis univariat secara terpisah.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian diperoleh berupa data statistik deskriptif yang menunjukkan hasil pengukuran awal (*pretest*) dan akhir (*posttest*) kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, dengan jumlah sampel sebanyak 25 peserta didik per kelompok. Data deskriptif disajikan pada tabel berikut.

Tabel 2.  
Statistik Deskriptif Skor Berpikir Kritis dan Hasil Belajar

Variabel	Kelas	n	Mean	Std. Dev	Min	Max
Pretest	Eksperimen	25	46.60	11.52	30	75
Berpikir Kritis	Kontrol	25	48.60	10.36	25	65
Posttest	Eksperimen	25	77.60	11.10	60	100
Berpikir Kritis	Kontrol	25	54.20	13.12	35	80
Pretest	Eksperimen	25	58.52	7.25	45	72
Hasil Belajar	Kontrol	25	59.76	7.08	45	71
Posttest	Eksperimen	25	75.76	5.50	67	86
Hasil Belajar	Kontrol	25	66.24	5.75	56	77

Berdasarkan data pretest pada Tabel 2, rerata kemampuan berpikir kritis kelompok eksperimen (46,60) dan kelompok kontrol (48,60), serta rerata hasil belajar kelompok eksperimen (58,52) dan kelompok kontrol (59,76), menunjukkan perbedaan yang relatif kecil. Hasil tersebut menunjukkan bahwa rerata skor pretest kedua kelompok relatif tidak berbeda secara mencolok sebelum perlakuan diberikan.

Selanjutnya, analisis statistik deskriptif menunjukkan bahwa penggunaan media pembelajaran *flipbook* memberikan peningkatan yang lebih tinggi terhadap kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar dibandingkan dengan pembelajaran konvensional. Perbedaan rerata skor posttest pada kedua variabel mengindikasikan adanya potensi pengaruh perlakuan yang perlu diuji lebih lanjut melalui analisis inferensial. Sebelum pengujian hipotesis dilakukan, terlebih dahulu dilakukan uji prasyarat yang meliputi uji normalitas dan uji homogenitas. Hasil uji normalitas disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Normalitas (*Shapiro-Wilk*)

Variabel	Kelas	n	Statistik	Sig.
Pretest	Eksperimen	25	0.930	0.086
Berpikir Kritis	Kontrol	25	0.954	0.314
Posttest	Eksperimen	25	0.954	0.309
Berpikir Kritis	Kontrol	25	0.954	0.304
Pretest	Eksperimen	25	0.984	0.953
Hasil Belajar	Kontrol	25	0.970	0.644
Posttest	Eksperimen	25	0.967	0.577
Hasil Belajar	Kontrol	25	0.979	0.855

Berdasarkan hasil uji normalitas *Shapiro-Wilk* pada data pretest dan posttest kemampuan

berpikir kritis serta hasil belajar, seluruh nilai signifikansi menunjukkan  $p > 0,05$  sehingga data dinyatakan berdistribusi normal. Dengan demikian, data memenuhi salah satu asumsi yang diperlukan untuk analisis statistik parametrik. Adapun untuk uji homogenitas diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Uji Homogenitas

Variabel	Levene Statistic	df1	df2	Sig.	Keterangan
Pretest Berpikir Kritis	0.361	1	48	0.551	Homogen
Posttest Berpikir Kritis	1.106	1	48	0.298	Homogen
Pretest Hasil Belajar	0.063	1	48	0.803	Homogen
Posttest Hasil Belajar	0.032	1	48	0.858	Homogen

Tabel 4 menyajikan hasil uji homogenitas varians menggunakan *Levene Statistic*. Kriteria pengambilan keputusan homogenitas adalah bahwa data dinyatakan homogen apabila nilai signifikansi  $> 0,05$ . Maka berdasarkan tabel tersebut secara keseluruhan, hasil uji *Levene* menunjukkan bahwa varians data skor *pretest* dan *posttest* untuk kedua variabel (kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar) adalah homogen.

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis multivariat, yaitu uji MANOVA, karena melibatkan dua variabel dependen sekaligus, yaitu berpikir kritis dan hasil belajar. Berikut merupakan hasil analisis data uji MANOVA dengan bantuan SPSS.

Tabel 5. Hasil Uji Multivariat Pengaruh Media *Flipbook* terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar

Statistik	Value	F	df	p	Partial Eta Squared
Pillai's Trace	0,615	37,491	2,47	<0,001	0,615

Berdasarkan Tabel 5, diperoleh nilai *Pillai's Trace* sebesar 0,615 dengan  $F(2, 47) = 37,491$  dan  $p < 0,001$ . Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan media *flipbook* berpengaruh signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis

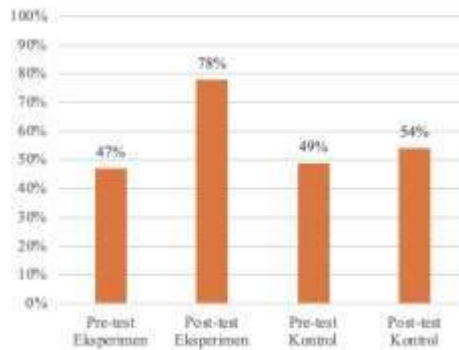
dan hasil belajar peserta didik secara simultan. Nilai *Partial Eta Squared* sebesar 0,615 mengindikasikan ukuran pengaruh yang besar terhadap kedua variabel tersebut. Dengan demikian, media *flipbook* memberikan kontribusi yang kuat terhadap perbedaan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Hakim & Masykuro (2023) yang melaporkan bahwa penggunaan *flipbook* berpengaruh signifikan terhadap hasil belajar peserta didik ( $p < 0,001$ ). Pada materi yang sama, Aprilia (2021) juga menemukan bahwa rata-rata skor berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik yang menggunakan *flipbook* (88,12) lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol (75,31) serta menunjukkan perbedaan yang signifikan ( $p < 0,001$ ). Selanjutnya, besarnya pengaruh perlakuan dianalisis menggunakan nilai *Partial Eta Squared* sebagai ukuran *effect size* untuk mengetahui kekuatan pengaruh media *flipbook* terhadap masing-masing variabel dependen.

Tabel 6. *Tests of Between-Subjects Effects*

Variabel	Sumber	F	df	p	Partial Eta Squared
Berpikir kritis	Kelas (Eks vs Kontrol)	46,338	1	<0,001	0,491
Hasil belajar	Kelas (Eks vs Kontrol)	35,796	1	<0,001	0,427

Berdasarkan Tabel 6, faktor kelas (eksperimen dan kontrol) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik. Pada kemampuan berpikir kritis diperoleh nilai  $F = 46,338$  dengan  $p < 0,001$  dan *Partial Eta Squared* sebesar 0,491. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan media *flipbook* memberikan pengaruh yang besar terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik. Pada hasil belajar diperoleh nilai  $F = 35,796$  dengan  $p < 0,001$  dan *Partial Eta Squared* sebesar 0,427 yang juga menunjukkan pengaruh yang besar. Temuan ini mengindikasikan bahwa peserta didik yang belajar menggunakan media *flipbook*

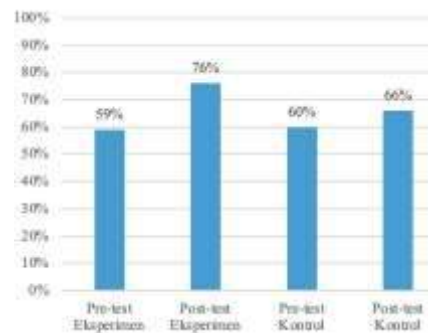
memperoleh kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar yang lebih baik dibandingkan dengan peserta didik yang mengikuti pembelajaran konvensional. Hal ini sejalan dengan penelitian Tresnawati & Aryanti (2022) yang menunjukkan bahwa pembelajaran *flipped learning* efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa pada materi fotosintesis. Temuan tersebut memperkuat bahwa penggunaan media pembelajaran yang interaktif dan berpusat pada peserta didik dapat mendorong keterlibatan kognitif yang lebih tinggi sehingga berdampak positif terhadap kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar. Secara keseluruhan, temuan ini menunjukkan bahwa media *flipbook* secara signifikan meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik dibandingkan dengan media pembelajaran konvensional.



Gambar 1. Persentase Rata-rata Skor Berpikir Kritis

Pada Gambar 1 terlihat bahwa kemampuan berpikir kritis peserta didik pada kelompok eksperimen mengalami peningkatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol. Rata-rata skor berpikir kritis kelompok eksperimen meningkat dari 46,60 pada *pretest* menjadi 77,60 pada *posttest*, sedangkan kelompok kontrol meningkat dari 48,60 menjadi 54,20. Perbedaan peningkatan tersebut menunjukkan bahwa penggunaan media *flipbook* memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik dibandingkan dengan pembelajaran konvensional. Melalui penyajian materi yang interaktif, peserta didik memperoleh kesempatan

untuk menganalisis informasi, menghubungkan konsep, serta menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan materi sistem ekskresi. Dengan demikian, media *flipbook* mampu memfasilitasi proses pembelajaran yang mendukung peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Temuan ini sejalan dengan hasil uji statistik yang menunjukkan adanya pengaruh signifikan media *flipbook* terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik ( $F = 46,338$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,491$ ), sehingga peningkatan yang terjadi tidak hanya terlihat secara deskriptif, tetapi juga terbukti secara statistik.



Gambar 2. Persentase Rata-rata Skor Hasil Belajar

Pada Gambar 2 terlihat bahwa hasil belajar peserta didik pada kelompok eksperimen mengalami peningkatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol. Rata-rata skor hasil belajar kelompok eksperimen meningkat dari 58,52 pada *pretest* menjadi 75,76 pada *posttest*, sedangkan kelompok kontrol meningkat dari 59,76 menjadi 66,24. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan media *flipbook* membantu peserta didik memahami materi sistem ekskresi secara lebih efektif dibandingkan dengan pembelajaran konvensional. Penyajian materi melalui kombinasi teks, gambar, video, dan aktivitas interaktif memungkinkan peserta didik memperoleh pengalaman belajar yang lebih bermakna sehingga berdampak pada peningkatan hasil belajar. Dengan demikian, media *flipbook* dapat menjadi alternatif media pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik. Temuan ini sejalan dengan hasil uji

statistik yang menunjukkan adanya pengaruh signifikan media *flipbook* terhadap hasil belajar peserta didik ( $F = 35,796$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,427$ ), sehingga peningkatan yang terjadi tidak hanya terlihat secara deskriptif, tetapi juga terbukti secara statistik.

Penggunaan *flipbook* berbasis multimedia didukung oleh berbagai teori pembelajaran. Teori perkembangan kognitif Piaget menekankan bahwa peserta didik belajar secara efektif ketika mereka terlibat aktif dalam kegiatan belajar dengan dukungan media yang memadai. Oronce et al. (2021) mengemukakan bahwa *flipbook* digital yang menggabungkan teks, gambar, audio, dan video interaktif sesuai dengan prinsip ini karena mendorong peserta didik untuk mengamati dan melakukan (*learn by doing*). Selain itu, *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (Mayer, 2014) menjelaskan bahwa kombinasi informasi verbal dan visual dapat membantu peserta didik memahami materi secara lebih mendalam melalui pemrosesan dua saluran kognitif.

Pendekatan *Contextual Teaching and Learning* (CTL) dan konstruktivisme juga mendukung penggunaan *flipbook* dalam pembelajaran. Materi yang disajikan secara kontekstual membantu peserta didik menghubungkan konsep dengan pengalaman nyata, sedangkan aktivitas interaktif yang tersedia dalam *flipbook* memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk membangun pengetahuan secara mandiri. Oleh karena itu, *flipbook* tidak hanya berfungsi sebagai media penyampaian informasi, tetapi juga sebagai sarana yang mendukung keterlibatan aktif peserta didik dalam proses berpikir kritis dan pemecahan masalah. Sejalan dengan hal tersebut, Oronce et al. (2021) merekomendasikan integrasi *flipbook* digital dalam pembelajaran karena mampu meningkatkan motivasi belajar dan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Hasil penelitian ini konsisten dengan berbagai penelitian terdahulu mengenai media *flipbook* dan peningkatan hasil belajar atau berpikir kritis. Sebagai contoh, Aprilia (2021) melaporkan bahwa peserta didik yang menggunakan media sains *flipbook* kontekstual memperoleh hasil

belajar dan kemampuan berpikir kritis yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Lakapu et al. (2023) yang menunjukkan peningkatan ketuntasan belajar peserta didik setelah penggunaan media *flipbook*. Pada materi sistem ekskresi, Hakim & Masykuro (2023) menyimpulkan bahwa *flipbook* hipermedia berpengaruh terhadap minat dan hasil belajar peserta didik. Selain itu, Oronce et al. (2021) menyatakan bahwa *flipbook* dapat mendorong kemampuan berpikir kritis melalui aktivitas pembelajaran yang interaktif dan menantang secara kognitif. Sejalan dengan temuan tersebut, Octaviana et al. (2025) melaporkan bahwa penggunaan *flipbook* mampu meningkatkan rata-rata skor berpikir kritis peserta didik secara signifikan, sedangkan Rizkia et al. (2025) juga menemukan peningkatan kemampuan berpikir kritis setelah penerapan media *flipbook* dalam pembelajaran. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memperkuat bukti empiris bahwa *flipbook* digital merupakan media pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, jumlah sampel penelitian relatif terbatas karena hanya melibatkan peserta didik dari satu sekolah. Kedua, penelitian menggunakan desain *quasi-experimental* tanpa pengacakan subjek sehingga kemungkinan adanya faktor luar yang tidak sepenuhnya dapat dikendalikan. Ketiga, penelitian hanya dilakukan pada materi sistem ekskresi sehingga efektivitas media *flipbook* pada materi IPA lainnya masih perlu dikaji lebih lanjut. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan melibatkan sampel yang lebih luas serta mengimplementasikan media *flipbook* pada materi dan jenjang pendidikan yang berbeda.

#### IV. KESIMPULAN

Penggunaan media *flipbook* digital pada materi sistem ekskresi berpengaruh signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik kelas VIII SMP IT Nanggerang. Hasil analisis MANOVA

menunjukkan bahwa media *flipbook* memberikan pengaruh signifikan terhadap kedua variabel tersebut secara simultan (*Pillai's Trace* = 0,615;  $F(2,47) = 37,491$ ;  $p < 0,001$ ) dengan ukuran pengaruh yang besar. Analisis lanjutan juga menunjukkan bahwa media *flipbook* berpengaruh signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik. Temuan ini menunjukkan bahwa *flipbook* digital dapat menjadi alternatif media pembelajaran yang efektif untuk mendukung pembelajaran IPA yang interaktif serta mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji efektivitas media *flipbook* pada materi dan jenjang pendidikan yang lebih beragam.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Agustian, D., Annashr, N. N., Triyanto, S. A., Ardiansyah, R., & Marlyono, S. G. (2025). Analisis Kebutuhan Modul Ajar Interaktif Berbasis Kearifan Lokal Pesisir pada Materi Perubahan Iklim: Studi Pendahuluan. *BIOSFER Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, 10(2), 139–146. <https://doi.org/10.23969/biosfer.v10i2.33964>
- Amalia, M. K., Jumiyati, F., Rosita, N. A., & Wijayanti, M. D. (2023). Media Pembelajaran Flipbook Untuk Meningkatkan Pemahaman Siswa Kelas V Sekolah Dasar Pada Materi Penerapan Nilai Pancasila. *SHEs Conference Series*, 7(3), 132–137.
- Aprial, B., Munawar, Y. Al, Anwarsyah, F., Putra, Y. P., Syaputra, M. A., & Kristian, R. (2025). Literatur Review : Inovasi Media Pembelajaran Digital dalam Meningkatkan Keterampilan Dasar Bola Basket pada Siswa SMA. *Journal Physical Health Recreation (JPHR)*, 5(4), 578–587. <https://doi.org/https://doi.org/10.55081/jphr.v5i4.4787>
- Aprilia, T. (2021). Efektivitas Penggunaan Media Sains Flipbook Berbasis Kontekstual untuk Meningkatkan Kemampuan Berfikir Kritis Siswa. *Jurnal Penelitian Ilmu Pendidikan*, 14(1), 10–21. <https://doi.org/10.21831/jpipfip.v14i1.32059>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). Sage Publications.
- Hakim, M., & Masykuro, A. F. (2023). Pengaruh penggunaan hypermedia flipbook terhadap minat dan hasil belajar siswa pada materi sistem ekskresi manusia. *Indigenous Biologi: Jurnal Pendidikan Dan Sains Biologi*, 6(2), 79–88. <https://doi.org/10.33323/indigenous.v6i2.409>
- Iskandar, S., Rosmana, P. S., Fadillah, A. R., Luud, A., Ql, Z. L., Apriliya, M., & Realistiya, R. (2023). Efektivitas Media Pembelajaran Interaktif terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas 5 Sekolah Dasar. *Jurnal Guru Kita PGSD*, 7(3), 557–566. <https://doi.org/10.24114/jgk.v7i3.41630>
- Kayla, N., & Muthi, I. (2025). Penerapan Multimedia Interaktif untuk Meningkatkan Pemahaman Siswa terhadap Konsep IPAS Materi Makhluk Hidup di Kelas III Sekolah Dasar. *Jurnal Arjuna: Publikasi Ilmu Pendidikan, Bahasa Dan Matematika*, 53, 60–68. <https://doi.org/10.61132/arjuna.v3i5.2275>
- Lakapu, P. A., Djara, J. I., Lakapu, D. E., & Nifus, D. A. (2023). Application Of Flip Book Media to Increasing Elementary Children ' s Learning Interest. *International Journal of Educational Sciences and Development*, 1(1), 22–29. <https://doi.org/10.54099/ijesd.v1i1.671>
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia Learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Naufal, M., Fathi, A., & Sriwijaya, U. (2025). Efektivitas Media Pembelajaran Elektronik Flipbook Berbasis Problem Solving Terhadap Hasil Belajar Peserta Didik. *Continuous Education : Journal of Science and Research*, 6(2), 128–143. <https://doi.org/10.51178/ce.v6i2.2560>
- Octaviana, S., Widiyono, A., & Muzakki, M. A. (2025). The Effect of Flipbook Media on

- Improving Critical Thinking Skills of Grade 5 IPAS Students. *IMBAR PGSD Undiksha*, 13(2), 337–345. <https://doi.org/10.23887/jjpgsd.v13i2.94819>
- OECD. (2023). *PISA 2022 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematics and Global Competence*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/dfe0bf9c-en>
- Oronce, P. J., & Manalo, D. A. O. (2021). DEVELOPMENT AND VALIDATION OF FLIPBOOK IN EARTH AND LIFE SCIENCE. *IOER International Multidisciplinary Research Journal*, 3(1), 111–117. <https://doi.org/10.54476/iimrj273>
- Purnomo, P. E. A., Agustini, K., & Sudatha, I. G. W. (2024). Peran Flipbook Sebagai Media Pembelajaran Inovatif Dalam Pembelajaran Abad 21. *JRIP: Jurnal Riset Dan Inovasi Pembelajaran*, 4(11), 2001–2015. <https://doi.org/10.51574/jrip.v4i3.2286>
- Rizkia, N., Funna, N., Wati, R., Dina, S., & Ali, H. (2025). Penerapan Media Flipbook Paper untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa pada Mata Pelajaran PPKn. *Jurnal Global Citizen Jurnal Ilmiah Kajian Pendidikan Kewarganegaraan*, 14(1), 102–109. <https://doi.org/10.33061/jgz.v14i1.12677>
- Rochayati, U., & Setyawati, K. (2024). Pengembangan media pembelajaran interaktif berbasis Flipbook pada mata pelajaran dasar – dasar Teknik Elektronika di SMK. *Jurnal Ilmiah WUNY*, 6(1), 87–93. <https://doi.org/10.21831/jwuny.v6i1.67344>
- Saputra, N. E., Zumrotun, E., Nichla, S., & Attalina, C. (2024). Pengaruh Media Pembelajaran Berbasis Flipbook terhadap Hasil Belajar IPAS di Kelas IV SDN 2 Kuanyar. *Jurnal Simki Pedagogia*, 7(1), 317–327.
- Saputri, D., Faizah, A. R., Raihanah, N. F., Rahman, M., & Sahribulan. (2024). Kajian literatur sistem ekskresi pada hewan vertebrata dan invertebrata. *Jurnal Ilmiah Kajian Multidisipliner*, 8(5), 39–46.
- Saraswati, N. D., Iesa, A., Illahi, K., Arif, A., & Hakim, L. (2025). Pengembangan Bahan Ajar Interaktif Berbasis Flipbook pada Mata Pelajaran Dokumen Berbasis Digital : Implikasi Bagi Pembelajaran di Era Society 5 . 0. *Progress Jurnal Pendidikan, Akuntansi Dan Keuangan Universitas Banten Jaya*, 8(1), 32–52. <https://doi.org/10.47080/progress.v8i1.3789>
- Shinta, D., Adelia, P., Apriliya, L., Rahmani, S., Virginia, Z., Aryanto, G. B., Ristanto, R. H., & Safitri, D. (2025). Pendekatan Guru Biologi dengan Penerapan Model Discovery Learning dalam Menyampaikan Materi Sistem Ekskresi terhadap SMA di Wilayah Urban. *Edusaintek: Jurnal Pendidikan, Sains Dan Teknologi*, 12(2), 933–950. <https://doi.org/10.47668/edusaintek.v12i2.1346>
- Syam, S., & Yunus, N. M. (2024). Efektivitas Penggunaan Media Pembelajaran Flipbook Digital Berbasis Discovery Learning pada Materi Sistem Ekskresi Manusia. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 10(1), 819–822. <https://doi.org/10.30605/biogenerasi.v10i1.5481>
- Tresnawati, C., & Aryanti, F. (2022). Flipped Learning Dalam Meningkatkan Berpikir Kritis Mahasiswa Pada Materi Fotosintesis Dimasa Pandemi Covid-19. *BIOSFER Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, 7(1), 41–49. <https://doi.org/10.23969/biosfer.v7i1.5752>
- Wardhani, R. S. (2025). Efektifitas Media Pembelajaran Berbasis Digital dalam Meningkatkan Keterampilan Keterampilan Proses IPA pada Siswa SD. *SHEs: Social, Humanities, and Educational Studies SHEs*, 8(3), 1590–1597. <https://doi.org/10.20961/shes.v8i3.107418>
- Wayudi, M., & Santoso, B. (2020). Kajian analisis keterampilan berpikir kritis siswa sekolah menengah atas. *Jurnal Pendidikan Manajemen Perkantoran*, 5(1), 67–82. <https://doi.org/10.17509/jpm.v4i2.18008>

## Efektivitas Penggunaan Video *Microlearning* Berbantuan LKPD Terhadap Hasil Belajar Kognitif Siswa Kelas XI pada Materi Sistem Pernapasan di SMAN 9 Gowa

Micke Alkuri<sup>1</sup>, Ismail<sup>2</sup>, Arifah Novia Arifin<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Pendidikan Biologi, Jurusan Biologi,

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar

Jl. Mallengkeri Raya No.44, Parang Tambung, Kec. Tamalate, Kota Makassar,

Sulawesi Selatan 90224 e-mail: [mickealkuri75@gmail.com](mailto:mickealkuri75@gmail.com),

[ismail6131@unm.ac.id](mailto:ismail6131@unm.ac.id), [arifahnoviarifin@unm.ac.id](mailto:arifahnoviarifin@unm.ac.id)

### Abstrak

Rendahnya hasil belajar kognitif siswa pada materi sistem pernapasan masih menjadi salah satu permasalahan dalam pembelajaran biologi. Penyampaian materi yang masih menggunakan metode konvensional menyebabkan siswa mengalami kesulitan dalam memahami materi sistem pernapasan karena melibatkan banyak organ dan proses yang harus dipahami secara berurutan. Penggunaan video *microlearning* berbantuan LKPD diharapkan dapat membantu siswa memahami materi secara lebih mudah melalui penyajian materi yang singkat, terarah, dan menarik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penggunaan video *microlearning* berbantuan LKPD terhadap hasil belajar kognitif siswa kelas XI pada materi sistem pernapasan di SMAN 9 Gowa. Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen dengan bentuk *Pre-Experimental Design* menggunakan desain *One Group Pretest-Posttest Design*. Sampel penelitian terdiri atas 32 siswa kelas XI.7 SMAN 9 Gowa yang dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*. Instrumen penelitian berupa tes pilihan ganda yang diberikan melalui pretest dan posttest. Data penelitian dianalisis menggunakan analisis statistik deskriptif dan uji N-Gain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata pretest siswa sebesar 36,09 meningkat menjadi 77,34 pada posttest. Hasil uji N-Gain memperoleh nilai rata-rata sebesar 63,59% yang berada pada kategori cukup efektif. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan video *microlearning* berbantuan LKPD cukup efektif terhadap hasil belajar kognitif siswa kelas XI pada materi sistem pernapasan di SMAN 9 Gowa.

**Kata Kunci:** hasil belajar kognitif, sistem pernapasan, video *microlearning*

### Abstract

*The low cognitive learning outcomes of students on the respiratory system material remain one of the problems in biology learning. The delivery of material using conventional methods causes students to experience difficulties in understanding the respiratory system material because it involves many organs and processes that must be understood sequentially. The use of microlearning videos assisted by LKPD is expected to help students understand the material more easily through concise, directed, and interesting material presentation. This study aimed to determine the effectiveness of microlearning videos assisted by LKPD on the cognitive learning outcomes of grade XI students in respiratory system material at SMAN 9 Gowa. This study used an experimental research type with a Pre-Experimental Design using the One Group Pretest-Posttest Design. The research sample consisted of 32 students of class XI.7 at SMAN 9 Gowa selected using a purposive sampling technique. The research instrument was a multiple-choice test administered through pretest and posttest. The data were analyzed using descriptive statistical analysis and the N-Gain test. The results showed that the average pretest score of students increased from 36.09 to 77.34 in the posttest. The N-Gain test result obtained an average score of 63.59%, which was categorized as moderately effective. The results of this study indicate that the use of microlearning videos assisted by LKPD was sufficiently effective in improving the cognitive learning outcomes of grade XI students in respiratory system material at SMAN 9 Gowa.*

**Keywords:** cognitive learning outcomes, microlearning video, respiratory system

## I. PENDAHULUAN

Pendidikan pada hakikatnya merupakan proses pembelajaran yang melibatkan interaksi antara guru dan siswa demi meningkatkan hasil belajar. Keberhasilan tujuan pendidikan sangat dipengaruhi oleh pengalaman belajar yang dilalui siswa, yang menjadi tanggung jawab guru sebagai fasilitator. Pendidikan saat ini semakin menyesuaikan diri dengan perkembangan zaman yang serba digital, sehingga para siswa yang tumbuh bersama teknologi cenderung lebih cepat menyerap informasi yang disajikan secara visual dan ringkas.

Di Indonesia, kemampuan siswa dalam bidang sains masih tergolong rendah. Berdasarkan hasil PISA (*Programme for International Student Assessment*) tahun 2022 yang dirilis oleh OECD (2023), Indonesia berada di urutan 67 dari 81 negara dalam bidang sains. Data dari Asesmen Nasional juga memperlihatkan bahwa banyak siswa masih berada di bawah standar minimum dalam memahami materi IPA. Hal ini menunjukkan bahwa metode pengajaran yang digunakan di sekolah masih perlu ditingkatkan, baik dari segi cara menyampaikan maupun pendekatan yang digunakan.

Siswa sering kali tampak kurang antusias dalam praktik pembelajaran ketika guru menyampaikan materi biologi secara langsung tanpa media yang menarik. Proses pembelajaran yang monoton dengan metode konvensional serta penyampaian materi yang kurang menarik dapat menurunkan minat belajar siswa, sehingga berdampak pada hasil belajar yang ditunjukkan oleh rendahnya partisipasi dalam diskusi dan capaian ulangan yang belum optimal (Arifin, 2018). Materi sistem pernapasan menjadi salah satu topik yang sulit dipahami karena mencakup banyak istilah anatomi dan proses fisiologis, seperti mekanisme masuk-keluarnya udara, peran organ-organ pernapasan, serta berbagai gangguan yang dapat terjadi pada sistem tersebut. Sani et al. (2021) menemukan bahwa siswa mengalami kesulitan menjelaskan proses respirasi dan memahami konsep volume udara pernapasan, yang diperparah oleh penjelasan guru yang kurang jelas dan minimnya media pembelajaran.

Sebagian besar guru masih menerapkan pembelajaran *teacher centered* melalui metode ceramah dan penulisan materi di papan tulis (Palennari, 2022). Metode ini menyebabkan siswa merasa bosan, terutama ketika materi disampaikan dalam bentuk penjelasan panjang tanpa elemen visual yang dapat mendukung pemahaman. Sebaliknya, Sari et al. (2024) menyatakan bahwa siswa saat ini lebih cenderung tertarik pada konten digital seperti video pendek, yang dapat dengan cepat menarik perhatian mereka. Perkembangan teknologi digital telah mengubah cara

siswa belajar dan mengakses informasi. Generasi yang tumbuh di era digital ini memiliki kecenderungan untuk belajar melalui media yang bersifat visual, singkat, dan dapat diakses kapan saja dan di mana saja.

*Microlearning* merupakan pendekatan pembelajaran di mana konten dirancang dalam bentuk potongan kecil dan berfokus pada penyampaian pengetahuan secara tepat waktu dan berbasis keterampilan (Zhang & West, 2020). Pendekatan ini biasanya dikembangkan melalui bahan ajar berbasis digital yang disampaikan dalam bentuk PDF, *podcast*, infografis, video, *augmented reality*, dan *chatbots* (Kohnke, 2021). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa video *microlearning* merupakan salah satu metode pembelajaran modern yang efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa serta berpotensi mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah (Criollo-C et al., 2021). Trianisawati (2023) menemukan bahwa media video *microlearning* layak digunakan dan efektif dalam meningkatkan hasil belajar serta ranah afektif siswa. Temuan ini diperkuat oleh Mahardika et al. (2024) yang menyatakan bahwa penyampaian materi melalui video *microlearning* mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa melalui kombinasi elemen visual dan audio yang menarik.

*Microlearning* memiliki sejumlah karakteristik yang menjadikannya cocok sebagai bahan ajar dalam pembelajaran. Menurut Nugraha et al. (2021), *microlearning* dirancang untuk menyajikan materi dalam skala kecil dan terfokus, dengan tujuan agar siswa dapat memahami satu konsep tertentu dalam waktu singkat. Video *microlearning* berdurasi antara 3 hingga 5 menit dan difokuskan untuk menjelaskan satu topik utama agar siswa lebih mudah memahami inti materi.

Penggunaan video *microlearning* juga dapat dikombinasikan dengan LKPD (Lembar Kerja Peserta Didik) untuk mendorong keterlibatan aktif siswa dalam pembelajaran. LKPD berfungsi sebagai panduan aktivitas belajar yang membantu siswa menganalisis informasi dari video dan menarik kesimpulan secara mandiri. Kombinasi antara video *microlearning* dan LKPD diharapkan dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih bermakna bagi siswa.

Dari hasil observasi awal di SMAN 9 Gowa, pembelajaran biologi khususnya pada materi sistem pernapasan masih didominasi metode ceramah tanpa dukungan media visual. Hal ini menyebabkan rendahnya antusiasme siswa dan kesulitan memahami materi yang mengandung banyak proses dan istilah ilmiah. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui

efektivitas penggunaan video *microlearning* berbantuan LKPD terhadap hasil belajar kognitif siswa kelas XI pada materi sistem pernapasan di SMAN 9 Gowa.

**II. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen dengan bentuk *Pre-Experimental* yaitu penelitian yang tidak menggunakan kelompok pembanding atau kelompok kontrol (Siregar et al., 2021). Penelitian difokuskan pada satu kelompok yang diberikan intervensi atau perlakuan eksperimen untuk melihat pengaruh yang ditimbulkan setelah perlakuan diberikan. Jenis penelitian ini dipilih karena sesuai dengan kondisi di lapangan di mana tidak memungkinkan untuk membentuk kelompok kontrol yang setara.

Penelitian dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2025/2026 di SMAN 9 Gowa yang beralamat di Jl. Baso Dg. Ngawing, Mangalli, Kec. Pallangga, Kab. Gowa, Sulawesi Selatan. Penelitian ini menggunakan desain *One Group Pre-test Post-test Design* yang melibatkan satu kelas sebagai kelas eksperimen tanpa kelompok pembanding (Sugiyono, 2021). Pemilihan kelas eksperimen dilakukan berdasarkan pertimbangan tertentu (*purposive*) sesuai rekomendasi dari guru mata pelajaran.

**Tabel 1. One Group Pre-test Post-test Design**

Kelompok	Pre-test	Perlakuan	Post-test
Eksperimen	O <sub>1</sub>	X	O <sub>2</sub>

Sumber: Sugiyono (2021)

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI di SMAN 9 Gowa yang memilih mata pelajaran biologi pada tahun ajaran 2025/2026. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan teknik *Purposive Sampling* (Arikunto, 2022). Satu kelas dipilih sebagai sampel sesuai rekomendasi dari guru mata pelajaran berdasarkan keterlibatan aktif siswa dan kemudahan koordinasi dalam pelaksanaan pembelajaran. Kelas XI.7 dengan 32 siswa ditetapkan sebagai sampel penelitian.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah video *microlearning*, yaitu media pembelajaran berupa video singkat yang dirancang untuk menyampaikan materi sistem pernapasan secara ringkas, menarik, dan mudah dipahami. Variabel terikat adalah hasil belajar kognitif siswa yang diukur melalui tes pilihan ganda sebelum (pretest) dan sesudah (posttest) perlakuan.

Prosedur penelitian terdiri dari tiga tahapan. Pertama, tahap persiapan yang meliputi observasi awal, pengurusan surat izin, penentuan kelas secara *purposive*, penyusunan instrumen pretest dan

posttest, serta desain dan pembuatan video *microlearning*. Kedua, tahap pelaksanaan selama tiga kali pertemuan, di mana setiap pertemuan terdiri atas pendahuluan (pretest dan pembagian video serta LKPD melalui Google Classroom), inti (penguatan materi), dan penutup (posttest). Ketiga, tahap akhir yang meliputi analisis data dan penyusunan laporan penelitian.

Dalam tahap pelaksanaan, video *microlearning* yang telah disiapkan mencakup lima topik utama sesuai dengan materi sistem pernapasan di kelas XI SMA, yaitu: (1) struktur dan fungsi organ sistem pernapasan manusia, (2) mekanisme pernapasan dada dan perut, (3) kapasitas udara paru-paru, (4) gangguan dan penyakit pada sistem pernapasan, serta (5) pengaruh pencemaran udara terhadap sistem pernapasan. Setiap video dirancang dengan durasi 4 hingga 6 menit, dilengkapi dengan animasi dan narasi yang jelas serta mudah dipahami oleh siswa. LKPD yang menyertai setiap video berisi pertanyaan-pertanyaan yang dirancang untuk mendorong siswa berpikir analitis dan mengaitkan materi dengan situasi kehidupan nyata.

Instrumen penelitian berupa tes hasil belajar berbentuk soal pilihan ganda yang disusun berdasarkan kompetensi dasar dan indikator pembelajaran. Soal mengukur level kognitif C2 (memahami), C3 (menerapkan), hingga C4 (menganalisis) sesuai Taksonomi Bloom yang direvisi oleh Anderson & Krathwohl (2001). Kisi-kisi instrumen tes hasil belajar disajikan pada Tabel 2 berikut.

**Tabel 2. Kisi-kisi Instrumen Tes Hasil Belajar**

No.	Indikator	Level Kognitif	Jumlah Soal
1	Memahami struktur anatomi dan fungsi organ sistem pernapasan	C2	6
2	Membedakan proses pernapasan dada dan pernapasan perut	C4	3
3	Mengaitkan kapasitas udara paru-paru dengan kekuatan respirasi	C3	3
4	Mendiagnosis gejala penyakit/gangguan pernapasan	C4	4
5	Menganalisis pengaruh pencemaran udara terhadap organ pernapasan	C4	4

Teknik analisis data menggunakan analisis statistik deskriptif untuk menggambarkan nilai pretest dan posttest, serta perhitungan N-Gain untuk mengetahui tingkat peningkatan hasil belajar kognitif siswa. Nilai dihitung dengan formula:  $\text{Nilai} = (\text{Skor diperoleh} / \text{Skor maksimal}) \times 100$ . Perhitungan N-Gain menggunakan formula Hake (1999):  $\text{N-Gain} = (\text{Skor Posttest} - \text{Skor Pretest}) / (\text{Skor Ideal} - \text{Skor Pretest})$ . Interpretasi kategori N-Gain dan efektivitasnya mengacu pada Tabel 3 dan Tabel 4.

**Tabel 3. Klasifikasi N-Gain**

Persentase (%)	Klasifikasi
$g = 0,00$	<b>Tetap</b>
$0,00 < g \leq 0,30$	<b>Rendah</b>
$0,30 < g \leq 0,70$	<b>Sedang</b>
$0,70 < g \leq 1,00$	<b>Tinggi</b>

Sumber: Junaedi & Wahab (2021)

**Tabel 4. Kategori Tafsiran Efektivitas N-Gain**

Persentase (%)	Kategori
< 40	<b>Tidak Efektif</b>
40 – 55	<b>Kurang Efektif</b>
56 – 75	<b>Cukup Efektif</b>
> 76	<b>Efektif</b>

Sumber: Hake (1999)

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Analisis Statistik Deskriptif

Penelitian ini dilaksanakan di SMAN 9 Gowa pada siswa kelas XI.7 yang berjumlah 32 orang. Data yang diperoleh berupa nilai pretest dan posttest hasil belajar kognitif siswa. Nilai pretest diberikan sebelum siswa memperoleh perlakuan berupa pembelajaran menggunakan video *microlearning* berbantuan LKPD, sedangkan posttest diberikan setelah perlakuan untuk mengetahui peningkatan hasil belajar kognitif siswa. Hasil analisis statistik deskriptif disajikan pada Tabel 5 berikut.

**Tabel 5. Statistik Deskriptif Nilai Pretest dan Posttest Siswa**

No.	Statistik	Pretest	Posttest
1.	Jumlah Sampel	32	<b>32</b>
2.	Nilai Tertinggi	50	<b>95</b>
3.	Nilai Terendah	10	<b>65</b>
4.	Rata-rata	36,09	<b>77,34</b>
5.	Standar Deviasi	11,197	<b>8,979</b>

Berdasarkan Tabel 5, diketahui bahwa nilai rata-rata pretest siswa adalah 36,09 dari skor ideal 100. Nilai tertinggi pada pretest sebesar 50, sedangkan nilai terendah sebesar 10 dengan standar

deviasi 11,197. Data tersebut menunjukkan bahwa kemampuan awal siswa sebelum diberikan perlakuan masih tergolong rendah. Setelah diberikan perlakuan, diperoleh nilai rata-rata posttest sebesar 77,34 dengan nilai tertinggi 95 dan nilai terendah 65 serta standar deviasi 8,979. Terjadi peningkatan rata-rata sebesar 41,25 poin yang menunjukkan adanya peningkatan hasil belajar kognitif siswa setelah penerapan video *microlearning* berbantuan LKPD.

**Tabel 6. Kategori Nilai Pretest dan Posttest Hasil Belajar Kognitif Siswa**

Kategori	Pretest ( $\Sigma$ )	Pretest (%)	Posttest ( $\Sigma$ )	Posttest (%)
Sangat Tinggi	0	0,00	5	<b>15,62</b>
Tinggi	0	0,00	15	<b>46,88</b>
Sedang	0	0,00	12	<b>37,50</b>
Rendah	16	50,00	0	<b>0,00</b>
Sangat Rendah	16	50,00	0	<b>0,00</b>
<b>Jumlah</b>	<b>32</b>	<b>100</b>	<b>32</b>	<b>100</b>

Berdasarkan Tabel 6, pada hasil pretest seluruh distribusi nilai siswa didominasi oleh kategori rendah dan sangat rendah. Dari 32 siswa yang diteliti, tidak terdapat siswa yang berada pada kategori sangat tinggi, tinggi, maupun sedang. Sebanyak 16 siswa (50%) berada pada kategori rendah dan 16 siswa (50%) berada pada kategori sangat rendah. Pada hasil posttest, distribusi hasil belajar siswa mengalami perubahan signifikan. Terdapat 5 siswa (15,62%) pada kategori sangat tinggi, 15 siswa (46,88%) pada kategori tinggi, dan 12 siswa (37,50%) pada kategori sedang. Tidak terdapat lagi siswa yang berada pada kategori rendah maupun sangat rendah.

#### B. Uji N-Gain

Untuk mengetahui efektivitas penggunaan video *microlearning* berbantuan LKPD, dilakukan analisis menggunakan perhitungan N-Gain dari hasil belajar kognitif siswa. Distribusi frekuensi dan persentase kategori N-Gain disajikan pada Tabel 7.

**Tabel 7. Distribusi Frekuensi dan Persentase Kategori N-Gain**

Kategori	Frekuensi	Persentase (%)
Tetap	0	<b>0,00</b>
Rendah	1	<b>3,12</b>
Sedang	22	<b>68,76</b>
Tinggi	9	<b>28,12</b>
<b>Jumlah</b>	<b>32</b>	<b>100</b>

Tabel 7 menunjukkan bahwa dari 32 siswa yang dianalisis, tidak terdapat siswa yang berada pada kategori tetap (0,00%). Sebanyak 1 siswa

(3,12%) berada pada kategori rendah, 22 siswa (68,76%) pada kategori sedang, dan 9 siswa (28,12%) pada kategori tinggi. Selanjutnya, distribusi frekuensi dan persentase efektivitas N-Gain disajikan pada Tabel 8.

**Tabel 8. Distribusi Frekuensi dan Persentase Efektivitas N-Gain**

Kategori	Frekuensi	Persentase (%)
Efektif	7	21,88
Cukup Efektif	14	43,75
Kurang Efektif	10	31,25
Tidak Efektif	1	3,12
<b>Jumlah</b>	<b>32</b>	<b>100</b>

Berdasarkan Tabel 8, dari total 32 siswa yang dianalisis, sebanyak 7 siswa (21,88%) berada pada kategori efektif, 14 siswa (43,75%) pada kategori cukup efektif, 10 siswa (31,25%) pada kategori kurang efektif, dan 1 siswa (3,12%) pada kategori tidak efektif. Kategori dengan frekuensi tertinggi adalah cukup efektif, yaitu sebanyak 14 siswa atau 43,75% dari keseluruhan sampel. Hasil perhitungan uji N-Gain secara keseluruhan disajikan pada Tabel 9 berikut.

**Tabel 9. Hasil Perhitungan Uji N-Gain**

Rata-rata (%)	Minimum	Maksimum
63,59	30,00	94,12

Berdasarkan hasil perhitungan uji N-Gain, diperoleh nilai rata-rata N-Gain sebesar 63,59% yang termasuk dalam kategori cukup efektif, dengan nilai minimum 30% dan maksimum 94,12%. Maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan video *microlearning* berbantuan LKPD cukup efektif terhadap peningkatan hasil belajar kognitif siswa kelas XI pada materi sistem pernapasan di SMAN 9 Gowa.

**C. Pembahasan**

Hasil belajar kognitif siswa yang menggunakan video *microlearning* berbantuan LKPD pada kelas XI.7 menunjukkan peningkatan yang signifikan. Berdasarkan data pretest, diperoleh nilai rata-rata sebesar 36,09 dengan nilai maksimum 50 dan nilai minimum 10. Kondisi ini menunjukkan bahwa kemampuan awal siswa terhadap materi sistem pernapasan masih sangat rendah sebelum diberikan perlakuan. Rendahnya kemampuan awal ini berkaitan dengan karakteristik materi sistem pernapasan yang mencakup banyak istilah anatomi, struktur organ, dan proses fisiologis yang kompleks, sehingga sulit dipahami tanpa media yang tepat.

Setelah rangkaian proses pembelajaran menggunakan video *microlearning* selesai, data

posttest menunjukkan nilai rata-rata sebesar 77,34 dengan nilai maksimum 95 dan nilai minimum 65. Peningkatan sebesar 41,25 poin tersebut menggambarkan bahwa pembelajaran yang diberikan memberikan dampak signifikan terhadap pemahaman siswa. Perubahan distribusi nilai juga sangat mencolok: dari kondisi awal yang seluruhnya berada pada kategori rendah dan sangat rendah, menjadi distribusi yang seluruhnya berada pada kategori sedang, tinggi, dan sangat tinggi setelah perlakuan.

Peningkatan hasil belajar tersebut menunjukkan bahwa penyajian materi melalui video *microlearning* yang singkat dan terfokus mampu membantu siswa memahami materi secara lebih terarah. Materi yang disampaikan dalam bentuk segmen kecil memudahkan siswa mempelajari satu pokok bahasan dalam satu waktu sehingga proses pemahaman berlangsung secara bertahap. Siswa dapat mempelajari materi secara lebih sistematis dan tidak terbebani oleh informasi yang terlalu banyak dalam satu waktu. Hal ini sejalan dengan prinsip dasar *microlearning* yang mengedepankan efisiensi belajar dengan memecah informasi menjadi bagian-bagian yang lebih mudah dicerna.

Hal ini dapat dijelaskan melalui *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (CTML) yang dikemukakan oleh Richard E. Mayer (2021). Teori ini menjelaskan bahwa pembelajaran akan lebih efektif ketika informasi disajikan melalui kombinasi unsur visual dan verbal secara bersamaan. Mayer (2021) juga menjelaskan bahwa manusia memproses informasi melalui dua saluran utama, yaitu saluran visual yang mengolah gambar atau video dan saluran auditori yang mengolah informasi berupa suara atau penjelasan. Kapasitas memori kerja manusia yang terbatas menuntut penyajian informasi yang singkat dan terfokus agar lebih mudah diproses oleh siswa. Karakteristik tersebut sejalan dengan penggunaan video *microlearning* yang menyajikan materi secara ringkas, terstruktur, dan berfokus pada satu pokok bahasan.

Penyajian materi secara ringkas dalam penelitian ini ditunjukkan melalui durasi video yang berkisar antara 4 hingga 6 menit pada setiap video dengan penyampaian materi yang langsung pada inti pembahasan. Alur penyampaian materi disusun secara sistematis, dimulai dari kegiatan pembuka berupa salam dan pertanyaan pemantik, dilanjutkan dengan penyampaian tujuan pembelajaran, penjelasan materi secara bertahap, hingga penutup berupa ringkasan dan instruksi pengerjaan LKPD. Hal ini sejalan dengan pendapat Fitriya (2022) yang menyatakan bahwa pembelajaran yang disajikan dalam segmen-segmen kecil dan terfokus dapat

membantu siswa memahami materi secara lebih efektif.

Fokus pada satu pokok bahasan dalam penelitian ini ditunjukkan melalui pembagian materi ke dalam beberapa video yang masing-masing hanya membahas satu submateri tertentu, seperti struktur dan fungsi organ pernapasan, mekanisme pernapasan, kapasitas paru-paru, gangguan sistem pernapasan, serta pengaruh pencemaran udara. Pembagian seperti ini memungkinkan siswa untuk mempelajari materi secara bertahap tanpa mengalami kelebihan beban kognitif. Temuan penelitian ini juga didukung oleh penelitian Azizah, Ulfa, dan Rahmawati (2025) yang menunjukkan bahwa penerapan *microlearning* berbasis video mampu meningkatkan kemampuan siswa secara signifikan.

Penggunaan video *microlearning* dalam penelitian ini juga membantu meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran. Video yang disajikan secara singkat dan menarik membuat siswa lebih fokus dalam memperhatikan materi yang dipelajari sehingga proses pemahaman isi pembelajaran menjadi lebih baik. Kejelasan visualisasi dan ilustrasi yang ditampilkan turut membantu siswa memahami materi sistem pernapasan dengan lebih mudah (Kurniawan, 2023). Selain itu, LKPD yang digunakan dalam pembelajaran membantu mengarahkan siswa untuk menuliskan hasil pengamatan, menjawab pertanyaan, serta merangkum informasi penting dari materi yang disajikan dalam video.

LKPD dalam penelitian ini tidak hanya digunakan sebagai lembar tugas, tetapi juga berfungsi sebagai panduan belajar yang membantu siswa mengikuti alur pembelajaran secara lebih terarah. Pertanyaan dan aktivitas yang terdapat dalam LKPD membantu siswa untuk memahami isi video secara bertahap serta mendorong siswa untuk lebih aktif dalam mengolah informasi yang diperoleh selama pembelajaran berlangsung. Hal ini sejalan dengan pandangan teori konstruktivisme oleh Jean Piaget (dalam Marinda, 2020) yang menyatakan bahwa pengetahuan dibangun secara aktif oleh siswa melalui keterlibatan dalam proses belajar. Hal ini didukung oleh penelitian Nurjihan & Bunawan (2025) yang menunjukkan bahwa penggunaan LKPD mampu meningkatkan hasil belajar siswa dengan nilai N-Gain sebesar 0,76 yang termasuk dalam kategori efektif.

Ditinjau dari distribusi N-Gain secara individual, terdapat variasi yang cukup besar antar siswa. Sebanyak 9 siswa (28,12%) berada pada kategori tinggi dengan N-Gain di atas 0,70, yang menunjukkan bahwa kelompok siswa tersebut sangat responsif terhadap pendekatan pembelajaran ini.

Sebanyak 22 siswa (68,76%) berada pada kategori sedang, sementara hanya 1 siswa (3,12%) yang berada pada kategori rendah. Variasi ini mengindikasikan bahwa video *microlearning* memberikan manfaat bagi sebagian besar siswa, namun tingkat responsivitasnya berbeda tergantung pada karakteristik individual masing-masing siswa.

Meskipun terjadi peningkatan hasil belajar, capaian N-Gain yang berada pada kategori cukup efektif menunjukkan bahwa peningkatan tersebut belum sepenuhnya optimal. Pelaksanaan pembelajaran dalam penelitian ini juga menghadapi hambatan dari faktor teknis, kebijakan sekolah, dan karakteristik media yang digunakan. Penggunaan *smart TV* yang terkadang sulit terhubung dengan perangkat menyebabkan penyampaian video *microlearning* tidak selalu berjalan lancar. Peneliti juga menghadapi keterbatasan akses siswa terhadap materi karena kebijakan sekolah yang tidak memperbolehkan siswa membawa *handphone*, sehingga siswa tidak dapat mempelajari kembali materi secara mandiri di luar waktu pembelajaran.

Terlepas dari hambatan-hambatan tersebut, hasil penelitian ini secara keseluruhan menunjukkan bahwa video *microlearning* berbantuan LKPD merupakan alternatif media pembelajaran yang potensial untuk digunakan dalam pembelajaran biologi di SMA. Penyajian materi yang terstruktur, singkat, dan berbasis multimedia terbukti mampu mendorong peningkatan hasil belajar kognitif siswa. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar mempertimbangkan penggunaan kelompok kontrol untuk memberikan perbandingan yang lebih valid, serta memperluas variabel yang diteliti tidak hanya pada ranah kognitif tetapi juga ranah afektif dan psikomotor.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang telah diuraikan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan video *microlearning* berbantuan LKPD cukup efektif terhadap hasil belajar kognitif siswa kelas XI pada materi sistem pernapasan di SMAN 9 Gowa. Hal ini dibuktikan dengan peningkatan nilai rata-rata dari 36,09 (pretest) menjadi 77,34 (posttest), serta nilai N-Gain sebesar 63,59% yang termasuk kategori cukup efektif berdasarkan kategori Hake (1999). Distribusi kategori N-Gain menunjukkan bahwa sebagian besar siswa (68,76%) berada pada kategori sedang dan 28,12% pada kategori tinggi, yang mengindikasikan bahwa video *microlearning* berbantuan LKPD berhasil meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi sistem pernapasan secara bertahap dan terstruktur.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Arikunto, S. (2022). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Arifin, A. N., Aldi, & Reski, F. I. (2018). Pengembangan Media Pembelajaran Genetic Vocabulary Cards untuk Meningkatkan Motivasi dan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Sainsmat*, 7(2), 177–184.
- Ichsan, I. Z., Rusdi, R., & Sartono, N. (2017). Hasil belajar sistem saraf menggunakan film pendek. *Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi*, 10(2), 49–59. <https://doi.org/10.21009/biosferjpb.10-2.7>
- Pratama, A. T. (2025). Pengembangan media pembelajaran berbasis website untuk meningkatkan hasil belajar kognitif peserta didik. *Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi*, 18(1), 138–147. <https://doi.org/10.21009/biosferjpb.49284>
- Azizah, B. I., Ulfa, M., & Rahmawati, I. (2025). Pengaruh Metode Microlearning Berbasis Video Terhadap Kelancaran Komunikasi Siswa Kelas IV. *Auladuna: Journal of Islamic Studies*, 7(1), 75–81.
- Azizah, N., & Alberida, H. (2021). Seperti Apa Permasalahan Pembelajaran Biologi pada Siswa SMA? *Journal for Lesson and Learning Studies*, 4(3), 388–395.
- Criollo-C, S., Guerrero-Arias, A., Jaramillo-Alcázar, Á., & Luján-Mora, S. (2021). Mobile Learning Technologies for Education: Benefits and Pending Issues. *Applied Sciences*, 11(9), 4111.
- Fitria, T. N. (2022). Microlearning in Teaching and Learning Process: A Review. *CENDEKIA: Jurnal Ilmu Sosial, Bahasa Dan Pendidikan*, 2(4), 114–135.
- Hake, R. R. (1999). *Analyzing Change/Gain Scores*. Woodland Hills: Dept. of Physics, Indiana University.
- Junaedi, & Wahab, M. A. A. (2021). Efektivitas pembelajaran statistika pendidikan menggunakan uji peningkatan N-Gain di PGMI. *Jurnal Basicedu*, 5(2), 1041–1050.
- Kurniawan, M., Taiyeb, M., & Arifin, A. N. (2023). Efektivitas Penggunaan Aplikasi Kahoot! terhadap Minat dan Hasil Belajar Siswa Kelas XI SMA Negeri 1 Wonomulyo. *Kromatin: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*, 4(1), 9–22.
- Mahardika, S. P., Hidayati, S. N., & Aulia, E. V. (2024). Efektivitas Discovery Learning Berorientasi Video Microlearning dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Nusantara: Jurnal Pendidikan Indonesia*, 4(4), 909–918.
- Marinda, L. (2020). Teori Perkembangan Kognitif Jean Piaget dan Problematikanya pada Anak Usia Sekolah Dasar. *An-Nisa': Jurnal Kajian Perempuan & Keislaman*, 13(1), 116–152.
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Nurjihan, D. S., & Bunawan, W. (2025). Peningkatan Hasil Belajar Peserta Didik melalui Penerapan LKPD Berbasis Discovery Learning. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 5(3), 1120–1127.
- Palennari, M., Safitri, A. N., & Arifin, A. N. (2022). Profil Keterampilan Literasi Sains Peserta Didik di SMA Negeri Kabupaten Pinrang. *Jurnal Nalar Pendidikan*, 10(1), 8–14.
- Sani, Y., Sari, N. F., & Harahap, R. D. (2021). Analisis Kesulitan Belajar Siswa pada Materi Biologi di Kelas XI SMA Muhammadiyah 10 Rantauprapat. *Jomas*, 1(3), 13–20.
- Sari, M., Elvira, D. N., Aprilia, N., Dwi R, S. F., & Aurelita M, N. (2024). Media Pembelajaran Berbasis Digital untuk Meningkatkan Minat Belajar pada Mata Pelajaran Bahasa Indonesia. *Warta Dharmawangsa*, 18(1), 205–218.
- Siregar, H. T. (2024). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Hasil Belajar Dalam Pembelajaran PAI. *Jurnal Ilmu Tarbiyah Dan Keguruan*, 2(2), 215–226.
- Siregar, M. H., et al. (2021). *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Aceh: Yayasan Penerbit Muhammad Zaini.
- Sugiyono. (2021). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Bandung: Alfabeta.
- Trianisawati, N. (2023). *Pengembangan Video Pembelajaran Berbasis Microlearning Materi Produksi Olahan Buah Berkelanjutan*. Skripsi, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Zhang, J., & West, R. E. (2020). Designing Microlearning Instruction for Professional Development Through a Competency Based Approach. *Tech Trends*, 64(2), 310–318.

## **Gambaran Histologi Testis Tikus Putih (*Rattus norvegicus* L.) yang Dipaparkan Asap Rokok Setelah Pemberian Ekstrak Daun Sembung Rambat (*Mikania micrantha*)**

Rizka Alya Razan Situmorang<sup>1</sup>, Husnarika Febriani<sup>2</sup>, dan Syukriah<sup>3</sup>

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

Jl. Lapangan Golf, Durin Jangak, Medan Tuntungan, Kota Medan, 20353 Indonesia

e-mail: rizkaalyarazan@gmail.com

### **Abstrak**

Paparan asap rokok diketahui meningkatkan stres oksidatif yang dapat menyebabkan kerusakan struktur histologi testis dan gangguan spermatogenesis, sementara tingginya prevalensi merokok di Indonesia menjadikan perlindungan fungsi reproduksi jantan sebagai persoalan kesehatan yang mendesak. Salah satu tanaman yang berpotensi sebagai antioksidan alami adalah daun sembung rambat (*Mikania micrantha*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian ekstrak daun sembung rambat (*Mikania micrantha*) terhadap Indeks Gonad Somatik (IGS), jumlah sel spermatogonium, spermatosit, spermatid, serta diameter dan luas tubulus seminiferus tikus putih (*Rattus norvegicus* L.) yang dipaparkan asap rokok. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima kelompok, yaitu kontrol normal, kontrol rokok (asap rokok 3 batang/hari), serta tiga kelompok perlakuan yang diberikan asap rokok dan ekstrak daun sembung rambat dengan dosis 100, 200, dan 300 mg/kg BB. Pemaparan asap rokok dilakukan selama 30 hari, sedangkan pemberian ekstrak dimulai pada hari ke-8 selama 22 hari. Preparat histologi dibuat dengan metode parafin dan pewarnaan Hematoxylin-Eosin, lalu dianalisis menggunakan uji *One Way* ANOVA dilanjutkan uji Duncan ( $p < 0,05$ ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis 200 mg/kg BB merupakan dosis paling efektif dalam memperbaiki kerusakan histologis testis akibat paparan asap rokok, dengan nilai IGS, jumlah sel spermatogenik, serta diameter dan luas tubulus seminiferus yang tidak berbeda nyata dengan kontrol normal. Temuan ini mengindikasikan bahwa ekstrak daun sembung rambat berpotensi dikembangkan sebagai sumber antioksidan alami untuk membantu melindungi fungsi reproduksi jantan dari stres oksidatif akibat paparan asap rokok.

**Kata Kunci:** asap rokok, *Mikania micrantha*, sel spermatogenik, testis

### **Abstract**

Cigarette smoke exposure is known to increase oxidative stress, which can damage the histological structure of the testes and disrupt spermatogenesis, while the high smoking prevalence in Indonesia makes protecting male reproductive function an urgent health concern. One plant with potential as a natural antioxidant is climbing hempweed (*Mikania micrantha*). This study aimed to determine the effect of *Mikania micrantha* leaf extract on the Gonadosomatic Index (GSI), the number of spermatogonia, spermatocytes, and spermatids, and the diameter and area of the seminiferous tubules in white rats (*Rattus norvegicus* L.) exposed to cigarette smoke. The study used a Completely Randomized Design (CRD) with five groups: normal control, cigarette smoke control (3 cigarettes/day), and three treatment groups exposed to cigarette smoke and administered *Mikania micrantha* leaf extract at doses of 100, 200, and 300 mg/kg body weight. Cigarette smoke exposure was conducted for 30 days, while the extract was administered from day 8 for 22 days. Histological preparations were made using the paraffin method with Hematoxylin-Eosin staining and analyzed using *One Way* ANOVA followed by Duncan test ( $p < 0.05$ ). The results showed that a dose of 200 mg/kg body weight was the most effective in repairing histological testicular damage caused by cigarette smoke exposure, with GSI, spermatogenic cell counts, and tubule diameter and area not significantly different from the normal control. These findings indicate that *Mikania micrantha* leaf extract has the potential to be developed as a natural antioxidant source to help protect male reproductive function from oxidative stress caused by cigarette smoke exposure.

**Keywords:** cigarette smoke, *Mikania micrantha*, spermatogenic cells, testes

## **I. PENDAHULUAN**

Rokok merupakan hasil olahan dari tembakau yang dihirup asapnya dengan cara dibakar (Tooy et al., 2016). Asap rokok yang dihasilkan oleh perokok aktif kemudian dihirup oleh orang-orang di sekitarnya yang bukan perokok (perokok pasif), dan mengandung zat berbahaya seperti nikotin, tar, dan karbon monoksida yang

memiliki potensi karsinogenik. Berdasarkan data World Health Organization (2024), lebih dari 8 juta orang di seluruh dunia meninggal karena penyebab yang berkaitan dengan tembakau, termasuk lebih dari 1,3 juta orang bukan perokok yang terkena dampak asap rokok pasif dan 1,4 juta pria yang menghadapi masalah reproduksi (infertilitas). Indonesia memiliki salah satu tingkat konsumsi tembakau tertinggi di dunia,

dengan 35,4% penduduk dewasa menggunakan tembakau, dan sekitar 7,04% penduduk di bawah usia 18 tahun merokok setiap hari (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2024).

Asap rokok mengandung radikal bebas yang dapat berdampak buruk pada sistem reproduksi, menyebabkan penurunan kadar testosteron akibat penghambatan sel Leydig, kerusakan tubulus seminiferus testis, dan gangguan spermatogenesis (Mutia et al., 2024). Paparan asap rokok memperkenalkan senyawa beracun yang mengurangi jumlah sel spermatogenik, sel Leydig, dan sel Sertoli, sekaligus memicu apoptosis pada testis sehingga memperburuk infertilitas. Penelitian Mutia et al., (2024) menunjukkan bahwa tikus putih yang terpapar asap rokok selama 30 hari memperlihatkan sel spermatogenik yang longgar, kerusakan struktural, dan lumen tubulus seminiferus yang tampak kosong. Untuk menghambat pembentukan reaksi radikal bebas dibutuhkan antioksidan, baik dari jalur sintesis maupun bahan alami seperti sembung rambat (*Mikania micrantha*) (Budiarti et al., 2019).

Sembung rambat (*Mikania micrantha*) tersebar luas di Sumatera Utara, Indonesia, dan dapat ditemukan dalam jumlah banyak di habitat alaminya sehingga mudah diperoleh untuk pengobatan tradisional (Sumantri et al., 2020). Tanaman ini secara tradisional digunakan untuk mengobati gatal-gatal dan ruam, serta dilaporkan memiliki aktivitas farmakologi sebagai antibakteri, koagulan (Perawati et al., 2019), antidiabetik, antioksidan, antifungi, antiinflamasi, penyembuh luka, antikanker, dan terapeutik (Sheam et al., 2020).

Pada tikus, efek antioksidan kuat daun sembung rambat digunakan sebagai antidiabetik dengan dosis efektif 200 mg/kg BB untuk melawan stres oksidatif akibat toksisitas radikal bebas (Ibrahim et al., 2020). Potensi antioksidan ekstrak daun sembung rambat antara lain flavonoid sebesar  $20,63 \pm 0,16$  mg Quercetin Equivalent (QE) (Sumantri et al., 2020) dan fenolik sebesar  $19,05 \pm 0,19$  mg Gallic Acid Equivalent (GAE) (Budiarti et al., 2019). Senyawa flavonoid dan polifenol berperan preventif terhadap stres oksidatif dengan menghambat kerja enzim xantin oksidase serta

oksidase NADPH sebagai pelindung terhadap toksisitas ROS (Bondonno et al., 2019).

Tingginya prevalensi perokok di Indonesia dan besarnya beban infertilitas pria menjadikan upaya perlindungan fungsi reproduksi jantan sebagai persoalan yang mendesak. Di sisi lain, *Mikania micrantha* merupakan gulma yang sangat melimpah dan selama ini dianggap invasif, sehingga pemanfaatannya sebagai sumber antioksidan alami berpotensi memberikan solusi yang murah, mudah diperoleh, dan bernilai guna. Kebaruan penelitian ini terletak pada kajian komprehensif pengaruh ekstrak daun sembung rambat (*Mikania micrantha*) terhadap gambaran histologi testis secara menyeluruh, meliputi Indeks Gonad Somatik (IGS), jumlah sel spermatogonium, spermatosit, dan spermatid, serta diameter dan luas tubulus seminiferus sekaligus dalam satu kerangka penelitian. Berbeda dengan penelitian terdahulu yang umumnya menggunakan tanaman antioksidan lain (misalnya Mutia et al., (2024) yang memakai biji putat air) atau hanya menguji satu parameter, penelitian ini juga menetapkan dosis optimal di antara 100, 200, dan 300 mg/kg BB. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gambaran histologi testis tikus putih (*Rattus norvegicus* L.) yang dipaparkan asap rokok setelah pemberian ekstrak daun sembung rambat (*Mikania micrantha*) serta menentukan dosis yang paling efektif dalam memperbaiki kerusakan tersebut.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 kelompok dan masing-masing terdiri dari 4 ulangan berdasarkan perhitungan rumus Federer, sehingga total sampel adalah 20 ekor tikus. Kelompok penelitian terdiri dari kontrol normal (KN), kontrol rokok (KR), serta tiga kelompok perlakuan (P1, P2, dan P3). Perbedaan utama antara kontrol normal dan kontrol rokok terletak pada pemberian paparan asap rokok. KN tidak dipapar asap rokok dan hanya diberi pakan serta air minum sehingga mewakili kondisi fisiologis normal, sedangkan KR dipapar asap rokok 3 batang/hari tanpa pemberian ekstrak sehingga

berfungsi sebagai model kerusakan (kontrol positif) akibat paparan asap rokok. Adapun tiga kelompok perlakuan adalah P1 (asap rokok + ekstrak daun sembung rambat 100 mg/kg BB), P2 (asap rokok + ekstrak 200 mg/kg BB), dan P3 (asap rokok + ekstrak 300 mg/kg BB), yang seluruhnya dipapar asap rokok 3 batang pada pagi hari selama 30 hari dan diberi ekstrak dari hari ke-8 sampai hari ke-30.

## B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan antara lain selang, air pump, kandang modifikasi, korek api, timbangan digital, *rotary evaporator*, kapas, sonde, kertas saring, alat bedah (*dissecting set*), cawan petri, bak parafin, mikroskop, gelas ukur, *object glass*, *cover glass*, *staining jar*, *embedding cassette*, oven, blender, spuit, mikrotom, aplikasi *ImageJ*, dan alat dokumentasi. Bahan yang digunakan antara lain tikus putih jantan (*Rattus norvegicus* L.) galur Wistar, daun sembung rambat (*Mikania micrantha*), rokok kretek, etanol 70%, akuades, CMC Na 0,5%, NaCl 0,9%, *Neutral Buffered Formalin* 10%, parafin cair, alkohol bertingkat 80–96%, *xylol*, pewarna *Hematoxylin-Eosin*, dan entelan.

## C. Persiapan Hewan Uji

Hewan uji adalah tikus putih (*Rattus norvegicus* L.) galur Wistar jantan berusia 2–3 bulan dengan berat 180–200 gram sebanyak 20 ekor. Tikus dipilih sebagai hewan model karena memiliki kemiripan fisiologis sistem reproduksi dengan mamalia tingkat tinggi dan umum digunakan dalam uji toksikologi reproduksi. Galur Wistar dipilih karena karakteristik genetiknya stabil dan seragam sehingga hasil penelitian lebih reproduktibel. Jenis kelamin jantan dipilih karena penelitian menasar sistem reproduksi jantan (spermatogenesis dan jaringan testis). Usia 2–3 bulan mewakili tikus dewasa muda yang telah matang secara seksual dengan aktivitas spermatogenesis yang stabil. Kisaran berat 180–200 gram mewakili tikus dewasa sehat sehingga keseragaman bobot tubuh antarindividu tetap terjaga. Tikus dipelihara dalam kandang standar *Animal House* yang bersih, diberi sekam, serta dilengkapi wadah pakan dan minum dengan pencahayaan dan sirkulasi udara yang baik, lalu diaklimatisasi selama 7 hari dengan pakan secara

*ad libitum*. Tikus yang digunakan harus dalam kondisi sehat dengan berat badan dalam kisaran normal (180–200 gram) dan bulu tidak rontok. Bulu yang tidak rontok dijadikan kriteria karena kerontokan bulu (*alopecia*) menandakan adanya stres, malnutrisi, infeksi/parasit, atau gangguan hormonal, kondisi-kondisi tersebut dengan sendirinya meningkatkan stres oksidatif sehingga dapat menjadi perancu dan mengaburkan pengaruh perlakuan terhadap jaringan testis.

## D. Pembuatan Ekstrak Etanol Daun Sembung Rambat

Daun sembung rambat (*Mikania micrantha*) diperoleh dari daerah Tuntungan, Medan. Sebanyak 4 kg daun ditimbang, dicuci, dirajang, dan diangin-anginkan tanpa terkena sinar matahari langsung, kemudian setelah kering dihaluskan menggunakan grinder hingga diperoleh serbuk simplisia (Kurniati et al., 2025). Simplisia dimaserasi dengan pelarut etanol 70% sambil diaduk selama 3×24 jam dengan perbandingan 1:10, lalu disaring; ampasnya diremaserasi dengan prosedur yang sama. Etanol dipilih karena mampu melarutkan senyawa polar, semipolar, maupun nonpolar (Suwarni & Cahyadi, 2016). Filtrat diuapkan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 50°C untuk menghasilkan ekstrak kental (Kurniati et al., 2024). Ekstrak kental inilah yang selanjutnya disiapkan dalam tiga tingkat dosis, yaitu 100, 200, dan 300 mg/kg BB.

## E. Perlakuan Hewan Uji

Setelah diaklimatisasi 7 hari, tikus ditimbang untuk mengetahui berat badannya. Pemaparan asap rokok menggunakan rokok kretek merek X dengan kadar nikotin 2,3 mg sebanyak 3 batang setiap pagi pukul 09.00 WIB selama 30 hari (Dewanto et al., 2017) di dalam kandang berukuran 50×40×20 cm dengan sirkulasi udara sebagian tertutup. Asap dialirkan menggunakan selang yang dihubungkan dengan air pump.

Ekstrak diberikan secara oral menggunakan sonde setiap sore mulai hari ke-8 hingga hari ke-30 (selama 23 hari) setelah dicampur dengan larutan CMC Na 0,5%. Dosis dihitung berdasarkan berat badan masing-masing tikus dengan rumus: dosis (mg) = dosis (mg/kg BB) × berat badan (kg). Berdasarkan kisaran berat 180–

200 g, dosis nyata yang diterima setiap ekor per hari adalah 18–20 mg pada P1 (100 mg/kg BB), 36–40 mg pada P2 (200 mg/kg BB), dan 54–60 mg pada P3 (300 mg/kg BB), yang masing-masing dilarutkan dalam 2 ml CMC Na 0,5%. Penghitungan dilakukan secara individual mengikuti berat badan setiap tikus (bukan sekadar contoh) agar dosis yang diterima benar-benar proporsional terhadap bobot tubuh. CMC Na 0,5% dibuat dengan melarutkan 0,5 g serbuk CMC dalam 100 ml akuades dan dipanaskan hingga homogen. Selama perlakuan tikus diberi pakan secara *ad libitum*.

**F. Pembedahan Hewan Uji**

Pada hari ke-31, tikus dieutanasi dengan inhalasi kloroform lalu diterminasi dengan teknik *cervical dislocation*. Organ testis diambil, diletakkan dalam larutan NaCl 0,9%, dibersihkan dari lemak, dikeringkan, ditimbang, dan dihitung IGS-nya. Sampel preparat hanya menggunakan testis kanan untuk menjaga keseragaman (Pranadya et al., 2019). Preparat histologi dibuat dengan metode parafin dan pewarnaan *Hematoxylin-Eosin*, meliputi fiksasi dalam *Neutral Buffered Formalin* 10% (maksimal 3 hari), trimming ±3 mm, dehidrasi seri alkohol dan *xylene*, *clearing*, impregnasi parafin 65°C, *embedding*, *blocking*, *sectioning* setebal 3–4 µm dengan mikrotom, pewarnaan, dan mounting dengan entelan serta cover glass.

**G. Pengamatan IGS dan Preparat Histologi Testis**

Indeks Gonad Somatik (IGS) dihitung dengan rumus:  $IGS = (\text{berat basah testis (g)} / \text{berat badan (g)}) \times 100$ , dengan berat basah testis diperoleh dengan mengurangi 6,5% dari berat kotor testis yang berkaitan dengan albuginea (de Oliveira et al., 2022). Pengamatan histologi dilakukan pada perbesaran 40×10 menggunakan aplikasi *ImageJ* pada tubulus berbentuk bulat yang dipilih acak. Sel spermatogonium, spermatisit, dan spermatid dihitung pada lima lapang pandang terbaik tiap perlakuan dan ulangan, lalu dirata-ratakan. Spermatogonium berbentuk bulat dengan inti lonjong di dekat membran basal, spermatisit berinti besar dan berwarna lebih pekat karena banyak kromatin, sedangkan spermatid berukuran kecil, lonjong, memiliki ekor, dan

mengarah ke lumen (Pramesemara, 2017). Diameter tubulus seminiferus diukur dengan menarik dua garis (terpanjang dan terpendek) pada tepi terluar tubulus lalu dirata-ratakan (Munaya et al., 2018), sedangkan luas tubulus dihitung dengan rumus  $Luas = \pi D^2/4$ , dengan  $\pi = 3,14$  dan D adalah rata-rata diameter (Naidu et al., 2024).

**H. Analisis Data**

Analisis data menggunakan SPSS versi 25 dengan uji *One Way* ANOVA untuk mengetahui perbedaan rata-rata antarkelompok pada taraf signifikansi  $p < 0,05$ , dilanjutkan uji Duncan (DMRT) untuk melihat perbedaan yang signifikan antarkelompok perlakuan.

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Indeks Gonad Somatik (IGS)**

Berdasarkan uji *One Way* ANOVA diperoleh nilai rata-rata IGS pada masing-masing kelompok dengan perbedaan yang bermakna secara statistik ( $p = 0,000$ ). Hasil uji lanjut Duncan pada taraf 5% menunjukkan kelompok kontrol normal ( $0,72 \pm 0,06$ ) berbeda nyata dengan kelompok kontrol rokok ( $0,35 \pm 0,06$ ) dan kelompok perlakuan, sehingga terdapat pengaruh paparan asap rokok terhadap nilai IGS (Tabel 1).

**Tabel 1. Indeks Gonad Somatik (IGS) Testis Tikus Putih**

Kelompok	Rata-Rata IGS (%) ± SD	P-Value
KN	0,72 ± 0,06c	
KR	0,35 ± 0,06a	0,000
P1	0,53 ± 0,06b	
P2	0,71 ± 0,07c	
P3	0,46 ± 0,04b	

Keterangan: SD (Standar Deviasi); huruf superskrip berbeda (a, b, c, d, e) pada kolom yang sama menunjukkan beda nyata ( $p < 0,05$ ); KN (Kontrol Normal, hanya pakan dan minum); KR (Kontrol Rokok, paparan asap rokok 3 batang/hari); P1 (asap rokok + ekstrak 100 mg/kg BB); P2 (asap rokok + ekstrak 200 mg/kg BB); P3 (asap rokok + ekstrak 300 mg/kg BB).

Hasil ini sesuai dengan Saygın et al., (2023) yang menyatakan bahwa asap rokok dapat menurunkan nilai IGS hingga 0,33. Berat testis berkorelasi kuat dengan fungsi spermatogenesis, sehingga penurunan kepadatan sel spermatogenik akibat paparan asap rokok menekan spermatogenesis dan menurunkan IGS. Senyawa toksik seperti tar, nikotin, dan karbon monoksida memicu stres oksidatif yang merusak sel

penyusun testis, termasuk sel Sertoli dan sel Leydig. Kerusakan sel Leydig menurunkan produksi testosteron yang berdampak langsung pada spermatogenesis dan berat testis (Tooy et al., 2016). Kandungan PAH dan nikotin juga menghambat kerja GnRH sehingga menurunkan FSH dan LH dan menyebabkan atrofi testis (Choudhury et al., 2025).

Pemberian ekstrak daun sembung rambat (P1, P2, P3) meningkatkan nilai IGS dibandingkan KR. Kelompok P2 ( $0,71 \pm 0,07$ ) mendekati nilai kontrol normal, menunjukkan efek protektif terhadap kerusakan testis akibat asap rokok. Tidak adanya perbedaan signifikan ( $p > 0,05$ ) antara KN dan P2 mengindikasikan bahwa dosis 200 mg/kg BB efektif menekan dampak stres oksidatif, diduga berkaitan dengan kandungan flavonoid dan fenolik membantu dalam meringankan infertilitas dengan mengurangi stres oksidatif dan mengembalikan kadar hormon reproduksi serta reproduksi sperma yang mengacu pada kenaikan bobot testis. Antioksidan secara efektif menghentikan reaksi berantai

radikal bebas, sehingga memastikan proses spermatogenesis normal di tubulus seminiferus dengan menyumbangkan atom hidrogen untuk mengubah radikal peroksil menjadi radikal yang kurang reaktif dan tidak merusak (Andarheta et al., 2024).

Sebaliknya, pada P3 (dosis tertinggi) nilai IGS justru menurun menjadi  $0,46 \pm 0,04$ , mengindikasikan respons dosis yang tidak linear (hormesis) dan kemungkinan adanya senyawa antifertilitas seperti saponin yang menekan sintesis testosteron pada sel Leydig (Octavyani et al., 2021).

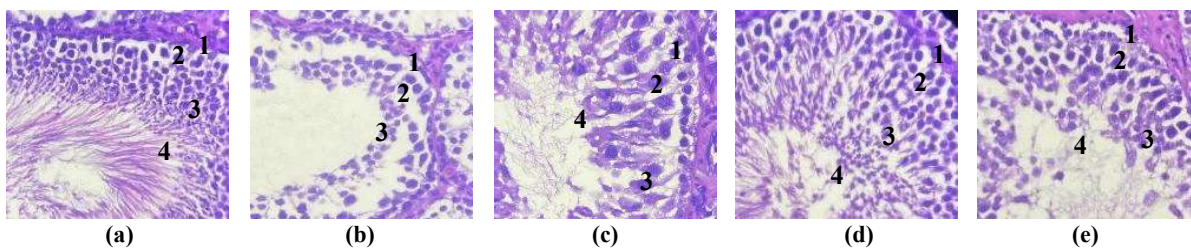
**B. Jumlah Rata-Rata Sel Spermatogonium, Spermatisit, dan Spermatid**

Hasil perhitungan jumlah sel spermatogonium, spermatisit, dan spermatid tikus putih yang dipaparkan asap rokok setelah pemberian ekstrak daun sembung rambat disajikan pada Tabel 2 dan gambaran histologisnya pada Gambar 1.

**Tabel 2. Jumlah Rata-Rata Sel Spermatogonium, Spermatisit, dan Spermatid**

Kelompok	Sel Spermatogonium ± SD	Sel Spermatisit ± SD	Sel Spermatid ± SD	P-Value
KN	141,30 ± 20,31c	172,15 ± 5,81e	198,55 ± 12,26c	0,000
KR	64,35 ± 5,45a	55,75 ± 5,74a	53,40 ± 4,66a	
P1	99,55 ± 4,25b	115,85 ± 6,79c	117,00 ± 17,77b	
P2	139,10 ± 15,59c	161,40 ± 3,39d	189,15 ± 7,69c	
P3	82,35 ± 2,53b	66,85 ± 6,08b	72,95 ± 1,68a	

Keterangan: SD (Standar Deviasi); huruf superskrip berbeda (a, b, c, d, e) pada kolom yang sama menunjukkan beda nyata ( $p < 0,05$ ); KN (Kontrol Normal, hanya pakan dan minum); KR (Kontrol Rokok, paparan asap rokok 3 batang/hari); P1 (asap rokok + ekstrak 100 mg/kg BB); P2 (asap rokok + ekstrak 200 mg/kg BB); P3 (asap rokok + ekstrak 300 mg/kg BB).



**Gambar 1.** Gambaran tubulus seminiferus tikus setelah paparan asap rokok dan ekstrak daun sembung rambat (*Mikania micrantha*). (a) Kontrol Normal; (b) Kontrol Rokok; (c) dosis 100 mg/kg BB; (d) dosis 200 mg/kg BB; (e) dosis 300 mg/kg BB. 1 = spermatogonia, 2 = spermatisit, 3 = spermatid, 4 = spermatozoa.

Berdasarkan Tabel 2 terdapat perbedaan yang signifikan pada tiap kelompok. Uji *One Way ANOVA* menghasilkan nilai  $p = 0,000$ , menunjukkan bahwa paparan asap rokok dan pemberian ekstrak daun sembung rambat berpengaruh nyata terhadap jumlah sel

spermatogonium, spermatisit, dan spermatid ( $p < 0,05$ ). Uji lanjut Duncan 5% memberikan perbedaan nyata antara kontrol normal dan kontrol rokok.

Tubulus seminiferus sehat (a) menunjukkan sel-sel spermatogenik yang tersusun rapat sesuai

alurnya, sebaliknya tubulus yang rusak akibat paparan asap rokok (b) memperlihatkan susunan sel yang renggang, spermatogonium tidak pada bagian basal, dan lumen tampak kosong. Pada kelompok perlakuan (c, d, e) tampak perbaikan pada setiap tahapan sel spermatogenik karena pemberian ekstrak. Penurunan jumlah sel spermatogenik disebabkan radikal bebas yang mengganggu spermatogenesis. Hal ini sesuai dengan Zhong et al., (2023) bahwa gambaran tubulus seminiferus dengan susunan sel spermatogenik yang longgar dan tidak teratur, lumen tubulus mengandung spermatisit dan spermatisid yang lebih sedikit setelah terkena paparan asap rokok. He et al., (2016) juga menyebutkan pemaparan asap rokok selama 30 hari menimbulkan gangguan pada berbagai tahapan spermatogenesis serta pengurangan spermatogonium, spermatisit, spermatisid, sel interstisial, dan sel Sertoli.

PAH menyebabkan atrofi testis dan menghambat spermatogenesis, sedangkan nikotin merangsang medula adrenal melepaskan katekolamin yang mengganggu sistem saraf pusat (Esakky & Moley, 2017). Senyawa ROS dan Nitric Oxide (NO) menurunkan jumlah sel germinal di tubulus seminiferus. ROS yang berlebihan menyebabkan stres oksidatif dan peroksidasi lipid yang merusak membran sel spermatogenik (Antinozzi et al., 2025). Sementara NO menurunkan biosintesis testosteron pada sel Leydig. Stres oksidatif memengaruhi sekresi GnRH yang menurunkan LH dan FSH sehingga menghambat produksi testosteron dan *Androgen Binding Protein* (ABP) (Ramírez et al., 2016).

Penurunan jumlah sel spermatogenik juga dapat disebabkan apoptosis. Penurunan

testosteron memicu apoptosis pada sel spermatogenik di tubulus seminiferus (Esteves & Humaidan, 2025). Peningkatan kadar *malondialdehid* (MDA) sebagai produk akhir peroksidasi lipid berhubungan erat dengan apoptosis melalui aktivasi *caspase-3* dan kerusakan mitokondria (Asadi et al., 2021). Behrouz et al., (2024) menyatakan bahwa paparan asap rokok selama 30 menit sehari selama 4 minggu menyebabkan peningkatan kadar MDA dan penurunan kadar enzim *Catalase* (CAT) dan *Glutathione peroxidase* (GSH-Px). Pemberian ekstrak daun sembung rambat pada P1, P2, dan P3 mampu meningkatkan jumlah sel spermatogenik karena antioksidan yang dikandungnya mendonorkan elektron dan menghentikan reaksi berantai radikal bebas, sehingga spermatogenesis di tubulus seminiferus dapat berlangsung normal.

Kandungan flavonoid seperti quercetin memperbaiki kerusakan testis melalui penurunan stres oksidatif, penguatan sistem antioksidan endogen, dan penghambatan jalur apoptosis (Bostancieri et al., 2022). *Quercetin* menurunkan MDA serta meningkatkan aktivitas superoksida dismutase (SOD), *Catalase* (CAT), dan *Glutathione peroksidase* (GSH-Px), sehingga mengurangi kerusakan oksidatif pada jaringan testis dan memperbaiki tampilan histologis tubulus seminiferus serta struktur sel spermatogenik (Kanter et al., 2016).

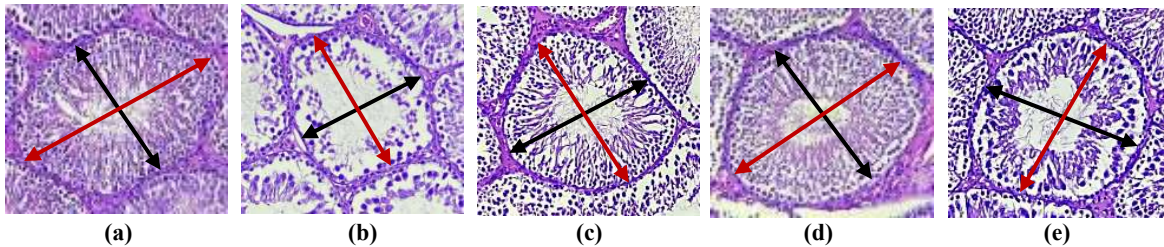
**C. Diameter dan Luas Tubulus Seminiferus**

Hasil pengamatan menunjukkan adanya perbedaan ukuran diameter dan luas tubulus seminiferus berdasarkan dosis ekstrak daun sembung rambat yang diberikan, sebagaimana disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 2.

**Tabel 3. Diameter dan Luas Tubulus Seminiferus Tikus Putih**

Kelompok	Rata-Rata Diameter Tubulus Seminiferus (µm) ± SD	Rata-Rata Luas Tubulus Seminiferus (µm <sup>2</sup> ) ± SD	P-Value
KN	323,399 ± 17,32d	82.526 ± 9,33d	0,000
KR	187,980 ± 14,89a	27.580 ± 5,14a	
P1	292,279 ± 9,58c	65.227 ± 5,50c	
P2	304,899 ± 8,37cd	75.872 ± 5,34d	
P3	247,638 ± 20,20b	48.638 ± 7,69b	

Keterangan: SD (Standar Deviasi); huruf superskrip berbeda (a, b, c, d, e) pada kolom yang sama menunjukkan beda nyata ( $p < 0,05$ ); KN (Kontrol Normal, hanya pakan dan minum); KR (Kontrol Rokok, paparan asap rokok 3 batang/hari); P1 (asap rokok + ekstrak 100 mg/kg BB); P2 (asap rokok + ekstrak 200 mg/kg BB); P3 (asap rokok + ekstrak 300 mg/kg BB).



**Gambar 2.** Gambaran diameter tubulus seminiferus tikus setelah paparan asap rokok dan ekstrak daun sembung rambat (*Mikania micrantha*). (a) Kontrol Normal; (b) Kontrol Rokok; (c) dosis 100 mg/kg BB; (d) dosis 200 mg/kg BB; (e) dosis 300 mg/kg BB.

Uji *One Way* ANOVA untuk diameter tubulus seminiferus menghasilkan  $p = 0,000$  ( $p < 0,05$ ). Uji lanjut Duncan 5% memberikan perbedaan sangat nyata antara kelompok normal ( $323,399 \pm 17,32 \mu\text{m}$ ) dan kelompok rokok ( $187,980 \pm 14,89 \mu\text{m}$ ). Hal ini sesuai dengan Iring et al., (2023) bahwa paparan asap rokok menurunkan diameter tubulus seminiferus, serta Bilondatu et al., (2016) yang melaporkan nilai normal rata-rata  $320,70 \mu\text{m}$ . Pengurangan diameter menandakan atrofi tubulus seminiferus dan terhambatnya spermatogenesis akibat penurunan jumlah sel Leydig dan penurunan kadar testosteron yang dipicu stres oksidatif (Mescher, 2024).

Pemberian ekstrak meningkatkan diameter tubulus seminiferus, yaitu P1 ( $292,279 \mu\text{m}$ ), P2 ( $304,899 \mu\text{m}$ ), dan P3 ( $247,638 \mu\text{m}$ ). Pembesaran ini menunjukkan ekstrak dapat mengurangi kerusakan sel Sertoli dan menciptakan lingkungan yang kondusif untuk spermatogenesis. Senyawa terpenoid bergugus asam pada daun sembung rambat berinteraksi dengan hormon steroid dan reseptor androgen sehingga meningkatkan testosteron dan menghambat peroksidasi lipid membran sel, serta memengaruhi sel Leydig dalam sintesis testosteron melalui interaksi dengan GnRH dan LH (Li et al., 2021).

Luas tubulus seminiferus mencerminkan integritas epitel germinal dan kepadatan sel spermatogenik. Hasil *One Way* ANOVA menunjukkan perbedaan signifikan antarkelompok ( $p = 0,000$ ). Kelompok kontrol normal memiliki luas tertinggi ( $82.526 \pm 9,33 \mu\text{m}^2$ ), lebih besar dari Owembabazi et al., (2023) sebesar  $78.939 \mu\text{m}^2$ . Kelompok kontrol rokok mengalami penurunan signifikan ( $27.580 \pm 5,14 \mu\text{m}^2$ ) akibat akumulasi ROS yang memicu peroksidasi lipid, kerusakan DNA, dan apoptosis

sel spermatogenik sehingga epitel germinal menipis dan luas tubulus berkurang.

Kelompok P1 ( $65.227 \pm 5,50 \mu\text{m}^2$ ) mulai menunjukkan efek protektif, namun belum menyamai KN. Kelompok P2 menunjukkan hasil paling optimal ( $75.872 \pm 5,34 \mu\text{m}^2$ ) dan secara statistik tidak berbeda nyata dengan KN, menunjukkan dosis 200 mg/kg BB paling efektif mempertahankan dan memperbaiki struktur histologis tubulus seminiferus karena antioksidan bekerja optimal menekan stres oksidatif tanpa mengganggu keseimbangan redoks sel. Adapun pada P3 luas tubulus lebih rendah dibanding P2, sejalan dengan Jodynis-liebert & Kujawska, (2020) bahwa fitokimia pada dosis tinggi dapat menginduksi efek prooksidan dan menurunkan efektivitas perlindungan seluler, sehingga terjadi kerusakan ringan epitel germinal dan peningkatan apoptosis sel spermatogenik.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa paparan asap rokok menyebabkan penurunan kualitas histologi testis tikus putih, yang ditandai dengan penurunan Indeks Gonad Somatik (IGS), jumlah sel spermatogonium, spermatisit, dan spermatid, serta diameter dan luas tubulus seminiferus. Pemberian ekstrak daun sembung rambat (*Mikania micrantha*) dengan dosis optimal 200 mg/kg BB terbukti memperbaiki nilai IGS, meningkatkan jumlah rata-rata sel spermatogenik, serta meningkatkan diameter dan luas tubulus seminiferus hingga tidak berbeda nyata dengan kontrol normal. Hasil analisis mendalam menunjukkan bahwa efektivitas optimal pada dosis 200 mg/kg BB berkaitan dengan kerja antioksidan flavonoid dan fenolik yang menetralkan ROS secara seimbang,

sementara dosis 300 mg/kg BB justru menurun akibat respons dosis nonlinear (hormesis) dan potensi efek prooksidan serta senyawa antifertilitas. Temuan ini berimplikasi bahwa ekstrak daun sembung rambat berpotensi dikembangkan sebagai sumber antioksidan alami yang murah dan mudah diperoleh untuk melindungi fungsi reproduksi jantan dari stres oksidatif akibat asap rokok, sekaligus berkontribusi memberikan bukti penentuan dosis efektif yang dapat menjadi dasar bagi penelitian standarisasi dan pengujian lanjutan ke arah pemanfaatan terapeutik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andarheta, N. D., Lukiswanto, B. S., Triakoso, N., Wurlina, W., Hidajati, N., Yustinasari, L. R., Ntoruru, J. M., & Luqman, E. M. (2024). The effect of methanol extract of cloves (*Syzygium aromaticum*) on vimentin expression in the testes of rats (*Rattus norvegicus*) with induced cryptorchidism. *Advancements in Life Sciences – International Quarterly Journal of Biological Sciences*, *11*(1), 56–60.
- Antinozzi, C., Di Luigi, L., Sireno, L., Caporossi, D., Dimauro, I., & Sgrò, P. (2025). Protective Role of Physical Activity and Antioxidant Systems During Spermatogenesis. *Biomolecules*, *15*(4), 1–19.
- Asadi, A., Ghahremani, R., Abdolmaleki, A., & Rajaei, F. (2021). Role of sperm apoptosis and oxidative stress in male infertility: A narrative review. *International Journal of Reproductive BioMedicine*, *19*(6), 493–504.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2024). *Persentase Penduduk Berumur Kurang Dari Sama Dengan 18 Tahun yang Merokok Tembakau selama Sembulan Terakhir Menurut Jenis Kelamin (Persen)*, 2024. <https://www.bps.go.id>. Diakses pada 21 Februari 2025.
- Behrouz, S., Mohammadi, M., Sarir, H., & Boskabady, M. H. (2024). The effects of camel milk in systemic inflammation and oxidative stress of cigarette smoke-induced chronic obstructive pulmonary disease model in rat. *Frontiers in Veterinary Science*, *11*, 1–11.
- Bilondatu, R. S. S., Durry, M., & Lintong, P. (2016). Gambaran Histopatologik Testis Tikus Wistar (*Rattus norvegicus*) Setelah Pemberian Monosodium Glutamate (Msg). *Jurnal E-Biomedik*, *4*(2).
- Bondonno, N. P., Dalgaard, F., Kyrø, C., Murray, K., Bondonno, C. P., Lewis, J. R., Croft, K. D., Gislason, G., Scalbert, A., Cassidy, A., Tjønneland, A., Overvad, K., & Hodgson, J. M. (2019). Flavonoid intake is associated with lower mortality in the Danish Diet Cancer and Health Cohort. *Nature Communications*, *10*(1), 1–10.
- Bostancıeri, N., Taşlıdere, A., Elbe, H., & Taşlıdere, E. (2022). Protective effects of quercetin against testis damage caused by cisplatin. *Biotechnic and Histochemistry*, *97*(3), 180–184.
- Budiarti, E., Batubara, I., & Ilmiawati, A. (2019). The potency of Asteraceae plants extracts as antioxidant and antiglycation agent. *Jurnal Jamu Indonesia*, *4*(3), 103–111.
- Choudhury, B. P., Das, S., Kar, K. K., Slama, P., Kolesarova, A., Rosas, I. M., & Roychoudhury, S. (2025). Endocrine Disruption as a Mediator of Declining Semen Quality in Smokers. *Cells*, *14*(17), 1–18.
- de Oliveira, J. S., Silva, A. A. do N., Dias, F. C. R., de Oliveira, E. L., de Oliveira Filho, E. F., Soares, P. C., Ferreira, C. M. de O., & da Silva Junior, V. A. (2022). Histomorphometric and oxidative evaluation of the offspring's testis from type 2 diabetic female rats treated with metformin and pentoxifylline. *International Journal of Experimental Pathology*, *103*(5), 174–189.
- Dewanto, H. N., Lisdiana, & Isnaeni, W. (2017). Pengaruh Ekstrak Kulit Buah Rambutan terhadap Kualitas Sperma Tikus yang Terpapar Asap Rokok. *Life Science*, *6*(2), 62–68.
- Esakky, P., & Moley, K. H. (2017). Paternal smoking and germ cell death: a mechanistic link to the effects of cigarette smoke on spermatogenesis and possible long-term sequelae in offspring. *Mol and Cellular Endocrinology*, *435*, 85–93.
- Esteves, S. C., & Humaidan, P. (2025). The role of luteinizing hormone activity in spermatogenesis: from physiology to clinical practice. *Reproductive Biology and Endocrinology*, *23*(Suppl 1), 1–20.
- He, L., Gong, H., Zhang, J., Zhong, C., Huang, Y., Zhang, C., & Aqeel Ashraf, M. (2016). Interaction of exposure concentration and duration in determining the apoptosis of testis in rats after cigarette smoke inhalation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *23*(4), 531–541.
- Ibrahim, A., Shafie, N. H., Esa, N. M., Shafie, S. R., Bahari, H., & Abdullah, M. A. (2020). Mikania micrantha Extract Inhibits HMG-CoA Reductase and ACAT2 and Ameliorates Hypercholesterolemia and Lipid Peroxidation in High Cholesterol-Fed Rats. *Nutrients*, *13*(3077), 1–16.
- Iring, A. R., Rambung, E., & Winarso, H. (2023). Differences in diameter and thickness of the

- seminiferous tubules of male wistar rats (*rattus norvegicus*) after being exposed to e-cigarette smoke and conventional cigarettes. *Malahayati International Journal of Nursing and Health Science*, 6(5), 367–373.
- Jodynys-liebert, J., & Kujawska, M. (2020). Biphasic dose-response induced by phytochemicals: Experimental evidence. *Journal of Clinical Medicine*, 9(3).
- Kanter, M., Aktoz, T., Aktas, C., Ozen, F., Yarali, O., & Kanter, B. (2016). Role of quercetin in cadmium-induced oxidative stress, testicular damage, and apoptosis in rats. *Analytical and Quantitative Cytology and Histology*, 38(1), 45–51.
- Kurniati, R., Kurniati, M. D. A. P. B., & Medi Hendra. (2025). Pengaruh Ekstrak Daun Kratom (*Mitragyna speciosa* Korth.) Terhadap Keteraturan Siklus Estrus dan Bobot Organ Reproduksi (Ovarium dan Uterus) Mencit (*Mus musculus* L.). *Biosfer: Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, 10(2), 176–181.
- Kurniati, R., Regina Yudith Simanungkalit, & Retno Aryani. (2024). Pengaruh Ekstrak Etanol Buah Takokak (*Solanum torvum* S.) terhadap Jumlah Folikel Ovarium dan Bobot Uterus pada Mencit Betina (*Mus musculus* L.). *Biosfer: Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, 9(2), 119–125.
- Li, X., Zhu, Q., Wen, Z., Yuan, K., Su, Z., Wang, Y., Zhong, Y., & Ge, R. S. (2021). Androgen and Luteinizing Hormone Stimulate the Function of Rat Immature Leydig Cells Through Different Transcription Signals. *Frontiers in Endocrinology*, 12, 1–13.
- Mescher, A. L. (2024). *Junquiera's Basic Histology Text and Atlas, 17th Edition* (17th ed.). McGraw Hill LLC.
- Munaya, N., Brahmadi, A., & Budi Handoyo Sakti, Y. (2018). Efek Stres Puasa terhadap Ketebalan Epitel dan Diameter Tubulus Seminiferus *Rattus norvegicus*. *Mutiara Medika: Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan*, 18(1), 1–7.
- Mutia, R., Dasrul, D., Salim, M. N., Thasmi, C. N., Rahmi, E., Zainuddin, Z., & Harris, A. (2024). Gambaran Histologi Sel Spermatogenik Tubulus Seminiferus Testis Tikus Putih (*Rattus Norvegicus*) Yang Dipaparkan Asap Rokok Setelah Pemberian Ekstrak Biji Putat Air (*Barringtonia Racemosa*). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Veteriner*, 8(4), 159–168.
- Naidu, E. C., Olojede, S. O., Lawal, S. K., & Azu, O. O. (2024). Histomorphometric changes in testis following administration of tenofivir nanoparticles in an animal model. *Discover Nano*, 19(1).
- Octavyani, G. K., Kuswanti, N., & Khaleyla, F. (2021). Pengaruh Ekstrak Daun Sawo Manila (*Manilkara zapota* L.) terhadap Jumlah Sel Leydig dan Spermatogenik Mencit Diabetes. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 11(1), 113–121.
- Owembabazi, E., Nkomozezi, P., & Mbajiorgu, E. F. (2023). Impact of Concurrent Exposure of Diabetic Male Sprague Dawley Rats to Alcohol and Combination Antiretroviral Therapy (cART) on Reproductive Capacity. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(8).
- Perawati, S., Andriani, L., Pratama, S., & Humayroh, H. (2019). Aktivitas Koagulan Ekstrak dan Fraksi Daun Sembung Rambat (*Mikania micrantha* Kunth.). *Chempublish Journal*, 4(1), 30–37.
- Pramesemara, G. N. (2017). Pemberian growth hormone meningkatkan jumlah sel spermatogenesis, sel leydig, dan sel sertoli pada mencit (*mus musculus*) tua. *Medicina Journal*, 48(1), 13.
- Pranadya, N. M. E., Setyawati, I., & Yulihastuti, D. A. (2019). Number of spermatogenic cells and testes histology of mice (*Mus musculus* L.) after treated with different times and intervals of red calliandra (*Calliandra calothyrsus* Meissn.) leaf extract. *Jurnal Biologi Udayana*, 23(1), 34.
- Ramírez, C., Alonso, J. R., Jiménez, P., Reyes, R., Ramis, J., Gris, J. M., & Aulesa, C. (2016). Estandarización en la técnica de pretratamiento y tinción para la realización de la morfología espermática humana automatizada tipo asma (assisted sperm morphometry analysis). *Revista Internacional de Andrología*, 14(4), 123–130.
- Saygın, H., Korgali, E., Koç, T., & Doğan, K. (2023). The effect of smoking and electronic cigarettes on rat testicles. *Revista Internacional de Andrología*, 21(3).
- Sheam, M. M., Haque, Z., & Nain, Z. (2020). Towards the antimicrobial, therapeutic and invasive properties of *mikania micrantha* knuth: A brief overview. *Journal of Advanced Biotechnology and Experimental Therapeutics*, 3(2), 92–101.
- Sumantri, I. B., Wahyuni, H. S., & Mustanti, L. F. (2020). Total phenolic, total flavonoid and phytochemical screening by FTIR spectroscopic of standardized extract of *Mikania micrantha* leaf. *Pharmacognosy Journal*, 12(6), 1395–1401.
- Suwarni, E., & Cahyadi, K. C. (2016). Aktivitas Antiradikal Bebas Ekstrak Etanol Bunga Kecombrang Dengan Metode DPPH (Free-Radical Scavenging Activity Of Etanol Kecombrang Flowers (*Etlingera elatior*) With

- The DPPH Method). *Jurnal Ilmiah Medicamento*, 2(2), 2356–4814.
- Tooy, M., Tendean, L., & Satiawati, L. (2016). Perbandingan kualitas spermatozoa tikus wistar ( *rattus norvegicus* ) yang diberi paparan asap rokok dengan asap rokok elektronik Miscal Tooy Kandidat skripsi Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi Manado Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Penga. *Jurnal E-Biomedik (EBm)*, 4(2).
- World Health Organization. (2024). *WHO calls for bold, decisive legislative action to protect young people from tobacco industry interference*. <https://www.who.int>. Diakses pada 22 Februari 2025.
- Zhong, Y., Wei, X., Yasin, Z., Huang, Y., & He, L. (2023). Cigarette smoke exposure disrupts the blood–testis barrier and negatively impacts reproductive capacity in mice. *Elsevier*, 228, 4–25.

## Analisis Karakter Toleransi Dan Keterampilan Sosial Pada Siswa SMPN Maubeli

Yunawati Sele<sup>1</sup>, Lusya Naimnule<sup>2</sup>, Olivia Maya Bria<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>*Pascasarjana pendidikan biologi, Universitas Timor*

<sup>3</sup>*Jurusan Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP), Universitas Timor, Jl. El Tari – Km.09, Kota Kefamenanu, Kode Pos : 85163, Indonesia.*

*e-mail: [ayabria0119@gmail.com](mailto:ayabria0119@gmail.com)*

### Abstrak

Karakter toleransi dan keterampilan sosial merupakan aspek penting dalam membentuk kemampuan siswa berinteraksi secara positif di lingkungan sekolah, terutama di era globalisasi yang membawa berbagai pengaruh terhadap perilaku dan karakter peserta didik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gambaran karakter toleransi dan keterampilan sosial siswa SMP Negeri Maubeli dengan menggunakan pendekatan kuantitatif dan teknik random sampling. Data dikumpulkan melalui angket yang diberikan kepada 59 siswa kelas VIII, terdiri atas 30 siswa kelas VIII A dan 29 siswa kelas VIII B. Instrumen penelitian yang digunakan telah disusun berdasarkan indikator yang relevan. Variabel karakter toleransi diukur melalui tiga indikator utama, yaitu menerima, menghormati, dan menghargai, yang dijabarkan ke dalam 70 butir pernyataan. Sementara itu, variabel keterampilan sosial diukur melalui empat indikator, yaitu kemampuan hidup dan bekerja sama, mengontrol diri dan orang lain, saling berinteraksi, serta bertukar pikiran dan pengalaman, yang terdiri atas 25 butir pernyataan. Sebelum digunakan, instrumen telah melalui uji validitas untuk memastikan setiap butir mampu mengukur aspek yang diteliti serta uji reliabilitas untuk menjamin konsistensi hasil pengukuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata skor karakter toleransi sebesar 81,04 dengan kategori sangat baik, sedangkan keterampilan sosial memperoleh rata-rata skor 73,88 dengan kategori baik. Temuan ini menunjukkan bahwa siswa mampu menerima, menghormati, dan menghargai perbedaan serta memiliki kemampuan bekerja sama, berkomunikasi, mengendalikan diri, dan berinteraksi secara efektif. Kejelasan indikator serta penggunaan instrumen yang valid dan reliabel turut meningkatkan kualitas data dan kredibilitas hasil penelitian.

Kata kunci: Analisis, Karakter Toleransi, Keterampilan Sosial, Sekolah.

### Abstract

Tolerance character and social skills are important aspects in shaping students' ability to interact positively within the school environment, particularly in the era of globalization, which brings various influences on students' behavior and character development. This study aimed to describe the tolerance character and social skills of students at Maubeli State Junior High School. The research employed a quantitative approach using a random sampling technique. Data were collected through questionnaires administered to 59 eighth-grade students, consisting of 30 students from Class VIII A and 29 students from Class VIII B. The research instruments were developed based on relevant indicators. The tolerance character variable was measured through three main indicators: acceptance, respect, and appreciation, which were elaborated into 70 statement items. Meanwhile, the social skills variable was measured through four main indicators: the ability to live and work cooperatively, self-control and control in social situations, interpersonal interaction skills, and the ability to exchange ideas and experiences, consisting of 25 statement items. Prior to their implementation, the instruments underwent validity testing to ensure that each item accurately measured the intended construct and reliability testing to guarantee the consistency of the measurements. The results showed that the average score of tolerance character was 81.04, categorized as very good, while the average score of social skills was 73.88, categorized as good. These findings indicate that students are able to accept, respect, and appreciate differences and possess the ability to cooperate, communicate, exercise self-control, and interact effectively with others. The clarity of the indicators and the use of valid and reliable instruments contributed to the quality of the data and enhanced the credibility of the research findings.

*Keywords: Analysis, Tolerance Character, Social Skills, School*

masif. Globalisasi tidak hanya membawa kemajuan teknologi, tetapi juga memberikan dampak signifikan terhadap pergeseran karakter peserta didik dan penurunan kualitas pendidikan jika tidak diimbangi dengan fondasi moral yang kuat (ListiIstriyani, Ratnaana, 2021). Pada jenjang Sekolah Menengah Pertama (SMP), peserta didik berada pada fase transisi remaja yang sangat rentan terhadap pengaruh eksternal, termasuk paparan teknologi digital. Penggunaan teknologi dan intensitas interaksi digital yang tidak terkontrol, seperti tingginya frekuensi penggunaan *gadget*, terbukti memiliki hubungan erat yang memengaruhi perkembangan sosial serta kemampuan interaksi riil anak dalam kehidupan sehari-hari (Sujianti, 2018). Oleh karena itu, penguatan karakter di lingkungan sekolah menjadi sebuah urgensi yang tidak dapat ditunda.

Karakter Toleransi merupakan sikap dan tindakan yang menghargai perbedaan agama, suku, etnis, pendapat, sikap, dan tindakan orang lain yang berbeda dari dirinya. Konstruksi karakter toleransi dalam penelitian ini dibentuk melalui lingkungan dan ekosistem sekolah. Penguatan karakter toleransi melalui budaya sekolah (seperti pembiasaan harian, keteladanan guru, dan manajemen kelas) menjadi strategi taktis yang efektif untuk menumbuhkan sikap inklusif pada peserta didik (Nur & Rizkia Pangestika, 2022). Indikator yang digunakan untuk mengukur konstruk ini meliputi: (a). Menerima perbedaan, (b) Menghargai perbedaan, (c). Menghormati orang lain.

Keterampilan Sosial merupakan kemampuan peserta didik untuk berkomunikasi, berinteraksi, serta membangun hubungan yang positif dengan lingkungan sekitarnya. Di sekolah, keterampilan sosial siswa tidak tumbuh begitu saja, melainkan memerlukan stimulasi terprogram. Salah satu bentuk dukungan nyata di sekolah adalah melalui pelaksanaan bimbingan pribadi sosial yang optimal (Murtafiah & Sahara, 2019). Layanan

bimbingan ini terbukti berkontribusi penting dalam mengembangkan keterampilan sosial peserta didik, terutama bagi siswa yang cenderung terisolir atau mengalami hambatan interaksi. Indikator keterampilan sosial yang diukur meliputi: (a). Kemampuan berkomunikasi, (b). Kemampuan bekerja sama, (c). Empati dan kepedulian sosial. Melalui implementasi pendidikan karakter yang terstruktur di sekolah, diharapkan nilai-nilai toleransi dan keterampilan sosial dapat terinternalisasi dengan baik dalam diri siswa (Almen, 2020).

Era persaingan saat ini merupakan era dimana kepribadian seseorang dibentuk untuk menjadi pribadi dengan karakter dan akhlak yang baik agar tercapai aspek dari UU Nomor 20 Tahun 2003 pasal 3 menegaskan bahwa pendidikan nasional bertujuan membentuk manusia yang bertaqwa, berakhlak, cakap, mandiri, kreatif, demokratis, dan bertanggungjawab. Untuk mencapai tujuan itu, pendidikan karakter menjadi kunci, terutama dalam menanamkan sikap toleransi dan keterampilan sosial (Nurkholis, 2013). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui gambaran karakter toleransi dan keterampilan sosial siswa SMPN Maubeli

Wujud dari pendidikan karakter toleransi dan keterampilan sosial siswa di SMPN Maubeli seperti membentuk karakter toleransi menjadi pribadi dengan memiliki nilai beretika sehingga dapat berinteraksi dengan orang lain, serta memiliki perilaku positif seperti jujur, disiplin, tanggungjawab, serta bekerjasama yang baik. Kendala yang ditemukan di dalam penerapan pendidikan karakter toleransi dan keterampilan sosial siswa adalah terdapat siswa yang mempunyai semangat belajar yang rendah, adanya siswa yang kurang memberi respon, dan juga ada siswa yang lalai dalam mengerjakan tugas guru. Meski begitu, guru tidak membiarkannya. Siswa itu akan tetap dibimbing supaya tugasnya bisa diselesaikan dengan baik, serta memberikan waktu tambahan, namun akan

ada pengurangan nilai agar tidak menimbulkan kekecewaan bagi peserta didik lain yang telah mengerjakan tugas dan mengumpulkannya pada waktu yang telah disepakati.

Tujuan penelitian ini adalah melihat seperti apa karakter toleransi dan keterampilan sosial siswa SMPN Maubeli. Penelitian ini secara garis besar ingin mengetahui kondisi hubungan siswa dengan guru, dan hubungan sesama siswa. Pengumpulan data dilakukan dengan angket yang disebar ke semua siswa kelas VIII. Harapannya, hasil penelitian bisa menambah wawasan guru dan siswa sehingga mereka saling memahami saat berinteraksi di rumah, masyarakat, serta lingkungan sekolah.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif. Meskipun data disajikan secara deskriptif untuk menggambarkan fenomena yang ada, seluruh pengumpulan data menggunakan instrumen tertutup (angket) yang menghasilkan skor numerik, persentase, dan kategori statistik, sehingga lebih tepat diklasifikasikan sebagai penelitian kuantitatif. Populasinya seluruh siswa SMPN Maubeli yang berjumlah 164 orang. Untuk penentuan sample digunakan teknik random sampling atau acak. Sample penelitian adalah siswa kelas VIII. Pemilihan kelas VIII didasarkan pada pertimbangan akademik bahwa siswa kelas VIII berada pada posisi transisi yang stabil di jenjang SMP. Berbeda dengan kelas VII yang masih berada pada fase adaptasi peralihan dari sekolah dasar, atau kelas IX yang sudah terfokus pada persiapan ujian akhir dan kelulusan, siswa kelas VIII telah memiliki adaptasi budaya sekolah yang matang (Nur & Rizkia Pangestika, 2022). Oleh karena itu, mereka menjadi representasi ideal untuk mengukur dampak implementasi pendidikan karakter dan perkembangan keterampilan sosial yang telah berjalan di sekolah (Almen, 2020). Pada penelitian ini teknik pengumpulan data yang digunakan adalah

dengan menggunakan instrumen angket analisis karakter toleransi dan keterampilan sosial siswa. Analisis data selanjutnya dilakukan dengan menggunakan aplikasi excel dan diuraikan sesuai dengan angket karakter toleransi dan keterampilan sosial.

Pengumpulan data menggunakan instrumen angket dengan Skala Likert 1–5 (Sangat Setuju, Setuju, Ragu-Ragu, Tidak Setuju, Sangat Tidak Setuju).

- Variabel Karakter Toleransi: Terdiri dari 15 butir pernyataan yang dikembangkan berdasarkan indikator menerima, menghargai, dan menghormati perbedaan .
- Variabel Keterampilan Sosial: Terdiri dari 15 butir pernyataan yang dikembangkan berdasarkan indikator interaksi dan adaptasi sosial siswa di sekolah

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari instrumen angket karakter toleransi dan keterampilan sosial selanjutnya dikonversi dengan ketentuan untuk setiap pernyataan jawaban SS memperoleh skor 4, jawaban S memperoleh skor 3, jawaban TS memperoleh skor 2 dan jawaban STS memperoleh skor 1 ini merupakan penskoran untuk pernyataan positif. Sebaliknya untuk pernyataan negatif jawaban SS memperoleh skor 1, jawaban S memperoleh skor 2, jawaban TS memperoleh skor 3 dan jawaban STS memperoleh skor 4. Setelah data dikumpulkan analisis data dilakukan dengan menggunakan tabel dan teknik deskriptif presentase sebagai berikut:

$$P = \frac{F}{N} \times 100\%$$

Keterangan :

P : Presentase

F : Frekuensi Skor Jawaban

N : Jumlah Responden

Setelah penskoran tersebut maka dilakukan penentuan kategori karakter dan keterampilan sosial siswa dikategorikan dalam lima kategori sebagaimana dapat dilihat pada tabel berikut :

No	Nilai	Kategori
1	80%-100%	Sangat Baik

2	60%-79%	Baik
3	40%-59%	Cukup Baik
4	20%-39%	Kurang Baik
5	0%-19%	Sangat Kurang

Tabel 1. Kategori Penilaian Karakter Toleransi

No	Nilai	Kategori
1.	81% – 100%	Sangat Baik
2.	61%-80%	Baik
3.	41%-60%	Cukup Baik
4.	21%-40%	Kurang Baik
5.	0%-20%	Sangat Kurang

Tabel 2. Kategori Penilaian Keterampilan Sosial Siswa

## II. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis data kuantitatif yang diperoleh dari angket, berikut adalah gambaran statistik deskriptif dari kedua variabel:

Statistik Deskriptif	Karakter Toleransi	Keterampilan Sosial
Nilai Minimum	62,00	58,00
Nilai Maksimum	95,00	92,00
Skor Rata-Rata	81,4	73,88
Standar Deviasi	5,42	6,12
Kategori Penilaian	Termasuk kategori Sangat Baik berdasarkan kriteria yang digunakan	Termasuk kategori Baik berdasarkan kriteria yang digunakan

Tabel 3. Statistik Deskriptif Karakter Toleransi dan Keterampilan Sosial

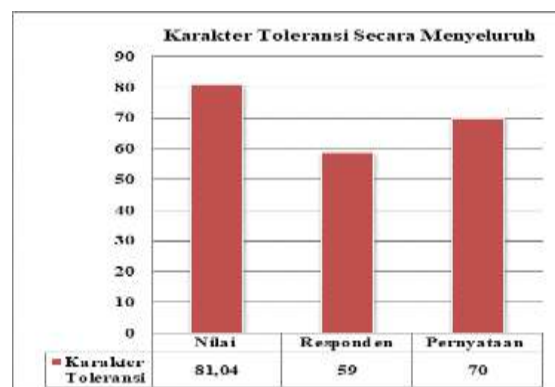
Distribusi Frekuensi dan Persentase Responden:

- Karakter Toleransi: Sebanyak 72% responden berada pada kategori "Sangat Baik" dan 28% berada pada kategori "Baik".
- Keterampilan Sosial: Sebanyak 45% responden berada pada kategori "Sangat Baik", 50% kategori "Baik", dan 5% kategori "Cukup".

### A. Karakteristik Toleransi

Hasil analisis menunjukkan bahwa karakter toleransi pada siswa SMP Negeri Maubeli memiliki nilai rata-rata sebesar 81,04 dengan total pernyataan sebanyak 70 serta jumlah reponden sebanyak 59 siswa. Nilai tersebut tergolong dalam kategori sangat baik. Nilai

ini menunjukkan bahwa kualitas karakter toleransi telah mencapai tingkat optimal. Dengan kategori sangat baik dapat diasumsikan bahwa beberapa aspek karakter toleransi, seperti keterlibatan siswa, motivasi belajar siswa, keaktifan siswa serta pertanggung-jawaban siswa yang telah memberikan hasil yang maksimal. Berdasarkan penelitian (Mughtar & Suryani, 2019) eksistensi suatu bangsa salah satunya ditentukan oleh karakter yang dimilikinya. Untuk menjadi bangsa yang memiliki harkat dan martabat maka suatu bangsa harus memiliki karakter yang kuat.

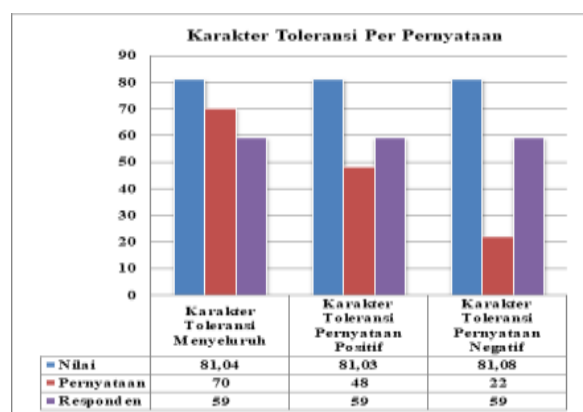


Gambar 1 Karakter Toleransi Secara Keseluruhan Atau Menyeluruh

Berdasarkan Gambar 1 diatas hasil analisis menunjukkan nilai rata-rata karakter toleransi siswa sebesar 81,04. Angka ini termasuk kategori sangat baik berdasarkan kriteria yang digunakan dalam penelitian ini. Keberhasilan pencapaian ini ditinjau secara konsisten melalui tiga indikator utama:

1. Menerima Perbedaan: Siswa menunjukkan sikap terbuka terhadap keberagaman latar belakang teman di sekolah.
2. Menghargai Perbedaan: Siswa mampu menghargai pendapat dan keyakinan orang lain tanpa memandang rendah.
3. Menghormati Orang Lain: Siswa menunjukkan tindakan konkret berupa sikap santun dan tenggang rasa dalam keseharian di sekolah.

Secara teoretis, tingginya angka toleransi ini tidak lepas dari peran lingkungan sekolah. Hal ini sejalan dengan temuan (Nur & Rizkia Pangestika, 2022), yang menyatakan bahwa penguatan karakter toleransi yang diintegrasikan melalui budaya sekolah mampu menciptakan ekosistem pembelajaran yang aman dan inklusif bagi siswa. Analisis data lanjutan dilakukan untuk mengetahui rincian nilai dari dua jenis pernyataan yaitu pernyataan positif dan pernyataan negatif karakter toleransi pada gambar diagram 2



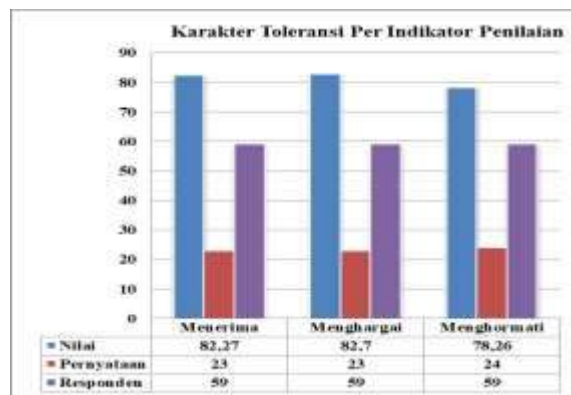
**Gambar 2** Karakter Toleransi Per Pernyataan Positif Dan Negatif

Berdasarkan gambar 2 tersebut menggambarkan bahwa di dalam kisi-kisi karakter toleransi terdapat dua jenis pernyataan yaitu yang pertama pernyataan positif dimana dari ke-empat kategori jawaban yaitu SS (Sangat Setuju) diberikan point 4, S (Setuju) diberikan point 3, TS (Tidak Setuju) diberikan point 2 dan STS (Sangat Tidak Setuju) diberikan point 1. Untuk pernyataan negatif dari ke-empat kategori jawaban yaitu SS(Sangat Setuju) diberikan point 1, S(Setuju) diberikan point 2, TS(Tidak Setuju) diberikan point 3 dan STS(Sangat Tidak Setuju) diberikan point 4 dengan jumlah responden yang sama yaitu 59 siswa diperoleh hasil untuk pernyataan positif dengan total pernyataan sebanyak 48 pernyataan memperoleh nilai 81,03.

Sebaliknya untuk pernyataan negatif dengan total pernyataan sebanyak 22 pernyataan memperoleh nilai 81,08. Berdasarkan kedua nilai

tersebut maka karakter toleransi pernyataan positif dan negatif termasuk dalam kategori penilaian sangat baik dimana kisaran nilai kategori sangat baik adalah 80%-100%.

Analisis data lanjutan dilakukan untuk mengetahui rincian nilai dari karakter toleransi per indikator penilaian pada gambar diagram 3.

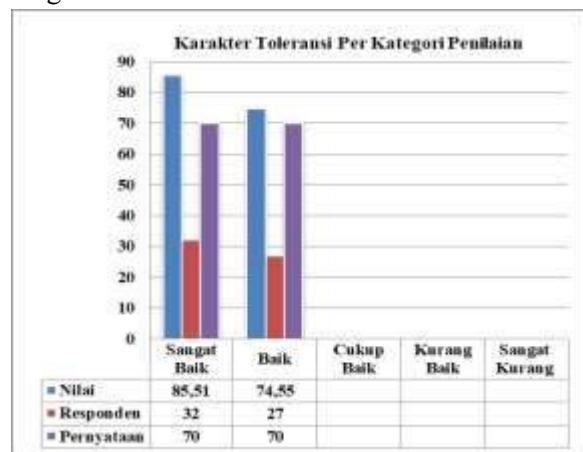


**Gambar 3** Karakter Toleransi per indikator penilaian

Berdasarkan gambar 3 tersebut menggambarkan bahwa ada tiga indikator penilaian pada karakter toleransi yaitu indikator pertama adalah indikator menerima dengan jumlah pernyataan sebanyak 23 memperoleh nilai 82,27 nilai tersebut termasuk dalam kategori penilaian karakter toleransi sangat baik yang rentan nilainya berkisar dari 80%-100%. Indikator kedua adalah indikator menghargai dengan jumlah pernyataan sebanyak 23 pernyataan memperoleh nilai 82,7 nilai tersebut juga termasuk dalam kategori penilaian karakter toleransi sangat baik yang rentan nilainya berkisar dari 80%-100%. Indikator ketiga adalah indikator menghormati dengan jumlah pernyataan sebanyak 24 pernyataan memperoleh nilai 78,26 nilai tersebut termasuk dalam kategori penilaian karakter toleransi baik yang rentan nilainya dari 60%-79%. Analisis data lanjutan dilakukan untuk mengetahui rincian nilai dari karakter toleransi per kategori penilaian karakter toleransi pada gambar

diagram

4.



Gambar 4 Karakter Toleransi Per Kategori Penilaian

Berdasarkan gambar 4 tersebut menggambarkan bahwa ada lima kategori penilaian karakter toleransi yaitu kategori pertama kategori sangat baik dengan jumlah responden sebanyak 32 siswa dan jumlah pernyataan sebanyak 70 pernyataan memperoleh nilai 85,51 yang artinya nilai tersebut termasuk dalam kategori sangat baik yang rentan nilainya berkisar dari 80%-100%. Kategori penilaian yang kedua adalah kategori baik yang rentan nilainya berkisar dari 60%-79% dimana dari gambar tersebut memperoleh nilai 74,55 dengan jumlah responden sebanyak 27 siswa dan jumlah pernyataan sebanyak 70 pernyataan. Kategori penilaian yang ketiga adalah kategori cukup baik yang rentan nilainya berkisar dari 40%-59%, kategori penilaian keempat adalah kategori sangat kurang yang rentan nilainya berkisar dari 20%-39%, dan kategori penilaian keilma adalah kategori sangat kurang dengan rentan nilai berkisar dari 0%-19%. Dimana dari gambar tersebut tidak dicantumkan angka dikarenakan berdasarkan hasil perhitungan data karakter toleransi tidak terdapat adanya nilai dari setiap individu yang kisarannya dibawah 60% sehingga pada gambar 4 hanya dicantumkan nilai dari kategori sangat baik dan juga kategori baik.

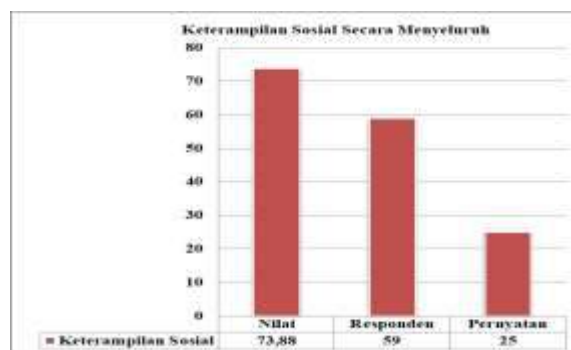
Ini berarti kualitas karakter toleransi siswa sudah mencapai kondisi paling baik. Dengan kategori sangat baik dapat diasumsikan bahwa beberapa aspek karakter toleransi, seperti keterlibatan siswa, motivasi belajar siswa, keaktifan siswa serta pertanggung-jawaban siswa yang telah memberikan hasil yang maksimal. Berdasarkan laporan (Murtafiah & Sahara, 2019) karakter bangsa menjadi penentu eksistensi suatu negara,. Untuk menjadi bangsa yang dihargai dan bermartabat, suatu bangsa wajib memiliki karakter yang kokoh.

Indikator-indikator karakter toleransi juga menunjukkan gambaran yang serupa. Indikator menerima memiliki nilai rata-rata 82,27 yang berarti siswa bersedia untuk menerima orang lain dengan apa adanya dan tidak memaksakan kehendak sudah dilakukan dengan sangat baik dengan jumlah pernyataan sebanyak 23, indikator menghormati memiliki nilai rata-rata 82,7 yang berarti siswa memberikan kenyamanan orang lain untuk mengamalkan apa yang di yakini dengan jumlah pernyataan sebanyak 23, indikator menghargai memiliki nilai rata-rata 78,26 yang berarti siswa menghargai dan memperlakukan setiap orang dengan baik dengan jumlah pernyataan sebanyak 24. Namun perlu peningkatan karena pada indikator menghormati memiliki kategori baik yang artinya masih belum optimal. Ini menunjukkan bahwa dari ketiga indikator dua diantaranya menunjukkan hasil yang optimal sementara indikator ketiga menunjukkan hasil yang baik namun masih belum optimal. Selain temuan utama, perlu diperhatikan pula keterbatasan dalam penelitian ini, terutama terkait penggunaan angket sebagai satu-satunya instrumen pengumpulan data. Keterbatasan penggunaan angket dapat mempengaruhi kedalaman data yang diperoleh, karena responden hanya dapat memberikan jawaban berdasarkan persepsi mereka dalam pilihan yang terbatas.

## B. Keterampilan Sosial

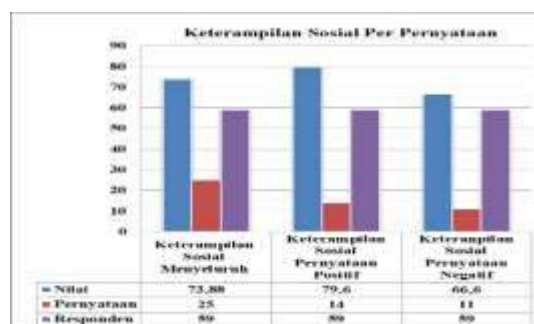
Berdasarkan hasil tabel 3, nilai rata-rata keterampilan sosial siswa sebesar 73,88, yang termasuk kategori baik berdasarkan kriteria yang digunakan. Kemampuan siswa dalam berinteraksi, bekerja sama, dan berkomunikasi di lingkungan sekolah dinilai sudah cukup matang untuk anak usia SMP.

Capaian keterampilan sosial siswa yang berada pada kategori Baik mengindikasikan bahwa sebagian besar indikator telah terpenuhi, meskipun beberapa aspek belum tercapai secara menyeluruh. Secara teoretis, perkembangan keterampilan sosial remaja dipengaruhi oleh berbagai faktor eksternal, termasuk lingkungan rumah, interaksi teman sebaya, pengalaman belajar, hingga intensitas penggunaan media sosial (Sujianti, 2018). Penguasaan keterampilan sosial ini sangat krusial bagi siswa jenjang SMP untuk memenuhi kebutuhan adaptasi interpersonal dan penyesuaian diri yang sehat di lingkungan sekolah (Murtafiah & Sahara, 2019). Kemampuan berinteraksi dan mengelola emosi secara sehat sejak dini menjadi fondasi penting bagi siswa untuk melewati fase perkembangan menuju dewasa tanpa kendala perilaku yang berarti (ListiIstriyani, Ratnaana, 2021) pribadi sosial di sekolah sangat efektif untuk menstimulus keterampilan sosial siswa, mengentaskan kebiasaan menarik diri, serta melatih kemampuan adaptasi interpersonal siswa dalam kelompok sebaya. Keberhasilan penguatan aspek sosial ini pada akhirnya membantu membentengi moral remaja dari dampak buruk globalisasi yang berpotensi mendegradasi kualitas karakter bangsa (ListiIstriyani, Ratnaana, 2021).



Gambar 5. Keterampilan Sosial Secara Keseluruhan atau Secara Menyeluruh

Pada gambar 5 menggambarkan bahwa secara keseluruhan keterampilan sosial memiliki nilai rata-rata 73,88, dengan total terdapat 25 pernyataan yang diberikan kepada siswa sebanyak 59 siswa untuk di isi. Nilai rata-rata tersebut menunjukkan bahwa secara keseluruhan gambaran keterampilan sosial berada pada kategori baik. Analisis data lanjutan dilakukan untuk mengetahui rincian nilai dari keterampilan sosial per indikator penilaian pada gambar 6

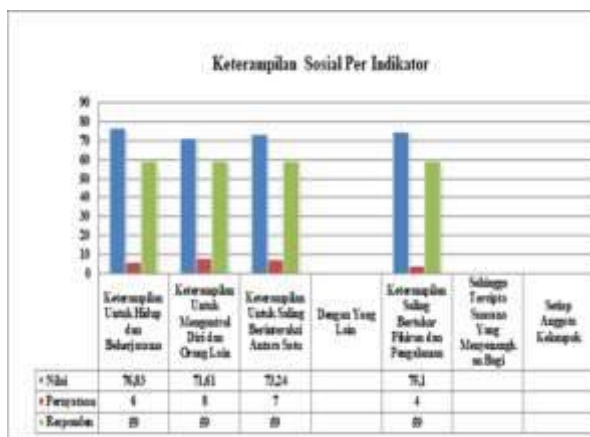


Gambar 6. Keterampilan Sosial Per Pernyataan Positif Dan Negatif

Berdasarkan gambar 6 tersebut menggambarkan bahwa di dalam kisi-kisi keterampilan sosial terdapat dua jenis pernyataan yaitu pernyataan positif dimana dari ke-empat kategori jawaban yaitu SS(Sangat Setuju) diberikan point 4, S(Setuju) diberikan point 3, TS(Tidak Setuju) diberikan point 2 dan STS(Sangat Tidak Setuju) diberikan point 1. Untuk pernyataan negatif dari ke-empat kategori jawaban yaitu SS(Sangat

Setuju) diberikan point 1, S(Setuju) diberikan point 2, TS(Tidak Setuju) diberikan point 3 dan STS(Sangat Tidak Setuju) diberikan point 4 dengan jumlah responden yang sama yaitu 59 siswa diperoleh hasil untuk pernyataan positif dengan total pernyataan sebanyak 14 pernyataan memperoleh nilai 79,6.

Sebaliknya untuk pernyataan negatif dengan total pernyataan sebanyak 11 pernyataan memperoleh nilai 66,6. Berdasarkan kedua nilai tersebut maka keterampilan sosial termasuk dalam kategori penilaian baik dimana kisaran nilai kategori baik adalah 61%-80%. Analisis data lanjutan dilakukan untuk mengetahui rincian nilai dari keterampilan sosial per indikator penilaian pada gambar diagram 7.



Gambar 7. Keterampilan Sosial Per Indikator Penilaian

Berdasarkan Gambar 7, terdapat 4 indikator penilaian yang digunakan untuk mengukur variabel keterampilan sosial. Dasar penetapan kriteria kategori pada masing-masing indikator ini ditentukan secara objektif menggunakan rumus panjang interval kelas, di mana rentang nilai 61% - 80% ditetapkan sebagai kategori "Baik".

Indikator pertama adalah indikator keterampilan untuk hidup dan bekerjasama dengan jumlah pernyataan sebanyak 6 memperoleh nilai 76,83 nilai tersebut termasuk

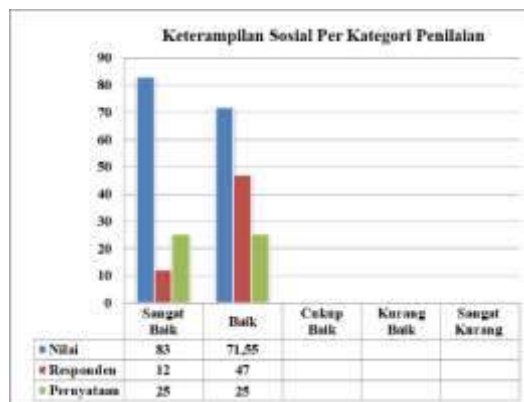
dalam kategori penilaian keterampilan sosial baik yang rentan nilainya berkisar dari 61%-80%.

Indikator kedua adalah indikator keterampilan untuk mengontrol diri dan orang lain dengan jumlah pernyataan sebanyak 8 pernyataan memperoleh nilai 71,61 nilai tersebut juga termasuk dalam kategori penilaian keterampilan sosial baik yang rentan nilainya berkisar dari 61%-80%.

Indikator ketiga adalah indikator keterampilan untuk saling berinteraksi antara satu dengan yang lain dengan jumlah pernyataan sebanyak 7 pernyataan memperoleh nilai 73,24 nilai tersebut termasuk dalam kategori penilaian keterampilan sosial baik yang rentan nilainya dari 61%-80%.

Indikator keempat adalah indikator keterampilan untuk saling Bertukar Pikiran dan Pengalaman Sehingga Tercipta Suasana Yang Menyenangkan bagi setiap anggota kelompok dengan jumlah pernyataan sebanyak 4 pernyataan memperoleh nilai 75,1 nilai tersebut termasuk dalam kategori penilaian baik keterampilan sosial yang rentan nilainya dari 61%-80%.

Analisis data lanjutan dilakukan untuk mengetahui rincian nilai dari keterampilan sosial per kategori penilaian pada gambar diagram



Gambar 8. Keterampilan Sosial Per Kategori Penilaian

Berdasarkan gambar 8 tersebut menggambarkan bahwa ada lima kategori penilaian keterampilan sosial yaitu kategori pertama kategori sangat baik dengan jumlah responden sebanyak 12 siswa dan jumlah

pernyataan sebanyak 25 pernyataan memperoleh nilai 83 yang artinya nilai tersebut termasuk dalam kategori sangat baik yang rentan nilainya berkisar dari 81%-100%. Kategori penilaian yang kedua adalah kategori baik yang rentan nilainya berkisar dari 61%-80% dimana dari gambar tersebut memperoleh nilai 71,55 dengan jumlah responden sebanyak 47 siswa dan jumlah pernyataan sebanyak 25 pernyataan.

Kategori penilaian yang ketiga adalah kategori cukup baik yang rentan nilainya berkisar dari 41%-60%, kategori penilaian keempat adalah kategori sangat kurang yang rentan nilainya berkisar dari 21%-40%, dan kategori penilaian kelima adalah kategori sangat kurang dengan rentan nilai berkisar dari 0%-20%. Dimana dari gambar tersebut tidak dicantumkan angka dikarenakan berdasarkan hasil perhitungan data karakter toleransi tidak terdapat adanya nilai dari setiap individu yang kisarannya dibawah 60% sehingga pada gambar 8 hanya dicantumkan nilai dari kategori sangat baik dan juga kategori baik.

Hasil analisis menunjukkan bahwa keterampilan sosial pada siswa SMP Negeri Maubeli memiliki nilai rata-rata sebesar 73,88 dengan total pernyataan sebanyak 25 pernyataan serta total responden sebanyak 59 siswa yang tergolong dalam kategori baik. Nilai ini menunjukkan bahwa kualitas keterampilan sosial kurang optimal. Dengan kategori baik ini, dapat diasumsikan bahwa beberapa aspek keterampilan sosial masih belum tercapai secara optimal. Dalam penelitian tersebut, siswa dituntut memiliki keterampilan sosial agar dapat memenuhi kebutuhan sosial dan menyesuaikan diri dengan lingkungan sekitar (Sujianti, 2018).

Menurut (Murtafiah & Sahara, 2019), pada penelitiannya siswa harus memiliki keterampilan sosial untuk memenuhi kebutuhan hidup sosialnya dan mampu menyesuaikan diri dengan lingkungan sosial. Hal ini berarti bahwa upaya yang dilakukan untuk menumbuh-kembangkan

keterampilan sosial, hasil yang dicapai secara keseluruhan sudah optimal.

Indikator-indikator keterampilan sosial menunjukkan gambaran yang serupa. Indikator keterampilan untuk hidup dan bekerjasama memiliki nilai rata-rata 76,83, artinya siswa sadar bahwa hidup memerlukan bantuan orang lain juga, indikator keterampilan mengontrol diri dan orang lain memiliki nilai rata-rata 71,61 artinya siswa mampu untuk menahan dirinya dari sebuah keinginan dan kebutuhan dimana yang diutamakan adalah kebutuhan, nilai rata-rata indikator ketrampilan berinteraksi satu sama lain adalah 73,24 artinya siswa masih perlu meningkatkan kemampuan berkomunikasi dengan teman dan lingkungan sekitarnya. Adapun indikator bertukar pikiran dan pengalaman demi terciptanya suasana kelompok yang nyaman memperoleh nilai 75,1 artinya siswa dapat menempatkan diri dalam situasi apapun serta dapat menciptakan suasana yang menyenangkan. Namun perlu peningkatan karena pada ke empat indikator dikategorikan pada kategori baik. Selain temuan utama, perlu diperhatikan pula keterbatasan dalam penelitian ini, terutama terkait penggunaan angket sebagai satu-satunya instrumen pengumpulan data. Keterbatasan penggunaan angket dapat mempengaruhi kedalaman data yang diperoleh, karena responden hanya dapat memberikan jawaban berdasarkan persepsi mereka dalam pilihan yang terbatas.

#### IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengumpulan data melalui instrumen angket yang telah disebarkan kepada 59 responden di SMP Negeri Maubeli, berikut dipaparkan gambaran data statistik deskriptif dari masing-masing variabel penelitian. Penyajian hasil analisis ini difokuskan pada penemuan utama terkait capaian skor rata-rata, sebaran kategori responden, serta nilai capaian pada setiap indikator yang diuji.

Hasil Penelitian terhadap 59 responden menunjukkan bahwa karakter toleransi siswa secara keseluruhan berada pada kategori Sangat Baik dengan skor rata-rata 81,04 (dari total 70 butir pernyataan). Distribusi temuan pada variabel ini meliputi:

## V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan limpah terimakasih kepada kepala sekolah SMPN Maubeli dan seluruh staf guru-guru pengajar yang telah memberikan izin kepada penulis serta bantuan teknis selama proses pengambilan data. Apresiasi juga disampaikan kepada seluruh siswa kelas VIII A dan kelas VIII B yang telah berpartisipasi sebagai responden dalam penelitian ini. Selain itu ucapan terimakasih juga ditujukan kepada Universitas Timor yang telah mendukung terlaksananya penelitian in.

## DAFTAR PUSTAKA

- Almen, A. (2020). Analisis Implementasi Pendidikan Karakter Pada Siswa Kelas Xii Ipa2 Sman 1 Pulau Punjung. *Dharmas Education Journal (DE\_Journal)*, 1(2), 154–163.  
<https://doi.org/10.56667/dejournal.v1i2.112>
- ListiIstriyani, Ratnaana, Y. R. (2021). Dampak Globalisasi Terhadap Karakter Peserta Didik dan Kualitas Pendidikan di Indonesia. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 5(1), 1544–1550.
- Muchtar, D., & Suryani, A. (2019). Pendidikan Karakter Menurut Kemendikbud. *Edumaspul: Jurnal Pendidikan*, 3(2), 50–57.  
<https://doi.org/10.33487/edumaspul.v3i2.142>
- Murtafiah, A., & Sahara, O. A. (2019). Pelaksanaan Bimbingan Pribadi Sosial Dalam Mengembangkan Keterampilan Sosial Siswa Terisolir Di SMP Negeri 5 Banguntapan. *KONSELING EDUKASI "Journal of Guidance and Counseling,"* 3(2), 1–29.  
<https://doi.org/10.21043/konseling.v3i2.6542>
- Nur, Z., & Rizkia Pangestika, R. (2022). Penguatan Karakter Toleransi Melalui Budaya Sekolah. *Buletin Ilmiah Pendidikan*, 1(2), 60–67.  
<https://doi.org/10.56916/bip.v1i2.264>
- Nurkholis. (2013). *PENDIDIKAN DALAM UPAYA MEMAJUKAN TEKNOLOGI Oleh: Nurkholis Doktor Ilmu Pendidikan, Alumnus Universitas Negeri Jakarta Dosen Luar Biasa Jurusan Tarbiyah STAIN Purwokerto*. 1(1), 24–44.
- Sujianti. (2018). The Relationship Between Frequency of Using Gadget and the Social Development of Pre-School Children in Islam Al Irsyad 01 Kindergrten. *Journal of Midwifery*, 8(1), 54.

## Efektivitas *AI-Enhanced Learning Environment* (AILE) dalam Meningkatkan Hasil Belajar Mahasiswa pada Mata Kuliah Bioteknologi dan Biologi Sel

Mimi Halimah<sup>1</sup> dan Cita Tresnawati<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Pasundan  
Jl. Tamansari No. 6–8, Bandung 40116, Indonesia  
e-mail: mimi@unpas.ac.id

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas *AI-Enhanced Learning Environment* (AILE) dalam meningkatkan hasil belajar mahasiswa pada mata kuliah Bioteknologi dan Biologi Sel di Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Pasundan. Menggunakan desain *quasi-experimental pre-test–post-test* dengan 60 mahasiswa (30 per mata kuliah), penelitian ini mengimplementasikan AILE selama satu semester penuh. Hasil belajar diukur melalui tes kognitif berbasis Taksonomi Bloom revisi (C1–C6), lembar observasi keterampilan proses, dan portofolio. Analisis data menggunakan uji *t* berpasangan dan perhitungan *N-Gain*. Hasil menunjukkan peningkatan hasil belajar yang signifikan pada kedua mata kuliah: rerata *N-Gain* Bioteknologi 0,62 dan Biologi Sel 0,64 (kategori sedang-tinggi). Peningkatan tertinggi terjadi pada dimensi kemampuan analisis (C4) dan evaluasi (C5). Mahasiswa juga melaporkan kepuasan belajar yang tinggi terhadap adaptivitas dan umpan balik instan dari sistem AI. Temuan ini mengonfirmasi bahwa AILE berpotensi menjadi pendekatan pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan capaian akademik mahasiswa biologi pada era digital.

**Kata Kunci** — *AI-Enhanced Learning Environment*, biologi sel, bioteknologi, hasil belajar, pendidikan biologi.

### Abstract

*This study aims to evaluate the effectiveness of AI-Enhanced Learning Environment (AILE) in improving student learning outcomes in Biotechnology and Cell Biology courses at the Biology Education Study Program, FKIP Universitas Pasundan. Using a quasi-experimental pre-test–post-test design with 60 students (30 per course), this study implemented AILE over one full semester. Learning outcomes were measured through cognitive tests based on Revised Bloom's Taxonomy (C1–C6), process skill observation sheets, and portfolios. Data analysis used paired *t*-tests and *N-Gain* calculations. Results showed significant improvements in learning outcomes in both courses: Biotechnology *N-Gain* mean 0.62 and Cell Biology 0.64 (medium-high category). The highest improvements occurred in analytical (C4) and evaluative (C5) dimensions. Students also reported high learning satisfaction regarding the adaptivity and instant feedback of the AI system. These findings confirm that AILE has the potential to be an effective learning approach for improving biology students' academic achievement in the digital era.*

**Keywords:** *AI-Enhanced Learning Environment, biotechnology, cell biology, learning outcomes, biology education.*

## I. PENDAHULUAN

Perguruan tinggi di era digital menghadapi tantangan untuk menghasilkan lulusan yang tidak hanya menguasai konten keilmuan, tetapi juga memiliki kompetensi tingkat tinggi yang relevan dengan kebutuhan abad ke-21. Dalam konteks pendidikan biologi, mata kuliah seperti Bioteknologi dan Biologi Sel memiliki karakteristik konten yang kompleks, abstrak, dan dinamis — menuntut mahasiswa untuk mampu tidak hanya mengingat fakta, tetapi juga menganalisis, mengevaluasi, dan

mensintesis informasi secara kritis (Anderson & Krathwohl, 2001).

Namun, hasil evaluasi internal di Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Pasundan menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa masih terjebak pada level kognitif rendah (C1–C2) dalam kedua mata kuliah tersebut. Rerata nilai ujian akhir semester Bioteknologi selama tiga tahun terakhir berada pada kisaran 63,4, sementara Biologi Sel 61,8 — di bawah standar capaian minimum yang ditetapkan program studi sebesar 70. Kondisi ini

mencerminkan adanya kesenjangan antara kompleksitas tuntutan belajar dan efektivitas pendekatan pembelajaran yang selama ini digunakan.

Perkembangan kecerdasan buatan (artificial intelligence/AI) dalam pendidikan telah membuka peluang baru yang signifikan. AI-Enhanced Learning Environment (AILE) adalah lingkungan belajar digital yang mengintegrasikan kecerdasan buatan untuk menghadirkan pengalaman belajar yang adaptif, responsif, dan personal (Holmes et al., 2019). Berbeda dari e-learning konvensional, AILE mampu mengidentifikasi profil kognitif mahasiswa secara real-time, menyesuaikan tingkat kesulitan konten secara otomatis, dan memberikan umpan balik instan yang bermakna bagi setiap individu.

Beberapa studi telah menunjukkan efektivitas lingkungan belajar berbasis AI terhadap hasil belajar. Chen et al. (2021) menemukan bahwa sistem pembelajaran personalisasi berbasis AI meningkatkan skor posttest siswa secara signifikan dibandingkan kelompok kontrol. Luckin (2018) menyatakan bahwa AI berpotensi mengubah peran guru dari penyampai informasi menjadi fasilitator metakognisi melalui desain lingkungan belajar yang cerdas. Dalam konteks biologi, Mayer (2009) menekankan bahwa desain instruksional yang adaptif dan berbasis multimedia dapat secara signifikan meningkatkan pemahaman konsep yang abstrak.

Meskipun demikian, penelitian tentang implementasi AILE secara spesifik pada mata kuliah biologi tingkat perguruan tinggi, khususnya Bioteknologi dan Biologi Sel, masih sangat terbatas di Indonesia. Celah inilah yang menjadi justifikasi utama penelitian ini. Penelitian sebelumnya dalam kelompok peneliti yang sama telah membuktikan bahwa AILE efektif menurunkan cognitive load dan meningkatkan resiliensi mental mahasiswa; namun dampak langsung terhadap hasil belajar kognitif multidimensional belum dieksplorasi secara komprehensif.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis efektivitas AILE dalam meningkatkan hasil belajar kognitif mahasiswa pada mata kuliah Bioteknologi dan Biologi Sel, (2)

mengidentifikasi dimensi kognitif (C1–C6) yang mengalami peningkatan paling signifikan, serta (3) mengeksplorasi persepsi mahasiswa terhadap penggunaan AILE dalam proses pembelajaran.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain quasi-experimental one-group *pre-test–post-test*. Desain ini dipilih karena tidak memungkinkan pembentukan kelompok kontrol secara acak akibat kelas yang telah terbentuk secara alami dalam sistem akademik reguler. Meskipun demikian, penggunaan *pre-test* memungkinkan perbandingan kondisi sebelum dan sesudah intervensi secara valid.

### A. Partisipan

Partisipan penelitian adalah 60 mahasiswa aktif Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Pasundan Tahun Akademik 2025/2026, terdiri dari 30 mahasiswa peserta mata kuliah Bioteknologi (semester IV) dan 30 mahasiswa peserta mata kuliah Biologi Sel (semester III). Penentuan sampel menggunakan teknik purposive sampling berdasarkan kesediaan dan kesesuaian jadwal akademik.

### B. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan meliputi: (1) Tes hasil belajar kognitif — 40 butir soal pilihan ganda per mata kuliah yang mencakup keenam dimensi Taksonomi Bloom revisi (C1 Mengingat, C2 Memahami, C3 Mengaplikasikan, C4 Menganalisis, C5 Mengevaluasi, C6 Mencipta), dengan reliabilitas Cronbach's  $\alpha = 0,84$  (Bioteknologi) dan  $0,86$  (Biologi Sel); (2) Lembar observasi keterampilan proses sains berbasis rubrik 4 skala; (3) Kuesioner kepuasan belajar dengan skala Likert 5 poin ( $\alpha = 0,81$ ).

### C. Implementasi AILE

AILE diimplementasikan selama 16 pertemuan (satu semester penuh) per mata kuliah. Platform AILE yang digunakan mengintegrasikan tiga komponen: (1) modul

digital adaptif berbasis AI yang menyesuaikan level kesulitan konten (mudah–sedang–sulit) dengan profil kognitif mahasiswa secara real-time; (2) sistem umpan balik cerdas berbasis Anthropic Claude API yang merespons pertanyaan dan jawaban mahasiswa secara instan; dan (3) strategi refleksi terpandu AI yang membantu mahasiswa memantau dan mengelola proses belajarnya sendiri melalui jurnal digital.

**D. Analisis Data**

Data dianalisis menggunakan: (1) uji normalitas Shapiro-Wilk; (2) uji t berpasangan untuk menguji signifikansi perbedaan *pre-test* dan *post-test* ( $\alpha = 0,05$ ); (3) perhitungan N-Gain ternormalisasi ( $g = (S_{post} - S_{pre}) / (S_{maks} - S_{pre})$ ) untuk menentukan kategori peningkatan ( $g > 0,70$ : tinggi;  $0,30 \leq g \leq 0,70$ : sedang;  $g < 0,30$ : rendah); dan (4) analisis deskriptif per dimensi kognitif. Seluruh analisis menggunakan SPSS versi 26.

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Peningkatan Hasil Belajar Kognitif Keseluruhan**

Hasil analisis *pre-test* dan *post-test* menunjukkan peningkatan hasil belajar yang signifikan pada kedua mata kuliah setelah implementasi AILE selama satu semester. Tabel 1 menyajikan rekapitulasi data statistik deskriptif dan hasil uji signifikansi.

**Tabel 1. Hasil Belajar *Pre-test* dan *Post-test* pada Kedua Mata Kuliah**

Mata Kuliah	N	Pre (M±SD)	Post (M±SD)	N-Gain	Kategori	Sig. (p)
Bioteknologi	30	61,3±8,2	78,9±6,4	0,62	Sedang	0,000
Biologi Sel	30	62,1±8,5	80,2±6,1	<b>0,64</b>	Sedang	<b>0,000</b>

Berdasarkan Tabel 1, kedua mata kuliah menunjukkan peningkatan yang signifikan ( $p < 0,05$ ) dari *pre-test* ke *post-test* setelah implementasi AILE. Rerata *pre-test* Bioteknologi sebesar 61,3 meningkat menjadi 78,9 (N-Gain = 0,62), sementara rerata *pre-test* Biologi Sel sebesar 62,1 meningkat menjadi 80,2 (N-Gain = 0,64). Kedua nilai N-Gain berada dalam kategori sedang mendekati tinggi, mengindikasikan

bahwa AILE memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan hasil belajar kognitif mahasiswa.

Temuan ini konsisten dengan penelitian Chen et al. (2021) yang melaporkan bahwa sistem pembelajaran adaptif berbasis AI secara konsisten meningkatkan capaian akademik dibandingkan pendekatan non-adaptif, khususnya pada mata pelajaran yang memiliki hierarki konsep yang kompleks. Dalam konteks biologi molekuler dan sel, di mana pemahaman konsep satu topik menjadi prasyarat untuk topik berikutnya, adaptivitas AILE dalam menyesuaikan sequencing materi terbukti sangat relevan.

**B. Peningkatan per Dimensi Kognitif Taksonomi Bloom**

Analisis lebih mendalam terhadap perolehan skor per dimensi kognitif Taksonomi Bloom mengungkapkan pola peningkatan yang menarik. Tabel 2 menyajikan rerata skor *pre-test*, *post-test*, dan N-Gain per dimensi untuk kedua mata kuliah.

**Tabel 2. N-Gain per Dimensi Kognitif Taksonomi Bloom**

Dimensi	Bio-Pre	Bio-Post	Bio-NG	BS-Pre	BS-Post	BS-NG
C1 — Mengingat	72,4	85,3	0,47	73,1	86,0	0,48
C2 — Memahami	65,2	80,7	0,45	66,4	81,8	0,46
C3 — Mengaplikasikan	60,1	78,5	0,46	61,3	79,2	0,46
C4 — Menganalisis	55,3	76,8	0,48	56,8	78,0	0,49
C5 — Mengevaluasi	52,7	75,4	0,48	54,1	76,9	0,50
Sig. — Mencipta	48,6	72,3	0,46	49,8	73,5	0,47

Keterangan: Bio = Bioteknologi, BS = Biologi Sel, NG = N-Gain

Data pada Tabel 2 mengungkapkan bahwa meskipun semua dimensi kognitif mengalami peningkatan bermakna, dimensi C4 (Menganalisis) dan C5 (Mengevaluasi) menunjukkan persentase kenaikan absolut yang paling tinggi secara komparatif. Pada mata kuliah Bioteknologi, skor C4 meningkat dari 55,3 menjadi 76,8 ( $\Delta = 21,5$  poin), dan C5 dari 52,7 menjadi 75,4 ( $\Delta = 22,7$  poin). Pola serupa ditemukan pada Biologi Sel.

Peningkatan signifikan pada dimensi tingkat tinggi (HOTS — Higher Order Thinking Skills) ini merupakan temuan yang sangat bermakna. Secara tradisional, HOTS adalah dimensi yang paling sulit ditingkatkan dalam pembelajaran biologi karena menuntut kemampuan mahasiswa untuk menghubungkan antar-konsep, mengevaluasi data, dan membangun argumen ilmiah — keterampilan yang tidak berkembang hanya melalui paparan konten pasif (Krathwohl, 2002).

AILE berkontribusi pada peningkatan HOTS melalui dua mekanisme utama. Pertama, fitur kuis adaptif yang secara otomatis meningkatkan level kognitif pertanyaan ketika mahasiswa berhasil menjawab soal C1–C2 dengan benar — mendorong mahasiswa secara bertahap ke level berpikir yang lebih tinggi. Kedua, sistem umpan balik cerdas berbasis AI yang tidak hanya memberikan konfirmasi benar/salah, tetapi juga mengajukan pertanyaan lanjutan yang menantang mahasiswa berpikir analitis dan evaluatif. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip scaffolding Vygotsky (1978) tentang Zone of Proximal Development — sistem AI berperan sebagai 'more knowledgeable other' yang memberikan dukungan tepat pada level yang sedikit di atas kemampuan aktual mahasiswa.

Dimensi C6 (Mencipta) menunjukkan N-Gain terendah di antara semua dimensi (0,46–0,47) meskipun tetap dalam kategori sedang. Hal ini dapat dipahami mengingat C6 menuntut mahasiswa menghasilkan karya atau solusi orisinal — sebuah kemampuan yang perkembangannya bersifat kumulatif dan membutuhkan waktu lebih panjang serta pengalaman belajar yang lebih beragam. Temuan ini menunjukkan bahwa untuk benar-benar mengoptimalkan dimensi kreativitas, AILE perlu diintegrasikan dengan tugas berbasis proyek yang memberikan ruang ekspresi kreatif yang lebih eksplisit.

### C. Perbedaan Hasil Belajar antar Mata Kuliah

Meskipun kedua mata kuliah menunjukkan peningkatan yang signifikan, rerata N-Gain Biologi Sel (0,64) sedikit lebih tinggi dari

Bioteknologi (0,62). Perbedaan ini tidak signifikan secara statistik ( $p = 0,412$ ), namun dapat dijelaskan secara pedagogis. Biologi Sel memiliki karakteristik konten yang lebih bersifat mekanistik-visual (proses transpor membran, siklus sel, jalur sinyal) yang sangat sesuai dengan format modul digital AILE yang dapat menyajikan animasi proses dan visualisasi dinamis.

Di sisi lain, Bioteknologi memiliki konten yang lebih luas cakupannya dan mencakup lebih banyak aplikasi terkini (CRISPR, biofuel, FMT) yang membutuhkan pembaruan informasi secara kontinu. Hal ini menuntut sistem AI untuk secara proaktif menyertakan informasi terkini dalam konten adaptifnya — sebuah kapabilitas yang akan semakin optimal seiring dengan pembaruan model AI yang digunakan.

Temuan ini konsisten dengan argumen Mayer (2009) bahwa desain multimedia yang baik memiliki dampak lebih besar pada topik-topik yang memiliki representasi visual yang kaya. Implikasinya, pengembangan AILE ke depan perlu lebih memperkaya komponen visual interaktif pada Bioteknologi untuk menyetarakan efektivitasnya dengan Biologi Sel.

### D. Kepuasan Mahasiswa terhadap AILE

Analisis kuesioner kepuasan belajar menunjukkan respons yang sangat positif dari mahasiswa terhadap implementasi AILE. Rerata skor kepuasan keseluruhan adalah 4,21/5,00 (Bioteknologi) dan 4,19/5,00 (Biologi Sel). Aspek yang mendapat skor tertinggi adalah adaptivitas konten (4,38) dan kecepatan umpan balik AI (4,35), sementara skor terendah diberikan pada aspek ketersediaan konten visual (3,86) dan variasi jenis latihan soal (3,91).

Tingginya kepuasan terhadap adaptivitas mengonfirmasi relevansi pedagogis dari desain AILE. Mahasiswa menghargai kemampuan sistem untuk menyesuaikan diri dengan kecepatan dan gaya belajar mereka, yang secara langsung mengurangi rasa frustrasi akibat konten yang terlalu mudah atau terlalu sulit. Temuan ini sejalan dengan penelitian Halverson & Graham (2019) yang menunjukkan bahwa personalisasi

adalah faktor kunci kepuasan dan keterlibatan mahasiswa dalam lingkungan belajar digital.

Catatan kritis dari mahasiswa terutama berkaitan dengan ketergantungan pada koneksi internet yang stabil dan kekhawatiran tentang privasi data. Ini adalah tantangan infrastruktur yang perlu diantisipasi dalam implementasi skala yang lebih luas, terutama mengingat disparitas akses internet di berbagai wilayah Indonesia.

#### IV. KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa implementasi AI-Enhanced Learning Environment (AILE) secara signifikan meningkatkan hasil belajar mahasiswa pada mata kuliah Bioteknologi (N-Gain = 0,62) dan Biologi Sel (N-Gain = 0,64) di Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Pasundan, keduanya berada pada kategori sedang. Peningkatan paling menonjol terjadi pada dimensi kognitif tingkat tinggi, khususnya C4 (Menganalisis) dan C5 (Mengevaluasi), menunjukkan bahwa AILE tidak hanya efektif dalam mengembangkan pemahaman dasar, tetapi juga mampu mendorong perkembangan kemampuan berpikir kritis mahasiswa.

Tingkat kepuasan mahasiswa yang tinggi (rerata 4,20/5,00) terhadap adaptivitas konten dan kecepatan umpan balik AI mengonfirmasi penerimaan teknologi ini sebagai komponen pembelajaran yang bermakna. Penelitian lanjutan dengan desain penelitian yang lebih ketat (randomized controlled trial), cakupan mata kuliah yang lebih luas, dan pengukuran retensi jangka panjang diperlukan untuk memperkuat generalisasi temuan. Selain itu, pengembangan komponen visual interaktif dan optimasi kapabilitas kreativitas dalam AILE menjadi agenda penelitian yang mendesak.

#### . UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Pasundan atas partisipasinya dalam penelitian ini, serta kepada lembaga yang telah mendukung pelaksanaan penelitian melalui hibah penelitian internal Universitas Pasundan tahun anggaran 2025/2026

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. Longman.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. Freeman.
- Chen, X., Zou, D., Xie, H., & Cheng, G. (2021). Twenty years of personalized language learning: Topic modeling and knowledge mapping. *Educational Technology & Society*, 24(1), 205–222.
- Dweck, C. S. (2006). *Mindset: The new psychology of success*. Random House.
- Halverson, L. R., & Graham, C. R. (2019). Learner engagement in blended learning environments: A conceptual framework. *Online Learning*, 23(2), 145–178. <https://doi.org/10.24059/olj.v23i2.1481>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Kalyuga, S. (2011). Cognitive load theory: How many types of load does it really need? *Educational Psychology Review*, 23(1), 1–19. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9150-7>
- Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into Practice*, 41(4), 212–218. [https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104\\_2](https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_2)
- Luckin, R. (2018). *Machine learning and human intelligence: The future of education for the 21st century*. UCL IOE Press.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1–4. [https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801\\_1](https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_1)
- Reeve, J. (2012). A self-determination theory perspective on student engagement. In S. L. Christenson, A. L. Reschly, & C. Wylie (Eds.), *Handbook of research on student engagement* (pp. 149–172). Springer.

- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285.  
[https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202\\_4](https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4)
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*. Jossey-Bass.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- World Economic Forum. (2020). *The future of jobs report 2020*. WEF. Diakses dari <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020>
- Zimmerman, B. J. (2000). Attaining self-regulation: A social cognitive perspective. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 13–39). Academic Press.

## Profil Kualitas Esai Ilmiah Siswa SMA dalam Kompetisi Biologi: Analisis Skor Per Aspek Penilaian dan Subtema di *Biology Grand Arena* 2026

Ulfa Zahrani<sup>1\*</sup>, Salsabilla Maharani<sup>2</sup>, Nur Faridah<sup>3</sup>, Amelia Savitri Zairul<sup>4</sup>, Uridia Ulya<sup>5</sup>,  
Imroatus Solichah<sup>6</sup>, Bambang Supriatno<sup>7</sup>, Saefuddin<sup>8</sup>, Sariwulan Diana<sup>9</sup>  
Program Studi Pendidikan Biologi, FPMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia  
Jl. Dr. Setiabudhi No. 229, Bandung, Jawa Barat 40154, Indonesia  
\*e-mail korespondensi: [ulfazahrani0411@gmail.com](mailto:ulfazahrani0411@gmail.com)

### Abstrak

Penelitian ini memetakan profil kualitas esai ilmiah siswa SMA peserta *Biology Grand Arena* (BGA) 2026 menggunakan rubrik analitik multidimensi, untuk mengidentifikasi aspek penilaian yang paling kuat dan paling lemah sebagai dasar perbaikan pembelajaran biologi SMA. Data diperoleh dari 29 esai yang dinilai oleh tiga juri pada lima aspek yaitu relevansi tema, kedalaman analisis, kekuatan argumentasi, inovasi solusi, serta struktur dan bahasa. Analisis deskriptif menunjukkan bahwa aspek struktur dan bahasa serta relevansi tema memiliki capaian tertinggi (73,4% dan 70,7%), sedangkan kedalaman analisis menempati posisi terendah (57,3%), menandakan kesenjangan kemampuan peserta dalam mengintegrasikan pengetahuan biologis secara mendalam. Korelasi Pearson menunjukkan hubungan signifikan antara seluruh aspek penilaian ( $p < 0,01$ ), dengan korelasi terkuat antara analisis dan argumentasi ( $r = 0,899$ ), yang menegaskan bahwa keterampilan analitis merupakan fondasi bagi argumentasi ilmiah. Hasil uji *One-Way* ANOVA menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan skor esai antar subtema ( $F = 0,514$ ;  $p = 0,726$ ). Temuan ini memberikan profil empiris kualitas esai ilmiah siswa SMA dalam konteks kompetisi biologi yang dapat menjadi dasar perancangan intervensi pembelajaran yang lebih terarah pada penguatan kemampuan analisis ilmiah di jenjang SMA.

Kata Kunci: Argumentasi Ilmiah, Asesmen Autentik, Esai Ilmiah, HOTS, Pendidikan Biologi.

### Abstract

*This study maps the quality profile of scientific essays written by high school students participating in Biology Grand Arena (BGA) 2026 using a multidimensional analytic rubric, in order to identify the strongest and weakest assessment aspects as a basis for improving high school biology instruction. Data were obtained from 29 essays evaluated by three judges across five aspects: thematic relevance, depth of analysis, strength of argumentation, solution innovation, and structure and language. Descriptive analysis indicates that the structure-and-language aspect achieved the highest score (73.4%), followed by thematic relevance (70.7%), while depth of analysis was the lowest (57.3%), indicating disparities in participants' ability to integrate biological knowledge. Pearson correlation analysis revealed significant relationships among all scoring aspects ( $p < 0.01$ ), with the strongest correlation between analysis and argumentation ( $r = 0.899$ ), confirming that analytical skill underpins scientific argumentation. One-Way ANOVA results showed no significant difference in essay scores across subtopics ( $F = 0.514$ ;  $p = 0.726$ ). These findings provide an empirical quality profile of high school students' scientific essays in a biology competition context that can inform more targeted instructional interventions to strengthen scientific analysis skills.*

*Keywords: Authentic Assessment, Biology Education, HOTS, Scientific Argumentation, Scientific Essay.*

## I. PENDAHULUAN

Pendidikan biologi abad ke-21 menuntut peserta didik tidak hanya menguasai konsep, tetapi juga mampu menginterpretasikan fenomena biologis secara kritis dan menggunakan bukti ilmiah dalam memahami persoalan lingkungan dan kehidupan nyata, seperti perubahan iklim, penurunan kualitas lingkungan, dan hilangnya keanekaragaman hayati. Kemampuan *scientific literacy* dan

*higher order thinking skills* (HOTS) menjadi kompetensi inti yang perlu dikembangkan secara sistematis, karena peserta didik perlu mampu mengidentifikasi pertanyaan ilmiah, menjelaskan fenomena secara saintifik, dan menggunakan bukti empiris dalam pengambilan keputusan (OECD, 2018). Kompetensi tersebut hanya dapat berkembang melalui pendekatan pembelajaran yang secara eksplisit mendorong penalaran berbasis data dan argumentasi ilmiah, bukan melalui

pembelajaran berbasis hafalan (Fisher & Systems Thinking Association, 2023; Jackson et al., 2023).

Kemampuan argumentasi ilmiah berbasis bukti menjadi bagian penting dalam membantu peserta didik menjelaskan fenomena biologis secara logis, yaitu menyusun klaim, menggunakan data, dan memberikan justifikasi ilmiah (Probosari et al., 2022). Namun, temuan Tanfiziyah dan Rochintaniawati (2021) pada pembelajaran biologi online menunjukkan bahwa argumentasi siswa dalam merespons isu sosiosaintifik masih didominasi oleh klaim (68%) tanpa *warrant* maupun *rebuttal*, mengindikasikan bahwa komponen argumentasi tingkat lanjut masih perlu dilatihkan secara eksplisit. Kemampuan tersebut beririsan langsung dengan keterampilan menulis ilmiah, yang tidak hanya berkaitan dengan kebahasaan, tetapi juga proses mengorganisasikan gagasan, menganalisis masalah, dan mengintegrasikan bukti ke dalam tulisan yang sistematis (Karim, 2023).

Penulisan esai ilmiah merupakan bentuk asesmen autentik yang relevan dalam pendidikan biologi karena mengevaluasi tidak hanya penguasaan konsep, tetapi juga kemampuan peserta didik mengintegrasikan pengetahuan, menyusun argumentasi, dan mengomunikasikan gagasan secara tertulis melalui tugas yang kontekstual dan bermakna (Swaffield, 2011; O'Malley & Pierce, 1996). Esai ilmiah memungkinkan peserta didik mengamati fenomena biologis, menganalisis hubungan sebab-akibat, dan merumuskan solusi berbasis sains secara sistematis (Brown & Abeywickrama, 2010), serta mampu mengungkap kualitas argumentasi dan kemampuan berpikir tingkat tinggi yang sering tidak teridentifikasi melalui tes objektif konvensional (Kuhn, 2019; Osborne, 2010).

*Biology Grand Arena* (BGA) 2026 merupakan kompetisi biologi tingkat SMA yang menggunakan penulisan esai ilmiah berbasis fenomena biologis kontekstual sebagai instrumen penilaian, dengan rubrik analitik yang memungkinkan evaluasi multidimensional terhadap kualitas berpikir ilmiah peserta (Brown & Abeywickrama, 2010). Studi-studi terdahulu dalam pendidikan biologi sebagian besar masih berfokus pada

pengembangan model pembelajaran atau keterampilan tertentu di ruang kelas, sehingga kajian yang secara khusus memetakan kualitas esai ilmiah siswa SMA dalam konteks kompetisi akademik berbasis rubrik analitik, khususnya berdasarkan aspek penilaian dan subtema yang dipilih peserta secara mandiri masih sangat terbatas di Indonesia.

Penelitian ini berupaya mengisi kekosongan tersebut dengan memetakan kualitas esai ilmiah siswa SMA pada konteks kompetisi biologi nyata (bukan tugas kelas terkontrol) menggunakan rubrik analitik multidimensi, sekaligus menghubungkan profil skor per aspek dengan pola korelasi antar kemampuan argumentasi ilmiah untuk mengidentifikasi aspek yang paling kuat dan paling lemah secara empiris. Pendekatan ini berbeda dari kajian sebelumnya yang umumnya mengevaluasi esai secara holistik atau dalam konteks pembelajaran terstruktur di kelas. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis profil kualitas esai ilmiah siswa SMA peserta BGA 2026 berdasarkan skor pada setiap aspek penilaian dan subtema, serta mengidentifikasi keterkaitan antar aspek tersebut, sehingga hasilnya dapat menjadi masukan empiris bagi pengembangan pembelajaran biologi yang lebih terarah pada penguatan kemampuan analisis dan argumentasi ilmiah di jenjang SMA.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif-komparatif berbasis analisis dokumen (*document analysis*), karena data bersumber dari dokumen hasil penilaian esai ilmiah sehingga tidak memerlukan intervensi terhadap subjek penelitian (Creswell & Creswell, 2023; Dalglish et al., 2020). Pendekatan deskriptif digunakan untuk memaparkan profil skor esai per aspek penilaian, sedangkan komponen komparatif digunakan untuk membandingkan skor antar subtema menggunakan uji statistik parametrik setelah pengujian asumsi normalitas.

### B. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan bersamaan dengan penyelenggaraan *Biology Grand Arena* (BGA) 2026 di Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung. Data esai ilmiah

dikumpulkan pada Januari - Maret 2026, mencakup periode penerimaan naskah, penilaian oleh juri, hingga pengumpulan data skor akhir.

### C. Sumber Data

Sumber data dalam penelitian ini adalah naskah esai ilmiah peserta BGA 2026 beserta lembar penilaian digital yang dikelola dalam Google Sheets oleh panitia BGA 2026. Dokumen esai asli juga dikaji secara kualitatif untuk memberikan contoh karakteristik esai berkualitas tinggi dan rendah berdasarkan rubrik, sehingga temuan statistik dapat diinterpretasikan secara kontekstual.

### D. Populasi dan Sampel

Populasi sekaligus sampel penelitian adalah seluruh 29 esai ilmiah yang dikumpulkan pada tahap seleksi BGA 2026, ditulis oleh tim peserta SMA dari berbagai daerah di Indonesia yang mendaftar secara sukarela dan melewati tahap administrasi sebelum dinilai. Total sampling digunakan mengingat jumlah esai yang terbatas ( $n = 29$ ) sehingga tidak diperlukan prosedur pengambilan sampel (Creswell & Creswell, 2023). Identitas tim peserta disamarkan dengan nama kode selama proses analisis untuk menjaga kerahasiaan dan objektivitas penilaian.

### E. Instrumen Penilaian Esai

Instrumen penilaian yang digunakan adalah rubrik analitik dengan lima aspek berbobot berbeda: (1) relevansi tema (20%), (2) kedalaman analisis ilmiah (25%), (3) kekuatan argumentasi (20%), (4) inovasi solusi (20%), dan (5) struktur dan bahasa penulisan (15%), dengan total skor maksimal 100 poin. Rubrik analitik dipilih karena memungkinkan evaluasi yang lebih transparan dan multidimensional dibandingkan rubrik holistik (Yeo et al., 2024). Setiap esai dinilai secara independen oleh tiga juri berpengalaman di bidang pendidikan biologi, dan skor yang digunakan dalam analisis merupakan rata-rata dari ketiga juri.

### F. Validitas dan Reliabilitas Rubrik

Keabsahan dan keterandalan data dijamin melalui beberapa prosedur kontrol kualitas. Pertama, selisih skor total maksimum antar juri untuk setiap esai dihitung sebagai indikator konsistensi antarpemilai, esai dengan selisih  $\geq 15$  poin dikategorikan memerlukan kalibrasi (*inter-rater calibration*). Hasil rekapitulasi

menunjukkan selisih skor antar juri berkisar antara 4,50 hingga 39,00 poin ( $M = 22,02$ ;  $SD = 8,72$ ), dan sebanyak 23 dari 29 esai (79,3%) memenuhi ambang kalibrasi tersebut. Tingginya proporsi ini menunjukkan variabilitas penilaian antarjuri yang cukup besar dan menjadi catatan penting bagi interpretasi data.

Kedua, perlu diakui secara eksplisit bahwa data yang tersedia berupa skor rata-rata per tim dan selisih skor total antarjuri, tanpa rekaman skor mentah setiap juri pada tiap aspek penilaian. Kondisi ini menyebabkan penghitungan koefisien reliabilitas antarjuri seperti *Intraclass Correlation Coefficient* (ICC) atau *Cronbach's alpha* antarjuri tidak dapat dilakukan secara akurat pada penelitian ini, sehingga selisih skor antar juri tetap digunakan sebagai proksi reliabilitas, sejalan dengan pendekatan yang dilaporkan Yeo et al. (2024), namun dengan penguatan berupa statistik deskriptif selisih skor (rentang, rata-rata, dan SD) di atas. Keterbatasan ini menjadi catatan metodologis yang ditindaklanjuti sebagai rekomendasi bagi penyimpanan data penilaian pada penyelenggaraan kompetisi berikutnya, yakni pencatatan skor mentah setiap juri per aspek agar analisis ICC dapat dilakukan.

Ketiga, triangulasi dilakukan dengan menggabungkan data skor kuantitatif dan kajian kualitatif terhadap naskah esai asli.

### G. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui empat tahap mengacu pada pendekatan READ (*Ready, Extract, Analyse, Distil*) yang dikembangkan Dalglish et al. (2020): (1) persiapan dokumen; (2) ekstraksi skor per aspek per juri ke tabel induk; (3) verifikasi ulang entri skor dan kalkulasi rata-rata; serta (4) analisis data sesuai rencana yang ditetapkan. Tahap verifikasi dilakukan oleh dua anggota tim peneliti secara independen.

### H. Teknik Analisis Data

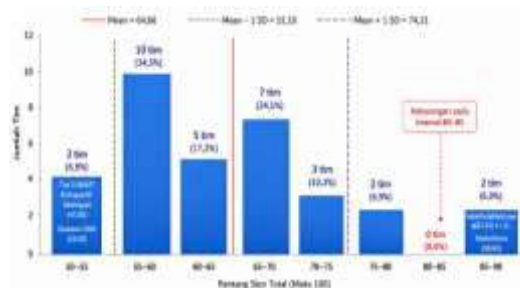
Analisis data dilakukan menggunakan statistik deskriptif dan inferensial parametrik dengan SPSS versi 27 dan Microsoft Excel. (1) Analisis deskriptif digunakan untuk menghitung mean dan SD skor total maupun per aspek; (2) normalitas distribusi diverifikasi menggunakan uji Shapiro-Wilk ( $p > 0,05$  menunjukkan distribusi normal); (3) One-Way ANOVA digunakan untuk membandingkan

rata-rata skor total di antara lima subtema (Field, 2018); (4) korelasi Pearson digunakan untuk mengeksplorasi kekuatan dan arah hubungan antar lima aspek penilaian; dan (5) analisis dokumen kualitatif dilakukan untuk mengidentifikasi karakteristik esai berkualitas tinggi dan rendah.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Distribusi Skor Total Esai Peserta

Skor maksimal yang dapat diperoleh setiap esai adalah 100 poin, merupakan akumulasi dari kelima aspek penilaian: Relevansi Tema (20 poin), Kedalaman Analisis (25 poin), Kekuatan Argumentasi (20 poin), Inovasi Solusi (20 poin), dan Struktur serta Bahasa (15 poin). Berdasarkan skor rata-rata 29 tim, diperoleh mean = 64,66; median = 63,67; SD = 9,56; skor minimum 47,00; dan skor maksimum 90,00 (rentang = 43,00). Garis  $\pm 1$  SD berada pada rentang 55,10 sampai 74,21.



Gambar 1. Distribusi skor total rata-rata 29 tim peserta *Biology Grand Arena 2026*

Distribusi skor cenderung miring ke kanan (*positively skewed*). Konsentrasi terbanyak berada pada kelas 55 - 60 dengan 10 tim (34,5%), diikuti kelas 65 - 70 dengan 7 tim (24,1%). Sebanyak 20 tim (69,0%) memperoleh skor antara 55 dan 70, menunjukkan bahwa mayoritas peserta berada pada kisaran sedang. Hanya 3 tim (10,3%) yang melampaui ambang mean + 1 SD (> 74,21), yaitu Tesiluriforce (90,00), IndahPadaWaktunya (87,33), dan Biocomplex (77,67), menunjukkan bahwa pencapaian jauh di atas rata-rata relatif langka. Terdapat kekosongan pada interval 80 - 85, menciptakan jurang yang jelas antara Biocomplex (77,67) dan dua tim performa tertinggi (87,33 dan 90,00), yang dapat dipandang sebagai pencilon positif. Sebaliknya, 2 tim (6,9%) berada di bawah ambang mean - 1 SD (< 55,10), yaitu Tim 1 SMAIT Al-Irsyad Al-Islamiyyah (47,00) dan Quantum ABA (54,50). Rentang antar-kuartil

(IQR = 11,33; Q1 = 57,67; Q3 = 69,00) menunjukkan bahwa separuh tim terkonsentrasi pada rentang skor yang relatif sempit, mengindikasikan persaingan ketat pada kelompok tengah.

Tabel 1. Urutan Skor dan Statistik Deskriptif Peserta *Biology Grand Arena 2026*

Peringkat	Nama Tim	Skor Rata-Rata
1	Tesiluriforce	90,00
2	IndahPadaWaktunya	87,33
3	Biocomplex	77,67
4	Algavera	72,33
5	Niners Ngawi	72,33
6	Cleaning serFISH	71,67
7	Inilah Duo Trio	71,00
8	Stom-Amat-A	69,00
9	Oryza Sativa	68,00
10	Genovicta	67,67
11	Monera	67,00
12	Amphibers	66,33
13	StrawVolution	66,00
14	Dream Team	65,67
15	Equaterra	63,67
16	Calon Dokter	63,00
17	Dewa Macaca	61,00
18	Ayam Geprek	59,00
19	Biobestieq Gen Hijau	58,83
20	Tim 2 SMAIT Al Irsyad	58,00
21	Student High	57,83
22	Eco-Logic Squad	57,67
23	Smaywka	57,67
24	Heliocentra	57,67
25	SMP (Sudah Menang Pulang)	56,33
26	Oxygenk	55,50
27	C.B.D Team	55,33
28	Quantum ABA	54,50
29	Tim 1 SMAIT Al-Irsyad	47,00

#### Statistik Deskriptif

Mean	64,66
Median	63,37
Std. Deviasi	9,56
Nilai Minimum	47,00
Nilai Maksimum	90,00
Rentang	43,00

Tabel 1 menunjukkan rentang prestasi yang luas di antara 29 tim, dengan selisih 43,00 poin antara skor terendah dan tertinggi. Tesiluriforce menempati posisi puncak (90,00), unggul 2,67 poin dari IndahPadaWaktunya (87,33) dan sekitar 25 poin di atas rata-rata kelompok. Tiga

tim teratas (Tesiluriforce, IndahPadaWaktunya, Biocomplex) berada di atas ambang mean + 1 SD, menunjukkan konsistensi keunggulan lintas aspek penilaian. Sebaliknya, dua tim berada di bawah ambang mean - 1 SD, dengan kelemahan yang nampak terutama pada Kedalaman Analisis dan Inovasi Solusi yang merupakan dua aspek dengan capaian terendah secara keseluruhan (lihat bagian B). Klaster tengah cukup padat, dengan selisih peringkat yang kecil pada beberapa posisi, mencerminkan bahwa kemampuan menghadirkan analisis mendalam dan solusi orisinal menjadi faktor pembeda utama antara tim unggulan dan kelompok tengah, sejalan dengan temuan

Wiggins dan McTighe (2005) bahwa asesmen autentik efektif membedakan kualitas penalaran peserta didik secara multidimensional.

**B. Profil Skor Per Aspek Penilaian**

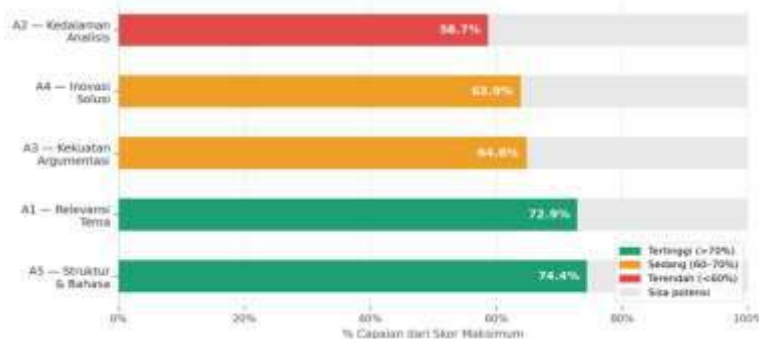
Untuk memahami kekuatan dan kelemahan peserta secara lebih terperinci, dilakukan analisis pada level aspek penilaian. Persentase capaian terhadap skor maksimum masing-masing aspek digunakan sebagai metrik perbandingan yang lebih adil karena mempertimbangkan perbedaan bobot antar aspek.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Skor Per Aspek Penilaian Esai

Aspek	Maks	Mean	Median	SD	Min	Maks aktual	% Capaian	Peringkat
Aspek Relevansi Tema	20	14,14	14,00	2,04	10,0	19,0	70,7%	#2
Aspek Kedalaman Analisis	25	14,33	14,00	2,91	10,0	22,0	57,3%	#5 (terendah)
Aspek Kekuatan Argumentasi	20	12,75	12,50	2,02	10,0	18,0	63,7%	#3
Aspek Inovasi Solusi	20	12,42	12,00	2,43	8,0	18,0	62,1%	#4
Aspek Struktur & Bahasa	15	11,02	11,00	1,30	8,33	13,0	73,4%	#1 (tertinggi)

Tabel 2 memperlihatkan kontras menarik antara bobot penilaian dan capaian peserta. Aspek Struktur & Bahasa mencapai persentase capaian tertinggi (73,4%) meskipun memiliki bobot paling kecil (15 poin), dengan SD paling rendah (1,30) yang menggambarkan pemerataan kualitas antar tim. Relevansi Tema menempati posisi kedua (70,7%). Di sisi lain,

Kedalaman Analisis tercatat sebagai aspek dengan capaian terendah (57,3%), walaupun memiliki bobot terbesar (25 poin), dengan SD tertinggi (2,91) yang mengindikasikan variasi kemampuan analitis yang signifikan antar tim. Inovasi Solusi (62,1%) dan Kekuatan Argumentasi (63,7%) menempati posisi tengah.



Gambar 2. Perbandingan % capaian rata-rata per aspek terhadap skor maksimum

Pola capaian ini mengindikasikan bahwa peserta BGA 2026 pada umumnya telah menguasai konvensi penulisan dan pemilihan topik, namun kemampuan untuk melakukan analisis mendalam dan menghasilkan solusi orisinal masih belum merata. Kondisi ini

memiliki implikasi penting bagi pembelajaran biologi yaitu, Kurikulum Merdeka menekankan kompetensi berpikir kritis dan kreatif yang justru tercermin pada aspek Kedalaman Analisis dan Inovasi Solusi, dua aspek dengan capaian terendah dalam penelitian ini. Temuan

ini sejalan dengan hasil Kuhn (2019) yang menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis sebagai wacana membutuhkan latihan eksplisit dan berkelanjutan.

Temuan serupa dilaporkan oleh Bustami dkk. (2022) dalam studi meta-analisis

**C. Perbandingan Skor Antar Subtema**

Analisis statistik deskriptif terhadap total skor esai menunjukkan variasi yang bermakna di antara lima subtema yang dipilih. Secara keseluruhan, data skor peserta mencakup rentang nilai antara 47,00 hingga 90,00 dengan rata-rata umum sebesar 64,33 (SD = 9,56), mengindikasikan heterogenitas kemampuan peserta yang cukup luas.

pembelajaran kooperatif, yang menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis siswa sains cenderung sulit berkembang tanpa model pembelajaran yang secara khusus dirancang untuk melatihnya secara eksplisit.

Tabel 3. Statistik Deskriptif Total Skor Esai per Subtema

Subtema	N	Mean	Median	SD	Min	Maks
Perubahan Mikroklimat	4	60,58	59,92	5,635	54,50	68,00
Keanekaragaman Hayati	6	61,94	60,67	6,075	55,33	71,00
Adaptasi Organisme	1	71,67	71,67	–	71,67	71,67
Mikroorganisme & Lingkungan	3	64,78	59,00	11,182	57,67	77,67
Solusi Biologis Berkelanjutan	15	66,33	66,00	11,423	47,00	90,00

Subtema Adaptasi Organisme memperoleh rata-rata tertinggi (71,67), tetapi hanya diwakili satu peserta (n = 1) sehingga tidak dapat diinterpretasikan sebagai representasi populasi. Keterbatasan ini memengaruhi langsung kekuatan uji beda pada bagian D. Subtema Solusi Biologis Berkelanjutan, kelompok terbesar (n = 15), menunjukkan rata-rata 66,33 (SD = 11,423) dengan rentang skor yang sangat lebar (47,00 - 90,00), mengindikasikan bahwa subtema ini mampu membedakan kemampuan peserta secara lebih nyata, selaras dengan temuan Brookhart (2013) bahwa rubrik yang terbuka terhadap solusi inovatif cenderung menghasilkan varian skor lebih tinggi.

Subtema Mikroorganisme & Lingkungan mencatat rata-rata 64,78 (SD = 11,182; n = 3), dengan selisih mean-median yang mengindikasikan distribusi tidak simetris akibat nilai ekstrem. Subtema Perubahan Mikroklimat memperlihatkan rata-rata terendah (60,58; SD = 5,635; n = 4) dengan rentang lebih sempit, mencerminkan homogenitas kemampuan peserta yang lebih tinggi namun juga keterbatasan eksplorasi dimensi konseptual perubahan iklim mikro. Subtema Keanekaragaman Hayati (n = 6, mean = 61,94) berada di bawah rata-rata keseluruhan, mengisyaratkan bahwa penguasaan argumentasi konservasi berbasis data pada tema ini masih perlu diperkuat (Rustaman, 2011).

**D. Hasil One-Way ANOVA**

Normalitas distribusi diverifikasi menggunakan uji Shapiro-Wilk, dengan hasil yang mengonfirmasi distribusi normal (p > 0,05), sehingga One-Way ANOVA layak digunakan untuk menguji perbedaan rata-rata skor di antara kelima subtema.

Tabel 4. Hasil *One-Way* ANOVA Perbandingan Skor Esai Antar Subtema

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	201.881	4	50.470	.514	.726
Within Groups	2356.733	24	98.197		
Total	2558.614	28			

Hasil ANOVA menunjukkan  $F = 0,514$  dengan  $p = 0,726$  ( $p > 0,05$ ), sehingga hipotesis nol yang menyatakan tidak terdapat perbedaan rata-rata skor antar subtema gagal ditolak. Hasil ini perlu dibaca secara hati-hati mengingat ukuran subtema yang sangat tidak seimbang. Subtema Adaptasi Organisme hanya memiliki satu esai ( $n = 1$ ), sehingga kekuatan statistik uji beda ini terbatas dan tidak dapat digunakan untuk menyimpulkan kesetaraan performa antar subtema secara definitif. Dengan keterbatasan tersebut, hasil tidak signifikan ini paling tepat diinterpretasikan sebagai indikasi bahwa kemampuan peserta relatif merata pada

subtema dengan jumlah peserta memadai (Keaneekaragaman Hayati, Mikroorganisme & Lingkungan, Perubahan Mikroklimat, Solusi Biologis Berkelanjutan), sementara subtema dengan  $n = 1$  sebaiknya dimaknai secara deskriptif saja. Rosenshine (2012) mencatat bahwa ketika peserta memiliki latar belakang keterampilan dasar yang relatif setara, perbedaan topik tidak selalu menghasilkan perbedaan performa yang signifikan, kondisi yang sejalan dengan profil kemampuan dasar peserta BGA 2026 dan *scientific reasoning* secara optimal.

### E. Korelasi Antar Aspek Penilaian

Analisis korelasi Pearson dilakukan untuk mengidentifikasi kekuatan dan arah hubungan di antara lima aspek penilaian esai. Tabel 5 menyajikan statistik deskriptif masing-masing aspek, dan Tabel 6 menampilkan matriks korelasi Pearson lengkap.

Tabel 5. Statistik Deskriptif Aspek Penilaian Esai (N = 29)

Statistik	Relevansi (20)	Analisis (25)	Argumentasi (20)	Inovasi (20)	Struktur (15)
Mean	14,14	14,33	12,75	12,42	11,02
Standar Deviasi	2,044	2,911	2,024	2,433	1,302
Minimum	10,00	10,00	10,00	8,00	8,33
Maksimum	19,00	22,00	18,00	18,00	13,00

Tabel 6. Matriks Korelasi Pearson Antar Aspek Penilaian Esai

Aspek	Relevansi	Analisis	Argumentasi	Inovasi	Struktur
Relevansi	1,000	0,822**	0,634**	0,772**	0,540**
Analisis	0,822**	1,000	0,899**	0,818**	0,690**
Argumentasi	0,634**	0,899**	1,000	0,719**	0,672**
Inovasi	0,772**	0,818**	0,719**	1,000	0,539**
Struktur	0,540**	0,690**	0,672**	0,539**	1,000

\*\* Korelasi signifikan pada taraf 0,01 (2-tailed).

Seluruh pasangan aspek menunjukkan korelasi positif yang signifikan pada taraf 99% ( $p < 0,01$ ). Korelasi terkuat ditemukan antara Analisis dan Argumentasi ( $r = 0,899$ ), yang secara empiris menegaskan bahwa kemampuan menganalisis fenomena biologis secara sistematis merupakan prasyarat bagi terbentuknya argumentasi ilmiah yang valid. Pola yang konsisten dengan temuan bahwa Kedalaman Analisis justru menjadi aspek paling lemah peserta (Tabel 2). Hal ini berarti intervensi pedagogis yang menasar kemampuan analisis berpotensi memberi efek

ganda terhadap kualitas argumentasi peserta secara simultan.

Korelasi sangat kuat juga teridentifikasi antara Relevansi dan Analisis ( $r = 0,822$ ) serta antara Analisis dan Inovasi ( $r = 0,818$ ), menunjukkan bahwa peserta yang mampu mengidentifikasi isu relevan cenderung lebih kompeten menganalisisnya secara ilmiah, dan kedalaman analisis berkorelasi positif dengan kualitas solusi inovatif yang diajukan. Korelasi antara Inovasi dan Struktur ( $r = 0,539$ ) serta Relevansi dan Struktur ( $r = 0,540$ ) berada pada kategori sedang, mengisyaratkan bahwa aspek

Struktur relatif lebih independen dari aspek substantif esai lainnya, kemungkinan karena kemampuan struktural lebih dipengaruhi oleh pelatihan teknis penulisan akademik dibandingkan kedalaman literasi saintifik. Pola ini mendukung argumen praktis yaitu,

peningkatan skor Struktur & Bahasa peserta BGA 2026 (capaian tertinggi, Tabel 2) tidak secara otomatis menjamin perbaikan pada kemampuan analisis-argumentasi, sehingga keduanya perlu dilatihkan sebagai kompetensi yang relatif terpisah.

## F. Karakteristik Esai Berkualitas Tinggi dan Rendah

Untuk memahami secara lebih konkret apa yang membedakan esai berkualitas tinggi dari esai berkualitas rendah, dilakukan penelaahan pada level butir soal dan indikator penilaian per arena kompetisi. Tabel 7 menyajikan perbandingan karakteristik jawaban berkualitas tinggi dan rendah beserta skor aktual.

Tabel 7. Perbandingan Karakteristik Esai Berkualitas Tinggi dan Rendah Per Arena Kompetisi

Arena	Aspek/Pertanyaan	Jawaban Berkualitas Tinggi	Jawaban Berkualitas Rendah
Arena 1 (Catalyst Q4)	Rantai 3 tahap + angka (maks 8 poin)	Vegetasi Titik B berkurang → cahaya naik dari 800 menjadi ± 40.000 lux & suhu naik 5°C → serangga kehilangan habitat → populasi turun. (8/8; 3 tahap, angka aktual, dampak spesifik)	Jika vegetasi berkurang maka lingkungan berubah dan hewan akan terganggu. (1/8; tanpa angka, tanpa mekanisme)
Arena 2 (Catalyst Q4)	Tanaman bertahan vs berisiko kekeringan (maks 12 poin)	Menyebut nama spesies, ukuran daun aktual, dan mekanisme transpirasi per tanaman. (12/12)	Jawaban umum tanpa nama spesies maupun angka pendukung. (2/12)
Arena 3 (Catalyst Q Homeostasis)	Pola perubahan-respon- tujuan (maks 15 poin)	Aktivitas meningkat → nadi naik dari 72 ke 118 bpm → memenuhi kebutuhan oksigen sel otot (homeostasis). (15/15; 3 bagian pola lengkap + angka aktual)	Tubuh bergerak lalu jantung cepat dan akhirnya kembali normal. (3/15; tanpa angka, tujuan homeostasis tidak dijelaskan)
Arena 4 (Tabel Pengamatan)	Deskripsi Paramecium & Euglena (maks 30 poin)	Menjelaskan bentuk, alat gerak (silia/flagel), dan ciri khusus tiap organisme secara rinci. (28/30)	Hanya menyebut kecepatan gerak dan warna, tanpa menyebut alat gerak. (5/30)
Arena 5 (Catalyst Q4)	Kesimpulan 3 tahap + solusi (maks 8 poin)	Merangkai 3 tahap perubahan dengan 4 data skenario, lalu mengusulkan solusi yang menyentuh akar masalah ( <i>root cause</i> ). (8/8)	Kesimpulan umum tanpa angka dan tanpa solusi spesifik. (1/8)

Tabel 7 memperlihatkan bahwa perbedaan utama antara esai berkualitas tinggi dan rendah terletak pada kemampuan berpikir mekanistik, kuantitatif, dan sistemik. Esai dengan skor tinggi secara konsisten memuat tiga elemen: (1) nama spesifik atau ilmiah organisme; (2) data kuantitatif dari skenario; dan (3) penjelasan hubungan sebab-akibat yang runtut, ketiganya merupakan komponen yang justru menyusun aspek Kedalaman Analisis, aspek dengan capaian terendah pada Tabel 2. Sebaliknya, esai berskor rendah cenderung umum, minim data, dan tidak menjelaskan mekanisme biologis secara mendalam. Kesenjangan ini paling terlihat pada Arena 2 (Kedalaman Analisis) dan Arena 3 (Kekuatan Argumentasi), yang menunjukkan selisih skor terbesar antara jawaban terbaik dan terburuk. Pola yang konsisten dengan korelasi kuat Analisis-Argumentasi pada bagian E. Temuan ini menegaskan bahwa peningkatan performa peserta memerlukan penguatan latihan penalaran berbasis mekanisme biologis dan

penggunaan data numerik dalam argumentasi, bukan sekadar paparan konten (Osborne, 2010).

## G. Implikasi Pembelajaran Esai Ilmiah di SMA

Temuan-temuan di atas menegaskan relevansi pembelajaran berbasis esai ilmiah sebagai strategi pedagogis di jenjang SMA. Sebagai genre teks yang menuntut integrasi pengetahuan, analisis kritis, argumentasi berbasis bukti, dan kreativitas solutif, esai ilmiah mampu mengaktivasi HOTS secara simultan, kompetensi yang secara eksplisit diprioritaskan dalam Kurikulum Merdeka melalui Profil Pelajar Pancasila, khususnya dimensi bernalar kritis dan kreatif. Namun, profil skor penelitian ini menunjukkan bahwa aktivasi tersebut belum optimal pada dimensi analisis, peserta cenderung kuat pada konvensi penulisan (Struktur & Bahasa) tetapi lemah pada penalaran mendalam (Kedalaman Analisis). Kondisi ini sejalan dengan temuan Miharja dan Juniawan (2020) bahwa

kemampuan analisis peserta didik SMA pada materi biologi cenderung rendah apabila tidak didukung oleh bahan atau modul pembelajaran yang secara spesifik dirancang untuk melatih keterampilan tersebut.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, implikasi praktis bagi guru biologi SMA terbagi dalam tiga dimensi. Pertama, pada desain pembelajaran, guru perlu mengintegrasikan isu-isu ekologis kontekstual yang menuntut peserta mengurai data kuantitatif dan rantai sebab-akibat secara eksplisit, mengingat justru elemen tersebut yang membedakan esai berkualitas tinggi dan rendah pada Tabel 7. Kedua, pada dimensi pedagogis, guru perlu memfasilitasi latihan analisis teks ilmiah dan diskusi berbasis bukti secara bertahap dengan umpan balik berkelanjutan, karena korelasi kuat Analisis-Argumentasi ( $r = 0,899$ ) menunjukkan bahwa penguatan analisis akan turut mengangkat kualitas argumentasi peserta. Ketiga, pada dimensi asesmen, rubrik analitik lima aspek dalam penelitian ini dapat diadopsi sebagai instrumen asesmen formatif yang memberikan umpan balik spesifik per aspek, bukan sekadar nilai akhir holistik.

Secara lebih luas, kompetisi esai ilmiah berbasis isu biologi seperti BGA berkontribusi pada pengembangan dimensi Profil Pelajar Pancasila, yaitu bernalar kritis melalui argumentasi berbasis data, kreatif melalui solusi inovatif, dan bergotong-royong melalui kerja tim, sehingga integrasi pembelajaran esai ilmiah ke dalam kurikulum biologi SMA relevan secara akademik maupun strategis bagi pembentukan karakter peserta didik.

#### IV. KESIMPULAN

Penelitian ini memetakan profil kualitas esai ilmiah siswa SMA peserta *Biology Grand Arena* 2026 berdasarkan skor per aspek penilaian dan subtema, dengan tiga temuan utama. Pertama, Struktur & Bahasa merupakan aspek dengan capaian tertinggi (73,4%) dan variasi terendah antar tim, sedangkan Kedalaman Analisis menjadi kelemahan utama peserta dengan capaian terendah (57,3%) dan variasi tertinggi, diperkuat oleh korelasi sangat kuat antara Analisis dan Argumentasi ( $r = 0,899$ ;  $p < 0,01$ ) yang menegaskan kemampuan analitis sebagai fondasi argumentasi ilmiah. Kedua, tidak terdapat perbedaan skor esai yang

signifikan secara statistik antar subtema ( $F = 0,514$ ;  $p = 0,726$ ), meskipun hasil ini perlu dibaca dengan kehati-hatian mengingat ketidakseimbangan ukuran subtema. Ketiga, implikasi pedagogisnya adalah bahwa intervensi pembelajaran biologi SMA perlu diarahkan secara prioritas pada penguatan kemampuan analisis berbasis data dan mekanisme biologis, karena penguatan pada aspek ini berpotensi memberi efek ganda terhadap kualitas argumentasi dan inovasi solusi peserta didik secara simultan. Penelitian lanjutan disarankan menelaah faktor-faktor pengembangan kemampuan analisis dan argumentasi siswa melalui studi longitudinal dan intervensi pedagogis terstruktur, termasuk perbaikan pencatatan data penilaian antarjuri untuk memungkinkan analisis reliabilitas yang lebih kuat (ICC/Cronbach's alpha).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (Eds.). (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's educational objectives*. Longman.
- Brown, H. D., & Abeywickrama, P. (2010). *Language assessment: Principles and classroom practices (2nd ed.)*. Pearson Longman.
- Bustami, Y., Mirnawati, & Utami, Y. E. (2022). Model pembelajaran teams games tournament: Studi meta-analisis berpikir kritis dan hasil belajar kognitif siswa sains. *Biosfer: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*, 7(1), 30 - 40. <https://doi.org/10.23969/biosfer.v7i1.5454>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approach (6th ed.)*. SAGE Publications.
- DalGLISH, S. L., Khalid, H., & McMahon, S. A. (2020). Document analysis in health policy research: The READ approach. *Health Policy and Planning*, 35(10), 1424–1431. <https://doi.org/10.1093/heapol/czaa064>
- Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics (5th ed.)*. SAGE Publications.
- Fisher, D. M., & Systems Thinking Association. (2023). Systems thinking activities used in K-12 for up to two decades. *Frontiers in Education*, 8, Article

1059733.  
<https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1059733>
- Jackson, W. M., Binding, M. K., Grindstaff, K., Hariani, M., & Koo, B. W. (2023). Addressing sustainability in the high school biology classroom through socioscientific issues. *Sustainability*, 15(7), Article 5766. <https://doi.org/10.3390/su15075766>
- Karim, A. R. (2023). Analisis pentingnya kemampuan menulis karya ilmiah pada siswa SMA. *NUSRA: Jurnal Penelitian dan Ilmu Pendidikan*, 4(4), 1226–1233. <https://doi.org/10.55681/nusra.v4i4.1802>
- Kuhn, D. (2019). Critical thinking as discourse. *Human Development*, 62(3), 146–164. <https://doi.org/10.1159/000500171>
- Kuhn, D., & Franklin, S. (2006). *The second decade: What develops (and how)*. In W. Damon & R. M. Lerner (Eds.), *Handbook of child psychology, Vol. 2: Cognition, perception, and language (6th ed.)*. Wiley.
- Miharja, J., & Juniawan, E. A. (2020). Pengembangan modul integrated multimedia pada materi sistem ekskresi manusia untuk meningkatkan kemampuan analisis peserta didik di SMA. *Biosfer: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*, 2(5), 1–9.
- OECD. (2018). *PISA 2018 assessment and analytical framework: Science, reading, mathematics, financial literacy and global competence*. OECD Publishing.
- O'Malley, J. M., & Pierce, L. V. (1996). *Authentic assessment for English language learners: Practical approaches for teachers*. Addison-Wesley.
- Osborne, J. (2010). Arguing to learn in science: The role of collaborative, critical discourse. *Science*, 328(5977), 463–466. <https://doi.org/10.1126/science.1183944>
- Probosari, R. M., Sajidan, S., Suranto, S., & Prayitno, B. A. (2022). Integrating reading as evidence to enhance argumentation in scientific reading-based inquiry: A design-based research in biology classroom. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(1), 171–184. <https://doi.org/10.15294/jpii.v11i1.29350>
- Rosenshine, B. (2012). Principles of instruction: Research-based strategies that all teachers should know. *American Educator*, 36(1), 12–19.
- Rustaman, N. Y. (2011). *Pendidikan dan penelitian sains dalam mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi untuk pembangunan karakter*. Prosiding Seminar Nasional FMIPA UNY.
- Swaffield, S. (2011). Getting to the heart of authentic assessment for learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 18(4), 433–449. <https://doi.org/10.1080/0969594X.2011.582838>
- Tanfiziyah, R., & Rochintaniawati, D. (2021). Profil kemampuan argumentasi siswa mengenai isu sosiosaintifik dalam pembelajaran online. *Biosfer: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*, 6(1), 6–14. <https://doi.org/10.23969/biosfer.v6i1.4081>
- Wiggins, G., & McTighe, J. (2005). *Understanding by design (2nd ed.)*. ASCD.
- Yeo, S. W., Signorelli, C., Vo, K., & Smith, G. (2024). A retrospective cohort analysis comparing analytic and holistic marking rubrics in medical research education. *Journal of Medical Education and Curricular Development*, 11, 1–9. <https://doi.org/10.1177/23821205241277337>

## Uji Efektivitas Ekstrak Biji Kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) Sebagai Insektisida Nabati Terhadap Mortalitas Ulat Grayak (*Spodoptera litura* F.)

Yusuf Ibrahim<sup>1</sup>, Delvia Desta Andriani<sup>2</sup> dan Gurnita<sup>3\*</sup>)

<sup>1,2,3</sup> Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Pasundan  
Jl. Tamansari No. 6-8, Kota Bandung 40116 Indonesia  
e-mail: [ggurnita@gmail.com](mailto:ggurnita@gmail.com)

### Abstrak

Ulat grayak (*Spodoptera litura*) adalah salah satu jenis hama pada tanaman hortikultura yang cukup penting yang dapat menyebabkan kerusakan lahan dan kerugian bagi petani. Pengendalian hama menggunakan insektisida sintetik dalam jangka panjang dapat menimbulkan dampak negatif. Upaya yang dapat dilakukan adalah dengan penggunaan insektisida nabati dari tanaman yang mengandung metabolit sekunder seperti biji kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas ekstrak biji kecipir terhadap mortalitas ulat grayak. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) terdiri dari 5 perlakuan dan 1 kontrol negatif dengan masing-masing 4 pengulangan. Pengambilan data dilakukan setiap 4 jam sekali. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan uji *one way* ANOVA kemudian dilanjutkan dengan uji beda nyata menggunakan SPSS 23.0. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi efektif yang dapat digunakan untuk membunuh ulat grayak yaitu 1.250 ppm dengan persentase kematian sebesar 81,25%.

**Kata Kunci** : biji kecipir, insektisida, mortalitas, ulat grayak.

### Abstract

Armyworm (*Spodoptera litura*) is one of the important pests in plants that can cause land damage and losses to farmers. Pest control using synthetic insecticides in the long term can have a negative impact. Efforts that can be made are by using vegetable insecticides from plants containing secondary metabolites such as winged bean seeds (*Psophocarpus tetragonolobus* L.). This study aims to determine the effectiveness of winged bean seed extract on armyworm mortality. The study used a completely randomized design (CRD) consisting of 5 treatments and 1 negative control with 4 repetitions each. Data collection is done every 4 hours. The data obtained were analyzed by one way ANOVA test and then followed by a significant difference test using SPSS 23.0. The results showed that the effective concentration that could be used to kill armyworms was 1,250 ppm with a mortality rate of 81.25%.

**Keywords**: armyworms, insecticide, mortality, winged bean seeds.

## I. PENDAHULUAN

Salah satu masalah di bidang pertanian yang masih sulit dikendalikan hingga saat ini yaitu keberadaan hama pada tanaman. Hama merupakan salah satu organisme yang sering merusak tanaman sehingga menimbulkan kerugian karena hama dapat menghambat pertumbuhan tanaman (Kardiman 2002, 41). Salah satu jenis hama yang menyerang tanaman hortikultura di Indonesia adalah ulat grayak (*Spodoptera litura* F.).

Ulat grayak dapat menyerang tanaman dari berbagai famili atau bersifat polifag. Hama tersebut melakukan serangan pada tanaman saat malam hari secara serentak. Serangan dapat meningkat saat musim kemarau. Ulat grayak umumnya menyerang tanaman pada bagian daun, dan menyebabkan daun berlubang, sobek, hingga pada kasus berat dapat membuat tanaman menjadi gundul. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas hasil pertanian hingga kegagalan panen mencapai 80% (Marwoto and Suharsono 2008).

Keberadaan hama ulat grayak perlu dikendalikan dengan tujuan untuk mengurangi berbagai tingkat kerugian yang dialami. Cara untuk membasmi hama tersebut adalah dengan penggunaan insektisida. Saat ini pengendalian hama masih banyak menggunakan insektisida sintesis yang jika digunakan dalam jangka panjang dapat menimbulkan banyak kerugian seperti matinya musuh alami hama, timbulnya hama resisten, dan tertinggalnya residu baik di dalam tanah maupun pada tanaman inang serta dapat menyebabkan keracunan bagi petani dan konsumen. Keracunan tersebut dikarenakan insektisida dari bahan kimia yang disemprotkan pada tanaman akan meresap masuk hingga ke bagian sel tumbuhan yang mana jika bagian dari tanaman tersebut dikonsumsi oleh manusia maka residu yang ada akan ikut masuk ke dalam tubuh dan bersifat racun (Soenandar, et. al. 2010).

Untuk meminimalisir timbulnya dampak negatif tersebut, maka diperlukan alternatif penggunaan insektisida yang efektif dari bahan yang lebih aman untuk lingkungan, yaitu dengan menggunakan bahan alami tumbuhan sebagai insektisida nabati. (Bate 2019), menyatakan bahwa ekstrak daun tembakau dapat menekan serangan ulat grayak (*Spodoptera litura* F.) terhadap tanaman sawi sampai 25%.

Tanaman lainnya yang berpotensi digunakan sebagai insektisida nabati adalah tanaman kecipir, karena mengandung senyawa aktif yang bersifat racun bagi hama (Triska 2008). Tanaman kecipir merupakan kelompok tanaman kacang-kacangan yang sudah ada sejak lama di Indonesia dan dikenal masyarakat karena daun dan buahnya yang sering dijadikan lalapan atau sayur. Kecipir mengandung senyawa metabolit sekunder yaitu senyawa yang dihasilkan oleh jaringan tumbuhan sebagai pertahanan serta dapat bersifat toksik bagi organisme lain (Burkill, dalam (Krisnawati, 2010). (Krisridwany, 2022) melaporkan senyawa metabolit sekunder yang terdapat dalam kecipir diantaranya adalah flavonoid, saponin, steroid, dan tanin. Kajian mengenai potensi biji kecipir sebagai insektisida nabati terhadap *Spodoptera litura* masih terbatas, sehingga penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas ekstrak biji kecipir terhadap mortalitas larva ulat grayak

Pengetahuan masyarakat akan tanaman kecipir yang kaya akan manfaat ini masih sangat sedikit karena belum adanya informasi dan penelitian lebih lanjut mengenai tanaman kecipir. Masyarakat hanya memanfaatkan kecipir sebatas konsumsi rumah tangga saja dan tanaman pekarangan tanpa masyarakat tahu manfaat lain dari tanaman itu sendiri. Berdasarkan uraian tersebut, peneliti ingin menguji efektivitas penggunaan biji kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) sebagai insektisida nabati terhadap mortalitas hama ulat grayak (*Spodoptera litura* F.).

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada minggu pertama bulan Maret 2023 di Laboratorium FKIP Universitas Pasundan Bandung. Penelitian dilaksanakan secara eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) terdiri dari 5 perlakuan dan 1 kontrol negatif dengan masing-masing 4 pengulangan. Perlakuan yang diberikan yaitu:

P0 : kontrol 0 ppm (50 mL. aquades)

P1 : ekstrak biji kecipir konsentrasi 250 ppm (6,25 mL ekstrak + 43,75 mL. aquades)

P2 : ekstrak biji kecipir konsentrasi 500 ppm (12,5 mL ekstrak + 37,5 mL aquades)

P3 : ekstrak biji kecipir konsentrasi 750 ppm (18,75 mL ekstrak + 31,25 mL aquades)

P4 : ekstrak biji kecipir konsentrasi 1000 ppm (25 mL ekstrak + 25 mL aquades)

P5 : ekstrak biji kecipir konsentrasi 1.250 ppm (31,25 mL ekstrak + 18,75 mL aquades)

### A. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah: 1. Peralatan untuk membuat ekstrak biji; 2. Alat untuk melakukan pengujian terhadap hewan uji. Sedangkan untuk bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah metanol 95%, biji kecipir, aquades, sawi hijau, dan 96 ekor ulat grayak.

### B. Teknik Analisis Data

Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah tingkat mortalitas ulat grayak selama 24 jam. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut: % mortalitas ulat grayak =  $(\text{ulat grayak mati} : \text{ulat grayak yang mati} + \text{ulat grayak yang masih hidup}) \times 100\%$

Selanjutnya data yang sudah didapat dianalisis menggunakan SPSS (*Statistical Product Service Solution*) versi 23.0 yaitu uji normalitas, homogenitas, uji one way

ANOVA dan dilakukan uji lanjutan yaitu dengan uji duncan.

## C. Prosedur Penelitian

### 1. Aklimatisasi

Ulat grayak yang sudah diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Sayuran sebanyak 96 ekor kemudian diaklimatisasi di dalam toples selama kurang lebih 4-8 jam dengan tujuan supaya ulat grayak bisa beradaptasi dengan baik. Toples yang digunakan yaitu sebanyak 24 buah, setiap toples berisi 4 ekor ulat grayak. Supaya ulat grayak mendapatkan oksigen yang cukup, toples harus dilubangi sebanyak 10 lubang pada bagian pinggir toples dan 7 lubang pada bagian tutup toples. Sebelum ulat grayak dimasukkan ke dalam toples, toples sudah diisi dengan sayuran berupa sawi hijau sebagai sumber makanan ulat grayak.

### 2. Pembuatan Ekstrak Biji Kecipir

#### a. Persiapan Bahan Baku

Pembuatan ekstrak menggunakan bahan baku berupa biji kecipir. Bahan baku dicuci terlebih dahulu lalu dikeringkan, biji kecipir yang sudah kering diblender menggunakan *chopper* dan diayak hingga diperoleh ukuran partikel terkecil atau sekitar  $\pm 30$  mesh.

#### b. Perendaman Bahan Baku (Maserasi)

Proses pengayakan akan menghasilkan serbuk yang selanjutnya direndam selama 3 x 24 jam menggunakan pelarut dengan rasio untuk setiap konsentrasi yaitu 1 : 2 dimana 250 g biji kecipir akan dicampurkan dengan 500 ml metanol 95% dalam wadah yang tertutup rapat supaya pelarut tidak menguap.

Selama proses perendaman, aduk pelarut dan bahan baku selama 4-6 jam sekali supaya tercampur.

#### c. Filtrasi (Penyaringan)

Penyaringan bertujuan untuk memisahkan endapan bahan baku yang telah dimaserasi dengan metanol. Maserat akan disaring

menggunakan kertas saring whatman, hasil akhir dari penyaringan berupa ekstrak encer.

**d.Evaporasi**

Ekstrak encer dari hasil penyaringan akan dievaporasi menggunakan water bath dengan suhu tidak melebihi 70 °C, untuk mengukur suhu digunakan termometer raksa selama proses evaporasi. Tujuan evaporasi ini adalah untuk menguapkan methanol sebagai pelarut, sehingga akan didapatkan ekstrak dalam bentuk pasta. Ekstrak pasta yang diperoleh sebanyak lebih kurang 50 gram. Kemudian ekstrak pasta tersebut dilarutkan dengan aquades sampai volume mencapai 100 mL, dan dijadikan sebagai larutan stock.

**3.Pengujian Ekstrak Biji Kecipir**

Setelah ulat grayak dimasukkan ke dalam toples plastik yang sudah dilubangi, diberi perlakuan dengan cara menyemprotkan ekstrak yang sudah dibuat sebanyak 3x semprotan setiap 4 jam sekali selama 24 jam pada makanan ulat grayak yang ada di dalam toples.

Pengambilan data akan dilakukan bersamaan dengan pemberian perlakuan, dimana data akan diambil setiap 4 jam sekali yaitu dimulai pada pukul 15.00 WIB, 19.00 WIB, 23.00 WIB, 03.00 WIB, 07.00 WIB, 11.00 WIB, dan berakhir kembali pada pukul 15.00 WIB. Data diambil setiap 4 jam sekali bertujuan untuk melihat mortalitas ulat grayak dan merupakan waktu yang cukup ideal.

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi ekstrak biji kecipir yang paling efektif terhadap mortalitas ulat grayak. Konsentrasi ekstrak yang diberikan mulai dari 0 ppm, 250 ppm, 500 ppm, 750 ppm, 1.000 ppm, dan 1.250 ppm. Ekstrak diaplikasikan dengan cara disemprotkan sebanyak tiga kali semprotan ke makanan ulat grayak yaitu sawi yang sudah disimpan di dalam toples yang sudah dilubangi. Jumlah ulat grayak yang diberikan perlakuan

sebanyak 4 ekor pada masing-masing toples. Pengamatan dilakukan selama 24 jam dan perlakuan diaplikasikan setiap 4 jam sekali, dimulai pukul 15.00 WIB, 19.00 WIB, 23.00 WIB, 03.00 WIB, 07.00 WIB, 11.00 WIB dan berakhir kembali di pukul 15.00 WIB. Penyemprotan setiap 4 jam sekali dilakukan bersamaan dengan pengambilan data, hal tersebut bertujuan untuk melihat waktu yang dibutuhkan ekstrak biji kecipir untuk mematikan ulat grayak dan merupakan waktu yang ideal untuk melihat tingkat mortalitas dari ulat grayak. Berikut tabel rata-rata persentase mortalitas ulat grayak selama 24 jam.

**Tabel 1. Rata-Rata Persentase Mortalitas Ulat Grayak Selama 24 Jam**

No	Jam ke-	Presentase Mortalitas Ulat Grayak (%)					
		P0	P1	P2	P3	P4	P5
1	0	0	0	0	0	0	0
2	4	0	0	0	0	0	37,5
3	8	0	0	0	0	6,25	37,5
4	12	0	0	0	12,25	43,75	43,75
5	16	0	0	0	31,25	62,5	62,5
6	20	0	0	12,25	43,75	62,5	68,75
7	24	0	18,75	37,5	50	68,75	81,25

Keterangan :

- P0 : kontrol 0 ppm (50 ml aquades)
- P1 : ekstrak biji kecipir konsentrasi 250 ppm (6,25 ml ekstrak + 43,75 ml aquades)
- P2 : ekstrak biji kecipir konsentrasi 500 ppm (12,5 ml ekstrak + 37,5 ml aquades)
- P3 : ekstrak biji kecipir konsentrasi 750 ppm (18,75 ml ekstrak + 31,25 ml aquades)
- P4 : ekstrak biji kecipir konsentrasi 1000 ppm (25 ml ekstrak + 25 ml aquades)
- P5 : ekstrak biji kecipir konsentrasi 1.250 ppm (31,25 ml ekstrak + 18,75 ml aquades)

Tabel.1 di atas menunjukkan rata-rata persentase mortalitas ulat grayak setelah pengaplikasian ekstrak biji kecipir pada P0, P1, P2, P3, P4, dan P5 dengan pengulangan sebanyak empat kali. Diperoleh data hasil rata-rata persentase pada P0 (kontrol) adalah 0%; artinya tidak terdapat ulat grayak yang mati pada perlakuan ini, hal tersebut dikarenakan P0 merupakan control negatif yang tidak mendapatkan perlakuan dan hanya mengandung aquades saja.

Mortalitas ulat grayak mulai terlihat di jam ke-4 pada perlakuan P5 (1.250 ppm) dengan rata-rata persentase sebesar 37,5%. Pada jam ke-8 perlakuan P4 mulai menunjukkan mortalitas ulat grayak dengan persentase sebesar 6,25%. Pada jam ke-12 perlakuan P4 dan P5 mengalami peningkatan mortalitas keduanya menjadi 43,75%. Sedangkan pada perlakuan P3 baru terlihat adanya mortalitas dengan persentase sebesar 12,5%. Pada jam ke-16 perlakuan P3, P4, dan P5 mengalami peningkatan mortalitas yaitu pada P3 sebesar 31,25%, pada P4 dan P5 sebesar 62,5%. Pada perlakuan P2 mortalitas baru terjadi pada jam ke-20 dengan rata-rata persentase sebesar 12,5%. Sedangkan pada P1 mortalitas baru terlihat saat jam ke-24 dengan rata-rata persentase sebesar 18,75%, dan pada perlakuan P2, P3, P4, dan P5 terjadi peningkatan mortalitas yaitu P2 sebesar 37,5%, P3 sebesar 50%, P4 sebesar 68,75%, dan P5 sebesar 81,25%.

Pada perlakuan P1 (250 ppm) mortalitas ulat grayak baru terjadi saat jam ke-24, hal tersebut dikarenakan oleh kerja ekstrak biji kecipir yang cenderung lebih lambat ketika pada konsentrasi rendah dibandingkan dengan konsentrasi tinggi. Pendapat ini sesuai dengan Harborne dalam (Nursal, 1997) yang mengatakan bahwa pemberian ekstrak dengan konsentrasi rendah akan menimbulkan pengaruh yang rendah pula sehingga memerlukan lebih banyak waktu untuk dapat bereaksi, disamping itu besarnya konsentrasi yang diterapkan juga berpengaruh terhadap efektivitas insektisida nabati.

Mortalitas yang terjadi pada ulat grayak disebabkan oleh kandungan metabolit sekunder yang terdapat di dalam ekstrak biji kecipir yang disemprotkan. Senyawa tersebut diantaranya yaitu flavonoid, tanin, saponin dan steroid. Kandungan tersebut bersifat racun sehingga menyebabkan metabolisme tubuh ulat grayak terganggu hingga mengakibatkan kematian.

Flavonoid dapat bertindak sebagai racun perut dan racun pernapasan pada ulat grayak. Mekanisme racun perut yang terjadi pada larva dimulai ketika larva mengonsumsi pakan yang mengandung senyawa toksik, sehingga menyebabkan metabolisme larva terganggu. Senyawa tersebut masuk ke dalam tubuh kemudian diedarkan oleh sistem hemolimfa, keberadaan senyawa toksik di dalamnya akan mempengaruhi sistem saraf pada larva hingga akhirnya mengakibatkan kematian (Prabowo 2010).

Sebagai racun pernapasan, flavonoid dapat menyumbat lubang pernapasan larva sehingga pada sistem pernapasan terjadi kerusakan saraf yang mengakibatkan larva tidak bisa bernapas dan akhirnya mati (Cania 2013). Menurut (Thamrin et, al. 2013), flavonoid juga berperan dalam menghambat nafsu makan ulat grayak dengan cara menurunkan aktivitas enzim amilase dan protease sehingga mengakibatkan mortalitas larva. Flavonoid juga dapat mengakibatkan perubahan struktur pada protein. Perubahan struktur protein tersebut mengakibatkan dinding sel dalam pencernaan menjadi rusak. Sistem pencernaan yang sudah akan mengganggu proses transfer protein dalam tubuh sehingga hal tersebut berakibat pada terhambatnya pertumbuhan larva dan akhirnya mengakibatkan kematian (Hidayat et, al. 2015).

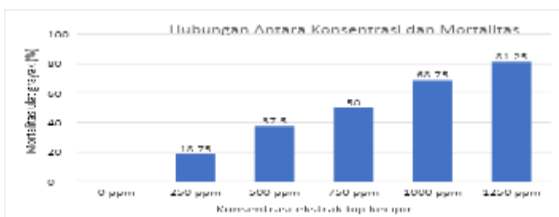
Tanin mempunyai rasa pahit, sehingga larva tidak mau makan dan akhirnya mati secara perlahan. Selain itu, tanin juga memiliki daya ikat dengan vitamin, protein, mineral, dan karbohidrat, serta tidak bisa dicerna oleh lambung (Permana 2016). Kandungan saponin dan steroid dapat menghambat pergantian kulit pada larva. Saponin yang terkandung dalam ekstrak biji kecipir dapat menyebabkan penurunan laju sterol dalam hemolimfa karena kemampuannya yang dapat mengikat sterol dalam saluran pencernaan. Penurunan tersebut menyebabkan hormon ecdison yang berperan dalam ecdisis tidak disekresikan

(Sa'diyah, 2013). Akibatnya pertumbuhan dan perkembangan ulat grayak menuju instar selanjutnya menjadi terganggu, dan dapat mengakibatkan kematian.

Rata-rata persentase mortalitas ulat grayak pada setiap perlakuan mengalami kenaikan, hal ini menandakan bahwa senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam ekstrak biji kecipir bereaksi terhadap ulat grayak sehingga ulat grayak mengalami kematian.

**A.Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Biji Kecipir Terhadap Tingkat Mortalitas Ulat Grayak**

Pada Gambar 1. Berikut di bawah, menunjukkan hubungan antara konsentrasi ekstrak biji kecipir terhadap mortalitas ulat grayak setelah 24 jam. Pada perlakuan P1 persentase mortalitas yang didapat sebesar 18,75% dengan total ulat grayak yang mati adalah 3 ekor. Pada P2 diperoleh persentase mortalitas sebesar 37,5% dengan total ulat grayak yang mati adalah 6 ekor. Pada P3 persentase mortalitas yang diperoleh sebesar 50% dengan total ulat grayak yang mati yaitu 8 ekor. Pada P4 persentase mortalitas yang didapat sebesar 68,75% dengan total ulat grayak yang mati yaitu sebanyak 11 ekor. Dan terakhir pada P5 diperoleh persentase mortalitas sebesar 81,25% dengan total ulat grayak yang mati yaitu sebanyak 13 ekor.



**Gambar 1 Hubungan antara Konsentrasi dan Mortalitas**  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Hasil penelitian menunjukkan terjadinya peningkatan jumlah mortalitas ulat grayak seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak yang diaplikasikan pada pakan.

Semua konsentrasi ekstrak biji kecipir yang diuji menunjukkan tingkat persentase mortalitas yang berbeda. Perbedaan tingkat mortalitas tersebut terjadi karena kandungan senyawa di dalam ekstrak pada setiap perlakuan bervariasi, semakin tinggi sebuah konsentrasi maka semakin banyak senyawa toksik yang terkandung, sehingga semakin tinggi pula daya racun pada ekstrak yang menyebabkan kematian pada ulat grayak. Hal ini selaras dengan pendapat (Yunita, et. al. 2009) yang mengatakan bahwa semakin tinggi tingkat konsentrasi insektisida yang diberikan, maka semakin tinggi pula tingkat kematian pada larva uji.

Pada saat pengamatan terlihat semakin tinggi konsentrasi maka daun yang dimakan oleh ulat grayak juga semakin sedikit. Pada perlakuan P0 (kontrol) ulat grayak makan seperti biasa dan tidak mengalami gangguan. Pada perlakuan P1 dan P2 pakan banyak yang berlubang bahkan sobek, sedangkan perlakuan P3, P4, dan P5 terdapat sedikit lubang pada pakan. Beberapa jam setelah diberi perlakuan, ulat grayak mengalami perubahan perilaku sebagai gejala awal dari kematian diantaranya ulat grayak terlihat lemas tidak aktif bergerak, tidak terlihat aktivitas makan dan keluar cairan berwarna kuning kehijauan dari mulut ketika bagian perutnya disentuh. Selain itu, terjadi juga perubahan pada morfologi ulat grayak, warna tubuh ulat grayak yang semula berwarna hijau dengan bintik hitam berubah menjadi coklat gelap kemudian lama-lama menghitam, tubuh mengerut dan kaku yang menandakan bahwa ulat grayak sudah mati. Ulat grayak yang mati ditunjukkan pada gambar di bawah ini:

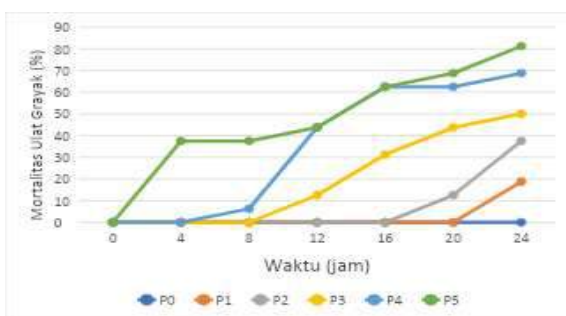


**Gambar 2 Ulat Grayak yang Mengalami Mortalitas**

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Persentase mortalitas ulat grayak tertinggi yaitu pada perlakuan P5 (1.250 ppm) sebesar 81,25%. Angka tersebut menunjukkan bahwa pemberian ekstrak biji kecipir sebagai insektisida nabati dapat dikatakan efektif terhadap mortalitas ulat grayak. Hal tersebut sesuai berdasarkan (Peraturan Menteri Kesehatan RI No.50 Tahun 2017), bahwa pestisida dinyatakan efektif apabila dapat membunuh  $\geq 80\%$  serangga sasaran.

### B.Hubungan Frekuensi Penyemprotan Ekstrak Biji Kecipir Terhadap Tingkat Mortalitas Ulat Grayak



Gambar 3 Hubungan Frekuensi Penyemprotan Ekstrak Biji Kecipir Terhadap Tingkat Mortalitas Ulat Grayak. (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Gambar 3 menunjukkan bahwa tingkat mortalitas ulat grayak dipengaruhi oleh frekuensi penyemprotan yang dilakukan setiap 4 jam sekali. Pada perlakuan P0 (kontrol) tidak menunjukkan adanya mortalitas hingga jam ke-24 pengamatan. Perlakuan P1 (250 ppm) mortalitas baru terlihat saat jam ke-24. Pada perlakuan P2 (500 ppm) mortalitas terjadi pada jam ke-20. Pada perlakuan P3 (750 ppm) mortalitas terjadi pada jam ke-12. Pada perlakuan P4 (1.000 ppm) mortalitas terjadi pada jam ke-8 dan perlakuan P5 (1.250 ppm) mortalitas sudah terjadi pada jam ke-4.

Persentase tertinggi mortalitas ulat grayak selama 24 jam yaitu pada P5 dengan konsentrasi ekstrak 1.250 ppm. Dibuktikan pada jam ke-4 perlakuan P5 sudah

menyebabkan mortalitas pada ulat grayak dan cenderung mengalami peningkatan yaitu pada jam ke-4 dan ke-8 sebesar 37,5%, pada jam ke-12 sebesar 43,75%, pada jam ke-16 sebesar 62,5%, pada jam ke-20 sebesar 68,75%, dan pada jam ke-24 sebesar 81,25%.

Terjadinya perbedaan waktu kematian pada ulat grayak disebabkan oleh kandungan senyawa aktif dalam ekstrak yang tidak langsung bereaksi pada saat disemprotkan karena adanya proses fisiologis yang tetap berlangsung pada tubuh ulat grayak sehingga ulat grayak membutuhkan waktu untuk membentuk respon. Selain itu perbedaan konsentrasi dan frekuensi penyemprotan ekstrak pada pakan juga berpengaruh terhadap perbedaan waktu kematian ulat grayak. Dengan demikian semakin sering dilakukan frekuensi penyemprotan, semakin banyak senyawa aktif yang bersifat toksik masuk ke dalam tubuh ulat grayak sehingga menyebabkan kematian.

### C.Hasil Perhitungan Statistika

#### 1.Hasil One Way ANOVA

Data mortalitas yang sudah didapat di uji normalitas untuk mengetahui sebaran data yang didapat normal atau tidak. Setelah data terdistribusi normal dan homogen dilanjutkan dengan uji One Way ANOVA. Hasil uji One Way ANOVA dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2 Uji One Way ANOVA

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between groups	29.708	5	5.942	14.752	.000
Within groups	7.250	18	.403		
Total	36.958	23			

Hasil uji anova menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,000. Jika nilai signifikansi  $< 0,05$  maka perlakuan dinyatakan berpengaruh secara signifikan. Serta diperoleh nilai F-hitung sebesar 14,752 serta F-tabel sebesar 2,77. Karena nilai F-hitung  $>$  F-tabel artinya H0 ditolak dan H1

diterima sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan pada pemberian ekstrak biji kecipir sebagai insektisida nabati terhadap mortalitas ulat grayak, dengan pengaruh yang menonjol terlihat pada konsentrasi 1.250 ppm.

Berdasarkan hasil uji ANOVA di atas, maka data perlakuan dapat dilakukan uji lanjut untuk mengetahui perbedaan pengaruh antar perlakuan. Uji lanjut yang digunakan adalah uji duncan.

## 2. Hasil Uji Duncan

Hasil uji duncan dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 3. Uji Duncan

Perlakuan	Mortalitas	Notasi
P0	.00 ± 0	a
P1	.75 ± 12,5	ab
P2	1.50 ± 14,4	bc
P3	2.00 ± 20,4	cd
P4	2.75 ± 12,5	de
P5	3.25 ± 23,9	e

Berdasarkan hasil uji duncan menunjukkan berbeda nyata dari pemberian ekstrak biji kecipir terhadap mortalitas ulat grayak. Perlakuan P0 tidak berbeda nyata dengan perlakuan P1, tetapi berbeda nyata dengan perlakuan P2, P3, P4 dan P5. Pada perlakuan P1 juga tidak berbeda nyata dengan perlakuan P0 dan P2 tetapi berbeda nyata dengan P3, P4, dan P5. Pada perlakuan P2 tidak berbeda nyata dengan P1 dan P3 tetapi berbeda nyata dengan P0, P4, dan P5. Pada perlakuan P3 tidak berbeda nyata dengan P2 dan P4 tetapi berbeda nyata dengan P0, P1, dan P5. Pada perlakuan P4 tidak berbeda nyata dengan P3 dan P5 tetapi berbeda nyata dengan P0, P1, dan P2. Selanjutnya pada perlakuan P5 tidak berbeda nyata dengan P4 tetapi berbeda nyata dengan P0, P1, P2, dan P3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan P5 memberikan pengaruh paling nyata pada pemberian ekstrak biji kecipir sebagai insektisida nabati terhadap mortalitas ulat grayak dengan konsentrasi 1.250 ppm.

Berdasarkan hasil penelitian (Syahwal et.al 2024), menyatakan bahwa ekstrak daun paitan (*Tithonia diversifolia*) pada konsentrasi 20 ml/L dapat menekan populasi ulat grayak sebesar 60,06% dan dapat lebih efektif lagi dengan konsentrasi ekstrak yang lebih tinggi. Dengan demikian, pemberian ekstrak biji kecipir akan lebih efektif dalam menekan populasi hama ulat grayak jika konsentrasinya ditingkatkan lagi.

## IV. KESIMPULAN

Ekstrak biji kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) berpotensi sebagai insektisida nabati terhadap ulat grayak (*Spodoptera litura* F.) pada kondisi laboratorium. Konsentrasi 1.250 ppm menghasilkan mortalitas tertinggi sebesar 81,25% setelah 24 jam pengamatan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bate, M., (2019). Pengaruh Beberapa Jenis Pestisida nabati Terhadap Hama Ulat Grayak (*Spodoptera litura* F.) Pada Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) AGRICA Jurnal of Sustainable Dryland Agriculture. Vol. 12 (1): 71-80.
- Cania, E. & Setianimrum, E. (2013). Uji Efektifitas Ekstrak Daun Legundi (*Vitex trifolia*) Terhadap Larva *Aedes aegypti*. Medical Joernal of Lampung University. Vol. 2 (4): 52-58.
- Desri, P. (2015). Uji Ekstrak Buah dan Biji Tanaman Kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*. STKIP PGRI Sumatera Barat.
- Hidayat, et.al., (2015). Kitab Tumbuhan Obat, Jakarta. Penerbit Agriflo.
- Kardiman, A. (2002). Beberapa Jenis Tanaman Penghasil Atraktan Nabati Pengendali Hama. Jakarta: Agromedia Pustaka
- Krisnawaty, Ayda. (2010). Keragaman Genetik dan Potensi Pengembangan

- Kecipir di Indonesia (*Psophocarpus tetragonolobus* L.). Jurnal Litbang Pertanian. 29 (3): 113-119.
- Krisnidwiy, A., Miftah, R.,T., & Dyani, P.,S., (2022). Perbandingan Total Flavonoid dan Aktivitas Antioksidan Fraksi Etil Asetat Biji Kelor (*Moringa oleifera* L.) dan Biji Kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.). Jurnal Farmasi Indonesia. Vol. 19 (1): 98 – 109.
- Kusnadi, (2016). Uji Toksisitas Ekstrak Tumbuhan *Ageratum conyzoides* L. terhadap Pertumbuhan dan Fisiologi Mencit. Biosfer: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi. Vol. 1 (1): 1-9.
- Marwoto & Suharsono (2008). Strategi dan Komponen Teknologi Pengendalian Ulat Grayak (*Spodoptera litura* F.) Pada Tanaman Kedelai. Jurnal Litbang Pertanian. Vol. 27 (4) : 131 136.
- Nursal, E. (1997). Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Bahan Pestisida Nabati Terhadap Hama. Bogor: Balai Penelitian Tanaman Obat.
- Permana, R., Moerfiah, & Triastinurmiatiningasih. (2016). Potensi Ekstrak Daun Karuk (*Piper sarmentosum*) sebagai Insektisida Nabati Hama Ulat Grayak (*Spodoptera litura*). Jurnal Ilmiah Ilmu Dasar dan Lingkungan Hidup. Vol. 18 (2): 55-62.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 50 (2017). Standar Baku Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Untuk Vektor dan Binatang Pembawa Penyakit Serta Pengendaliannya. Jakarta.
- Prabowo, H. (2010). Pengaruh Ekstrak Bunga Oleander (*Nerium oleander* L.) Terhadap Mortalitas Hama Tanaman Jarak Pagar (*Selenothrips rubrocinctus* Giard). Makalah Seminar Nasional Biologi. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Sa'diyah, N. A., et al. (2013). Pengaruh Ekstrak Daun Bintaro (*Cerbera odollam*) terhadap perkembangan ulat Grayak (*Spodoptera litura* F.). Jurnal Sains dan Seni Pomits. Vol. 2 (2): 111-115.
- Soenandar. Muanis, N.A., & Ari, R. (2010). Petunjuk Praktis Membuat Pestisida Organik. Jakarta : Agromedia Pustaka.
- Suryadi & Kusmana. (2004). Mengenal Sayuran Indijenis. Lembang, Bandung Barat: Balai Penelitian Tanaman Sayuran.
- Syahwal, R., et al. 2024). Efektivitas Penggunaan Beberapa Konsentrasi Pestisida Nabati Daun Paitan (*Tithonia diversifolia*) terhadap Populasi dan Intensitas Serangan Hama Ulat Grayak (*Spodoptera litura* F.) pada Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.). Jurnal Ilmiah Mahasiswa; AGROKOMPLEKS, Vol.1 No.2. p: 165-176
- Thamrin, et al. (2013). Tumbuhan Kirinyu (*Chromolaena odorata* L.) (Asteraceae:Asterales) Sebagai Insektisida Nabati Untuk Pengendalian Ulat Grayak (*Spodoptera litura* ). Jurnal Litbang Pertanian. Vol 32 (3): 112-121.
- Triska, A. N., et al . (2008). Makalah PKM Pestisida Alami dari Ricinine pada Buah Jarak Pagar (*Ricinus communis*). Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Yunita, E. A., Nanik, H. S., & Jafron, W. H. (2009). Pengaruh Ekstrak Daun Teklan (*Eupatorium riparium*) Terhadap Mortalitas dan Perkembangan Larva *Aedes aegypti*. BIOMA. Vol. 11 (1): 11 – 17.