



Pengembangan Penuntun Praktikum Biologi Molekuler Dasar Berbasis *Project-Based Learning* untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep dan Keterampilan Proses Sains Siswa SMK

¹Sri Ratna Lestari, ²Herbert Sipahutar, ³Tri Harsono

¹Mahasiswa Program Studi Magister Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia.

^{2,3}Program Studi Magister Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia.

*Corresponding Author e-mail: sriratnalestari89@gmail.com

Received: April 2025; Revised: May 2025; Accepted: June 2025; Published: June 2025

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan penuntun praktikum biologi molekuler dasar berbasis Project-Based Learning (PjBL) guna meningkatkan penguasaan konsep dan keterampilan proses sains siswa pada mata pelajaran Projek IPAS, khususnya aspek makhluk hidup dan lingkungannya. Penelitian ini menggunakan model pengembangan ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation). Subjek penelitian adalah siswa kelas X Program Keahlian Kesehatan dan Pekerjaan Sosial di SMKS Galang Insan Mandiri Binjai. Instrumen pengumpulan data meliputi angket analisis kebutuhan, lembar validasi ahli, angket respon siswa, dan tes penguasaan konsep serta keterampilan proses sains siswa. Penuntun praktikum dikembangkan melalui tiga kegiatan utama: isolasi DNA sederhana, simulasi PCR *in silico*, dan elektroforesis sederhana, yang dirancang sesuai sintaks PjBL. Hasil validasi oleh para ahli menunjukkan tingkat kelayakan sangat baik: ahli materi (92,53%), ahli desain pembelajaran (98,08%), dan ahli desain layout (94,81%). Efektivitas penuntun diuji melalui uji-t dua pihak yang menunjukkan adanya peningkatan signifikan antara kelas eksperimen dan kontrol, baik dalam penguasaan konsep ($t = 9,299$; $p = 0,000$) maupun keterampilan proses sains ($t = 8,800$; $p = 0,000$). Temuan ini membuktikan bahwa penuntun praktikum yang dikembangkan efektif dalam meningkatkan kualitas pembelajaran biologi molekuler serta mampu memfasilitasi siswa dalam menerapkan keterampilan ilmiah yang kontekstual dan kolaboratif. Penelitian ini merekomendasikan implementasi PjBL dalam kegiatan praktikum sebagai strategi pembelajaran vokasi yang relevan dengan kebutuhan abad ke-21.

Kata Kunci: *Project-based learning*; penuntun praktikum; penguasaan konsep; keterampilan proses sains

Abstract: This study aimed to develop a Project-Based Learning (PjBL)-oriented practicum guide for basic molecular biology to enhance students' concept mastery and science process skills in the IPAS subject, particularly on the topic of living organisms and their environment. The development model used was ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation). The research subjects were grade X students from the Health and Social Work Expertise Program at SMKS Galang Insan Mandiri Binjai. Data were collected through needs analysis questionnaires, expert validation sheets, student response questionnaires, and tests of cognitive understanding and science process skills. The practicum guide consisted of three core activities: simple DNA isolation, *in silico* PCR simulation, and basic electrophoresis, all designed in alignment with PjBL syntax. Expert validation results indicated a high level of feasibility: content expert (92.53%), instructional design expert (98.08%), and layout expert (94.81%). The guide's effectiveness was evaluated through an independent sample *t*-test, showing significant differences between experimental and control groups in both concept mastery ($t = 9.299$; $p = 0.000$) and science process skills ($t = 8.800$; $p = 0.000$). These findings demonstrate the practicum guide's effectiveness in improving the quality of molecular biology instruction and fostering students' ability to apply scientific processes in a contextual and collaborative manner. The study recommends adopting PjBL-based practicum guides as a relevant instructional strategy for vocational education in the 21st century.

Keywords: *Project-based learning*; practicum guide; concept mastery; science process skills

How to Cite: Lestari, S., Sipahutar, H., & Harsono, T. (2025). Pengembangan Penuntun Praktikum Biologi Molekuler Dasar Berbasis Project-Based Learning untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep dan Keterampilan Proses Sains Siswa SMK. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 13(2), 1319-1331. doi:<https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i2.16105>



<https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i2.16105>

Copyright© 2025, Lestari et al

This is an open-access article under the CC-BY-SA License.



PENDAHULUAN

Pembelajaran abad ke-21 menuntut siswa menguasai keterampilan berpikir kritis, kreatif, pemecahan masalah, komunikasi, dan kolaborasi (Elitasari, 2022).

Kurikulum Merdeka hadir untuk menjawab tantangan tersebut dengan memberikan fleksibilitas bagi guru dalam merancang pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik (Nurohmah *et al.*, 2023; Yandri *et al.*, 2022). Salah satu pendekatan yang sejalan dengan semangat Merdeka Belajar adalah *Project-Based Learning* (PjBL), yang menekankan pada pembelajaran berpusat pada siswa dan pengembangan keterampilan abad 21. PjBL mendorong keterlibatan aktif, integrasi lintas disiplin, serta pengalaman belajar kontekstual yang mendalam (Alhayat *et al.*, 2023). Model ini sangat relevan diterapkan di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), yang menitikberatkan pada penguasaan keterampilan praktis dan kesiapan kerja (Allanta & Puspita, 2021; Lubis *et al.*, 2024). Oleh karena itu, penerapan PjBL dalam pembelajaran di SMK diharapkan dapat mendukung pencapaian standar kompetensi lulusan yang adaptif terhadap kebutuhan dunia kerja masa kini dan mendatang (Natalia *et al.*, 2023; Fajra & Novalinda, 2020).

Mata pelajaran Projek Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS) dalam Kurikulum Merdeka di SMK dirancang untuk membekali siswa dengan keterampilan ilmiah yang dibutuhkan dalam menghadapi tantangan nyata abad ke-21, terutama yang berkaitan dengan fenomena alam dan sosial. Melalui tiga elemen kompetensi utama yaitu: (1) menjelaskan fenomena ilmiah, (2) merancang penyelidikan, dan (3) menganalisis data dan bukti secara ilmiah yang mendorong pengembangan literasi sains secara kontekstual. Tema pembelajaran disusun agar relevan dengan dunia nyata dan jurusan kesehatan di SMK, khususnya dalam topik makhluk hidup dan lingkungannya. Namun, pemahaman konsep dalam mata pelajaran ini masih cenderung teoritis dan kurang disertai pengalaman praktik langsung (Natalia *et al.*, 2023).

Praktikum biologi molekuler dasar menjadi alternatif pembelajaran yang efektif karena mampu melatih keterampilan proses sains seperti observasi, eksperimen, analisis data, hingga penyimpulan. Keterampilan ini sangat penting dalam berbagai bidang keahlian, termasuk kesehatan, teknologi laboratorium medik, pertanian, dan bioteknologi. Pelaksanaan praktikum biologi molekuler di SMK terkendala oleh ketiadaan panduan, terbatasnya alat, serta lemahnya pemahaman konsep dasar dan akses terhadap sumber ilmiah, yang menghambat efektivitas pembelajaran (Wray, 2024; Almazan & Viñas, 2023; Jimenez *et al.*, 2024). Praktikum juga memperkuat kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah yang sangat dibutuhkan di dunia kerja (Heny & Aviventi, 2023).

Pemahaman konsep dalam Projek IPAS penting untuk membentuk kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah, terutama di bidang kesehatan, teknologi, dan pertanian (Pintubatu, 2023). Keterampilan proses sains mendukung siswa dalam menyelesaikan masalah secara ilmiah dan meningkatkan hasil belajar (Lubis *et al.*, 2024). Namun, kurangnya praktik eksploratif di SMK menyebabkan rendahnya pemahaman konsep dan lemahnya keterampilan proses sains siswa. Sayangnya, di banyak SMK, pembelajaran IPAS belum optimal dalam memberikan ruang eksplorasi dan praktik ilmiah, sehingga siswa kurang terbiasa mengamati, mengolah data, dan menarik kesimpulan secara sistematis. Integrasi praktikum berbasis keterampilan proses menjadi kunci untuk meningkatkan pemahaman konsep sekaligus membentuk karakter ilmiah siswa (Sari *et al.*, 2023; Rahmayumita *et al.*, 2024).

Pengembangan penuntun praktikum ini dirancang untuk mendukung siswa dalam mengembangkan proyek biologi molekuler secara mandiri, sekaligus meningkatkan kreativitas, pengalaman belajar, dan pemahaman konsep. Selaras dengan semangat Kurikulum Merdeka, penuntun ini mendorong kebebasan eksplorasi dan solusi inovatif dalam pembelajaran sains. Dilengkapi dengan petunjuk

yang sistematis dan berbasis pendekatan ilmiah, penuntun ini membantu siswa mengasah keterampilan proses sains mulai dari observasi hingga analisis data secara praktis dan kontekstual. Penyesuaiannya dengan capaian pembelajaran kelas X Program Keahlian Kesehatan dan Pekerjaan Sosial menjadikannya relevan dan aplikatif (Nurdiansah *et al.*, 2021; Ulandari *et al.*, 2022).

Dengan demikian, penuntun praktikum ini diharapkan tidak hanya mempermudah pelaksanaan praktikum, tetapi juga mampu meningkatkan penguasaan konsep dan keterampilan ilmiah siswa, serta membekali lulusan SMK dengan kemampuan berpikir kritis, ketelitian, dan pemecahan masalah berbasis sains yang dibutuhkan di dunia kerja (Wahyuni & Agustina, 2023). Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji kelayakan penuntun praktikum biologi molekuler dasar sebagai media pembelajaran yang sesuai untuk siswa SMK, khususnya pada bidang kesehatan. Fokus utama penelitian adalah memastikan penuntun tersebut valid dan efektif dalam mendukung pembelajaran berbasis proyek guna meningkatkan penguasaan konsep dan keterampilan proses sains siswa pada materi biologi molekuler dasar. Penuntun ini diharapkan selaras dengan Kurikulum Merdeka dan kebutuhan dunia kerja, sehingga mampu memberikan pengalaman belajar yang lebih kontekstual, aktif, dan relevan bagi siswa.

METODE

Penelitian ini merupakan jenis penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) yang menggunakan model ADDIE yang terdiri atas lima tahap, yaitu: analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Model ini digunakan untuk merancang dan mengembangkan penuntun praktikum biologi molekuler berbasis Project-Based Learning (PjBL) pada mata pelajaran Projek IPAS. Penelitian dilaksanakan di SMK Swasta Galang Insan Mandiri Binjai. Subjek penelitian terdiri dari siswa kelas X Program Keahlian Kesehatan dan Pekerjaan Sosial yang dikelompokkan dalam tiga tahapan uji, yaitu uji perorangan, kelompok kecil, dan kelompok terbatas. Pemilihan subjek dilakukan secara purposif berdasarkan variasi kemampuan akademik untuk memastikan keterwakilan data yang diperoleh.

Prosedur penelitian mengikuti urutan tahapan ADDIE. Tahap analisis diawali dengan pengumpulan data kebutuhan melalui observasi dan angket. Tahap desain dilakukan dengan menyusun struktur dan isi penuntun praktikum berdasarkan sintaks PjBL, termasuk instrumen validasi dan evaluasi. Tahap pengembangan meliputi penyusunan prototipe, validasi ahli materi, desain pembelajaran, dan layout, serta revisi produk. Pada tahap implementasi, penuntun praktikum diuji coba di kelas eksperimen, sedangkan kelas kontrol mengikuti pembelajaran konvensional. Tahap evaluasi menilai efektivitas produk melalui uji pretest dan posttest serta analisis respons siswa. Instrumen penelitian meliputi angket kebutuhan, lembar validasi, angket respons siswa, serta soal tes kognitif dan keterampilan proses sains.

Data dianalisis secara kuantitatif dan kualitatif. Analisis deskriptif digunakan untuk menafsirkan hasil validasi ahli dan respons siswa dengan konversi skor ke dalam persentase kategori. Untuk mengukur efektivitas produk, digunakan uji-t dua pihak melalui program SPSS terhadap nilai pretest dan posttest siswa dalam penguasaan konsep dan keterampilan proses sains. Uji normalitas dan homogenitas dilakukan sebagai prasyarat analisis. Tes penguasaan konsep berupa soal pilihan ganda yang telah divalidasi dan diuji reliabilitasnya, sedangkan keterampilan proses sains dinilai melalui soal esai berdasarkan indikator KPS menurut Rustaman. Dengan metode ini, efektivitas penuntun praktikum dianalisis secara menyeluruh dari

segi kelayakan dan dampaknya terhadap penguasaan konsep dan keterampilan proses sains siswa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Analisis (*Analysis*)

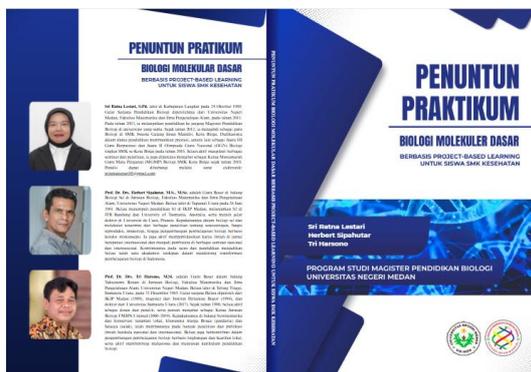
Tahap analisis dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan guru dan siswa terhadap penuntun praktikum biologi molekuler. Berdasarkan hasil angket, 91,7% guru menyatakan bahwa sekolah belum memiliki penuntun praktikum dan 83,3% guru membutuhkan panduan penilaian keterampilan proses sains. Di sisi siswa, 85,7% menunjukkan ketertarikan terhadap kegiatan praktikum, namun 75% menyatakan kesulitan dalam memahami konsep biologi molekuler serta kurang percaya diri dalam menggunakan alat laboratorium. Hasil ini menunjukkan adanya kebutuhan mendesak untuk pengembangan penuntun praktikum yang relevan, kontekstual, dan berbasis proyek.

Tahap Perancangan (*Design*)

Tahap desain menghasilkan *blueprint* penuntun praktikum yang memuat tiga kegiatan utama: isolasi DNA sederhana, PCR *in silico*, dan elektroforesis sederhana. Masing-masing praktikum dirancang menggunakan sintaks Project-Based Learning dan disusun secara sistematis, termasuk tujuan, dasar teori, alat dan bahan, prosedur, jadwal kegiatan, hasil pengamatan, analisis data, serta evaluasi dan kesimpulan. Desain produk juga dilengkapi instrumen penilaian seperti angket, lembar observasi, dan rubrik keterampilan proses sains.

Tahap Pengembangan (*Development*)

Tahap pengembangan merupakan tahap yang dilakukan untuk menghasilkan suatu produk yang akan dikembangkan dari rancangan awal yang sudah dirancang. Kemudian dilakukan validasi penuntun praktikum oleh ahli materi, ahli desain pembelajaran, dan ahli desain *layout*. Hasil Pengembangan Penuntun Praktikum Biologi Molekuler Dasar Berbasis PjBL dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



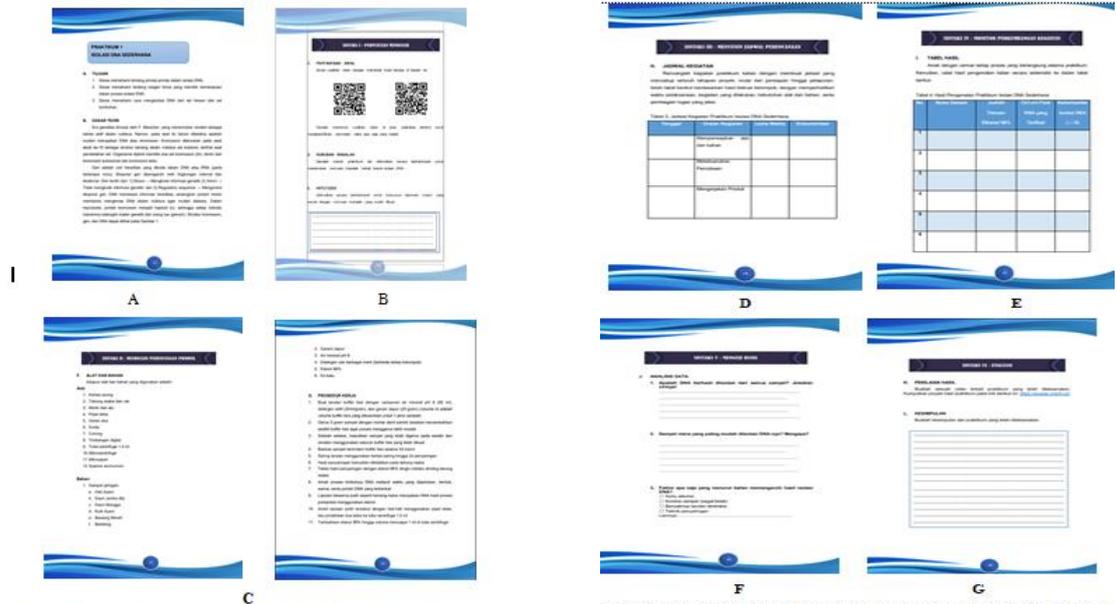
Bagian Sampul



A) Kata Pengantar; B) Daftar Isi; C) Hak, Keawajiban dan Tata Tertib; D) Form Laporan Praktikum

Bagian Pendahuluan

Gambar 1. Bagian sampul dan pendahuluan buku penuntun praktikum



A) Judul Praktikum, Tujuan, dan Dasar Teori; (B) Sintaks I: Pertanyaan Awal, umusan Masalah, dan Hipotesis; (C) Sintaks II: Alat dan Bahan, Prosedur Kerja

Bagian Isi Penuntun Praktikum Biologi Molekuler Dasar. D) Sintaks III: Jadwal kegiatan; E) Sintaks IV: Tabel Hasil; F) Sintaks V: Analisis Data; G) Sintaks VI: penilaian Hasil dan Kesimpulan

Bagian Isi

Bagian Isi

Gambar 2. Bagian isi buku penuntun praktikum

Hasil Validitas Penuntun Praktikum Biologi Molekuler Dasar

1. Validitas ahli materi

Hasil penilaian yang dilakukan oleh tim ahli materi dalam proses validasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi hasil validasi ahli materi

No.	Aspek Penilaian	Persentase	Kriteria
1	Kelayakan Isi Penuntun Praktikum	93,38%	Sangat Baik
2	Kelayakan Penyajian Penuntun Praktikum	91,67%	Sangat Baik
Rata-rata		92,53%	Sangat Baik

Hasil validasi menunjukkan bahwa penuntun praktikum secara keseluruhan memperoleh rata-rata persentase sebesar 92,53%, yang termasuk dalam kategori “Sangat Baik”. Jika dirinci, aspek kelayakan isi memperoleh skor 93,38%, sementara aspek kelayakan penyajian mendapat nilai 91,67%. Sebagian besar indikator mendapatkan penilaian maksimal (100%), terutama pada bagian kesesuaian konsep dengan capaian pembelajaran, keakuratan fakta dan prinsip sains, serta kejelasan kalimat dan bahasa. Hal ini menunjukkan bahwa isi penuntun telah disusun secara cermat dan sesuai dengan prinsip-prinsip keilmuan serta kebutuhan pembelajaran biologi. Namun demikian, terdapat beberapa indikator yang mendapat skor di bawah 90%, meskipun masih dalam kategori “Sangat Baik” dan “Baik”. Beberapa di antaranya adalah kedalaman materi sesuai dengan ilmu pengetahuan (75%), motivasi peserta didik dalam melaksanakan praktikum secara mandiri (75%), serta aspek kebahasaan yang menarik bagi peserta didik (75%).

2. Validitas ahli desain pembelajaran

Hasil penilaian yang dilakukan oleh tim ahli desain pembelajaran dalam proses validasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi hasil validasi ahli desain pembelajaran

No.	Aspek Penilaian	Persentase	Kriteria
1	Kelayakan Isi Penuntun Praktikum	100%	Sangat Baik
2	Kelayakan Penyajian Penuntun Praktikum	98,44%	Sangat Baik
3	Kesesuaian Pembelajaran Berbasis Proyek	100%	Sangat Baik
4	Konstruksi Penyajian	92,50%	Sangat Baik
Rata-rata		97,74%	Sangat Baik

Penuntun praktikum biologi molekuler berbasis *Project-Based Learning* (PjBL) divalidasi dengan hasil sangat baik, memperoleh rata-rata skor 97,74%. Aspek kelayakan isi dan kesesuaian dengan model PjBL mendapat skor sempurna (100%), menunjukkan bahwa isi materi telah relevan dan mencakup seluruh tahapan pembelajaran berbasis proyek. Aspek penyajian meraih skor 98,44%, mencerminkan penggunaan bahasa yang jelas dan struktur informasi yang terintegrasi, sedangkan aspek konstruksi penyajian memperoleh 92,50%, meskipun beberapa indikator seperti kejelasan tujuan pembelajaran masih perlu diperbaiki. Secara keseluruhan, penuntun ini dinilai layak digunakan, sistematis, dan mendukung penguasaan konsep dan keterampilan proses sains siswa serta pembelajaran aktif di SMK

3. Validitas ahli desain *layout*

Hasil penilaian yang dilakukan oleh tim ahli desain pembelajaran dalam proses validasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi hasil validasi ahli desain *layout*

No.	Aspek Penilaian	Persentase	Kriteria
1	Ukuran	100%	Sangat Baik
2	Desain Kulit	97,5%	Sangat Baik
3	Desain Isi	96,67%	Sangat Baik
Rata-rata		98,06%	Sangat Baik

Berdasarkan hasil penilaian, penuntun praktikum memperoleh rata-rata skor 98,06% dan dikategorikan “Sangat Baik”, berdasarkan tiga aspek utama: ukuran (100%), desain kulit (97,5%), dan desain isi (96,67%). Aspek ukuran mendapat skor sempurna karena sesuai standar A4 dan ergonomis bagi pengguna. Pada desain kulit, hampir seluruh indikator dinilai maksimal, kecuali keharmonisan tata letak sampul depan, belakang, dan punggung yang mendapat 75%, menunjukkan perlunya sedikit perbaikan visual. Desain isi juga dinilai sangat baik, meskipun beberapa elemen seperti margin dan pemisahan paragraf masih perlu disempurnakan, sementara elemen lain seperti ilustrasi, spasi, dan tipografi telah memenuhi kriteria optimal.

Tahap Implementasi (*Implementation*)

Penuntun praktikum yang telah dikembangkan dan divalidasi, selanjutnya akan diimplementasikan pada mata pelajaran Projek IPAS aspek makhluk hidup dan lingkungannya di kelas X SMK Swasta Galang Insan Mandiri Binjai. Adapun hasil implementasi penuntun praktikum biologi molekuler dasar berbasis PjBL yang diperoleh terdiri dari: (1) hasil tanggapan siswa uji coba perorangan; (2) hasil tanggapan siswa uji coba kelompok kecil; dan (3) hasil tanggapan siswa uji coba kelompok lapangan terbatas.

Hasil Tanggapan Siswa Uji Coba Perorangan

Hasil tanggapan siswa uji coba perorangan diperoleh dari penyebaran angket kepada siswa sebanyak 3 orang kelas X di SMK Swasta Galang Insan Mandiri Binjai. Adapun aspek yang dinilai dalam tanggapan siswa terhadap penuntun praktikum biologi molekuler dasar berbasis PjBL yaitu: (1) tampilan buku dan (2) paparan materi yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil tanggapan siswa uji coba perorangan terhadap penuntun praktikum biologi molekuler dasar berbasis PjBL

Aspek Penilaian	Persentase Skor (%)	Kategori
Tampilan Buku	93,20%	Sangat Baik
Paparan Materi	88,90%	Sangat Baik
Rata-rata	91,05%	Sangat Baik

Berdasarkan Tabel 4 di atas, maka dapat diketahui bahwa hasil tanggapan siswa terhadap penuntun praktikum biologi molekuler dasar berbasis PjBL memperoleh persentase rata-rata skor sebesar 91,05% dengan kategori sangat baik. Aspek tampilan buku memperoleh persentase skor tertinggi sebesar 93,20% dengan kategori sangat baik. Aspek paparan materi memperoleh persentase skor 88,90% dengan kategori sangat baik. Dengan demikian, penuntun praktikum biologi molekuler dasar berbasis PjBL telah memenuhi kualitas yang baik sehingga dapat digunakan dalam kegiatan praktikum.

Hasil Tanggapan Siswa Uji Coba Kelompok Kecil

Hasil tanggapan siswa uji coba kelompok kecil diperoleh dari penyebaran angket kepada siswa sebanyak 9 orang kelas X di SMK Swasta Galang Insan Mandiri Binjai. Adapun aspek yang dinilai dalam tanggapan siswa terhadap penuntun praktikum biologi molekuler dasar berbasis PjBL yaitu: (1) tampilan buku dan (2) paparan materi yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil tanggapan siswa uji coba kelompok kecil terhadap penuntun praktikum biologi molekuler dasar berbasis PjBL

Aspek Penilaian	Persentase Kevalidan	Kategori
Tampilan Buku	92,93%	Sangat Baik
Paparan Materi	91,20%	Sangat Baik
Rata-rata	92,07	Sangat Baik

Berdasarkan Tabel 5 di atas, maka dapat diketahui bahwa hasil tanggapan siswa terhadap penuntun praktikum biologi molekuler dasar berbasis PjBL memperoleh persentase rata-rata skor sebesar 92,07% dengan kategori sangat baik. Aspek tampilan buku memperoleh persentase skor tertinggi sebesar 92,20% dengan kategori sangat baik. Aspek paparan materi memperoleh persentase skor 91,20% dengan kategori sangat baik. Dengan demikian, penuntun praktikum biologi molekuler dasar berbasis PjBL telah memenuhi kualitas yang baik sehingga dapat digunakan dalam kegiatan praktikum.

Hasil Tanggapan Siswa Uji Coba Kelompok Lapangan Terbatas

Hasil tanggapan siswa uji coba kelompok lapangan terbatas diperoleh dari penyebaran angket kepada siswa sebanyak 21 orang kelas X di SMK Swasta Galang Insan Mandiri Binjai. Adapun aspek yang dinilai dalam tanggapan siswa

terhadap penuntun praktikum biologi molekuler dasar berbasis PjBL yaitu: (1) tampilan buku dan (2) paparan materi yang dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 6. Hasil tanggapan siswa uji coba kelompok lapangan terbatas terhadap penuntun praktikum biologi molekuler dasar berbasis PjBL

Aspek Penilaian	Persentase Kevalidan	Kategori
Tampilan Buku	92,75%	Sangat Baik
Paparan Materi	91,87%	Sangat Baik
Rata-rata	92,31	Sangat Baik

Berdasarkan Tabel 6 di atas, maka dapat diketahui bahwa hasil tanggapan siswa terhadap penuntun praktikum biologi molekuler dasar berbasis PjBL memperoleh persentase rata-rata skor sebesar 92,31% dengan kategori sangat baik. Aspek tampilan buku memperoleh persentase skor tertinggi sebesar 92,75% dengan kategori sangat baik. Aspek paparan materi memperoleh persentase skor 91,87% dengan kategori sangat baik. Dengan demikian, penuntun praktikum biologi molekuler dasar berbasis PjBL telah memenuhi kualitas yang baik sehingga dapat digunakan dalam kegiatan praktikum.

Tahap Evaluasi (*Evaluation*)

Evaluasi penuntun praktikum dilakukan melalui pre-test dan post-test untuk mengukur penguasaan konsep dan keterampilan proses sains siswa. Pre-test digunakan untuk mengetahui kemampuan awal siswa, sedangkan post-test mengevaluasi hasil setelah pembelajaran. Perbandingan dilakukan antara kelas eksperimen yang menggunakan penuntun praktikum dan kelas kontrol yang tidak, guna menilai efektivitas penggunaan penuntun tersebut.

1. Nilai Pre Tes dan Post Tes Penguasaan Konsep Siswa pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Hasil pre-test penguasaan konsep menunjukkan bahwa rata-rata nilai siswa kelas eksperimen adalah 48,64 dengan standar deviasi 10,31 ($n = 25$), sedangkan kelas kontrol memiliki rata-rata 45,47 dengan standar deviasi 7,89 ($n = 30$). Setelah pembelajaran, hasil post-test menunjukkan peningkatan signifikan pada kelas eksperimen dengan rata-rata nilai 85,76 dan standar deviasi 4,91, sementara kelas kontrol mencapai rata-rata 74,67 dengan standar deviasi 5,07. Data ini mengindikasikan bahwa penggunaan penuntun praktikum berbasis PjBL berkontribusi positif terhadap peningkatan pemahaman konsep biologi molekuler siswa.

2. Nilai Pre Tes dan Post Tes Keterampilan Proses Sains Siswa pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

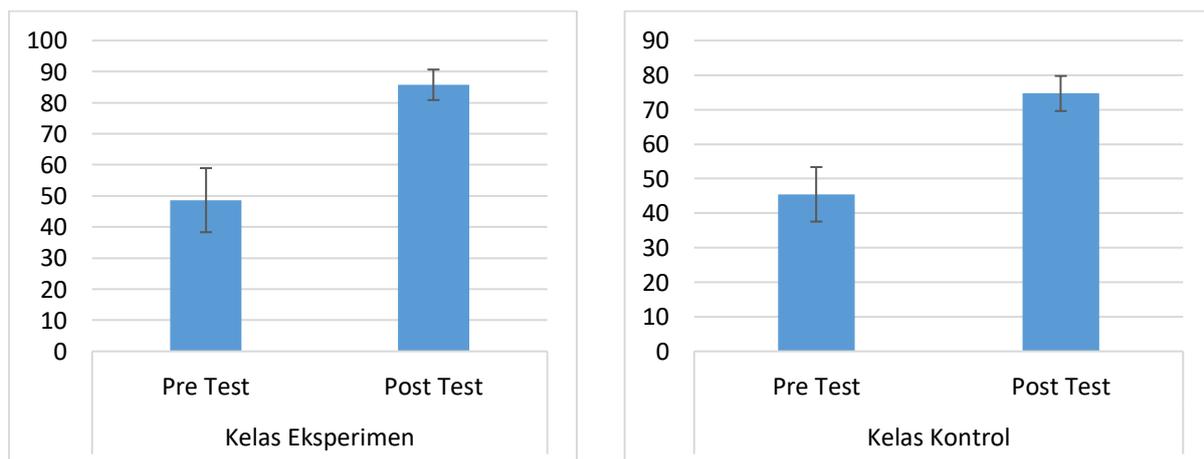
Hasil pre-test keterampilan proses sains menunjukkan bahwa rata-rata nilai siswa kelas eksperimen adalah 38,30 dengan standar deviasi 6,64 ($n = 25$), sedangkan kelas kontrol memiliki rata-rata 34,33 dengan standar deviasi 8,17 ($n = 30$). Setelah pembelajaran, nilai post-test siswa kelas eksperimen meningkat signifikan menjadi rata-rata 87,00 dengan standar deviasi 3,75, sedangkan kelas kontrol mencapai rata-rata 77,83 dengan standar deviasi 3,92. Data ini menunjukkan bahwa penggunaan penuntun praktikum berbasis PjBL secara efektif meningkatkan keterampilan proses sains siswa dibandingkan pembelajaran tanpa penuntun.

3. Hasil Uji Peningkatan Penguasaan Konsep Siswa

Hasil uji normalitas Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa data pre-test dan post-test pada kelas eksperimen dan kelas kontrol berdistribusi normal, karena seluruh nilai signifikansi $> 0,05$ (kelas eksperimen: pre-test = 0,562; post-test = 0,085 dan kelas kontrol: pre-test = 0,170; post-test = 0,062). Selain itu, uji homogenitas menunjukkan bahwa varians kedua kelompok juga homogen, dengan nilai signifikansi pre-test sebesar 0,305 dan post-test sebesar 0,802 ($p > 0,05$). Dengan demikian, data memenuhi syarat untuk dilakukan uji statistik parametrik.

Analisis uji-t dilakukan untuk mengevaluasi perbedaan penguasaan konsep antara siswa kelas eksperimen dan kontrol. Uji-t awal pada nilai pre-test menunjukkan bahwa kedua kelas memiliki kemampuan awal yang setara, dengan nilai signifikansi sebesar 0,202 ($t = 1,292$; $df = 53$; $p > 0,05$). Selanjutnya, uji-t berpasangan dalam masing-masing kelas menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan. Pada kelas eksperimen, terjadi peningkatan penguasaan konsep yang sangat signifikan dengan nilai $t = -23,075$ dan $p = 0,000$, sementara kelas kontrol juga menunjukkan peningkatan meskipun lebih rendah ($t = -28,696$; $p = 0,000$).

Perbandingan nilai post-test antara kelas eksperimen dan kontrol menghasilkan perbedaan yang signifikan ($t = 8,192$; $p = 0,000$), dengan selisih rata-rata sebesar 11,093. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan penuntun praktikum berbasis PjBL memberikan pengaruh positif dan signifikan terhadap peningkatan penguasaan konsep siswa dibandingkan pembelajaran tanpa penuntun. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perlakuan berupa penggunaan penuntun praktikum efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep biologi molekuler di tingkat SMK. Perbandingan hasil pre tes dan post tes kelas eksperimen dan kelas kontrol dapat dilihat pada Gambar 3.



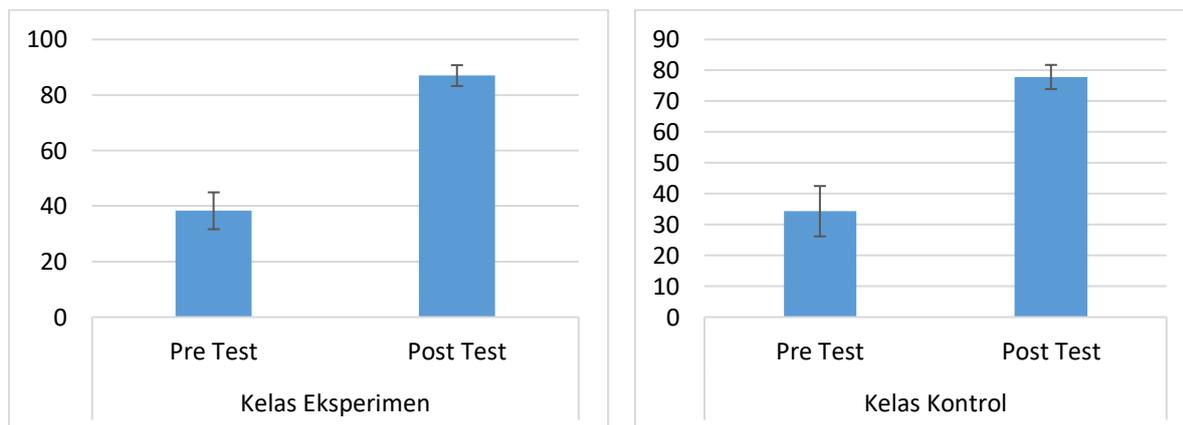
Gambar 3. Perbandingan rata-rata nilai pre tes dan post tes penguasaan konsep siswa kelompok kelas eksperimen dan kelas kontrol

4. Hasil Uji Peningkatan Keterampilan Proses Sains Siswa

Analisis peningkatan keterampilan proses sains (KPS) dilakukan untuk mengukur efektivitas penuntun praktikum berbasis PjBL secara objektif, tanpa dipengaruhi faktor eksternal. Sebelum dilakukan uji hipotesis, analisis prasyarat meliputi uji normalitas dan homogenitas dilakukan dengan bantuan SPSS. Hasil uji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa data pre-test dan post-test pada kelas eksperimen maupun kontrol memiliki distribusi normal (seluruh nilai signifikansi $> 0,05$). Selanjutnya, uji homogenitas menggunakan Levene Statistic juga menunjukkan bahwa varians kedua kelompok homogen, baik pada pre-test ($p =$

0,185) maupun post-test ($p = 0,675$). Dengan terpenuhinya syarat normalitas dan homogenitas, maka data dinyatakan layak untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan uji statistik parametrik.

Hasil uji-t digunakan untuk menganalisis perbedaan peningkatan KPS antara kelas eksperimen dan kontrol. Uji pre-test menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan antara kedua kelompok ($t = 1,948$; $p = 0,057$), yang menandakan bahwa kemampuan awal siswa relatif seimbang. Namun, setelah perlakuan, hasil post-test menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($t = 8,800$; $p = 0,000$), di mana kelas eksperimen memiliki rata-rata nilai KPS yang lebih tinggi. Uji-t berpasangan dalam masing-masing kelas juga menunjukkan peningkatan signifikan: kelas eksperimen ($t = -47,659$; $p = 0,000$) dan kelas kontrol ($t = -42,888$; $p = 0,000$), meskipun peningkatan pada kelas eksperimen lebih besar. Temuan ini menegaskan bahwa penggunaan penuntun praktikum berbasis PjBL secara efektif meningkatkan keterampilan proses sains siswa. Perbandingan hasil pre tes dan post tes kelas eksperimen dan kelas kontrol dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan rata-rata nilai pre tes dan post tes keterampilan proses sains siswa kelompok kelas eksperimen dan kelas kontrol

Pembelajaran berbasis praktikum yang menggunakan penuntun berbasis *Project-Based Learning* (PjBL) terbukti memberikan dampak positif yang signifikan terhadap peningkatan hasil belajar siswa. Efektivitas penuntun ini dibuktikan melalui analisis kuantitatif nilai pre-test dan post-test pada dua aspek penting: penguasaan konsep dan keterampilan proses sains (KPS). Hasil uji-t menunjukkan adanya peningkatan yang sangat signifikan pada kedua aspek di kelas eksperimen dibandingkan kelas kontrol. Nilai t untuk penguasaan konsep mencapai $-23,075$ ($p < 0,05$), dan untuk keterampilan proses sains sebesar $-47,659$ ($p < 0,05$), mengindikasikan bahwa perbedaan hasil antara sebelum dan sesudah perlakuan bukanlah hasil kebetulan, tetapi merupakan dampak langsung dari penggunaan penuntun praktikum.

Lebih jauh, selisih rata-rata antara pre-test dan post-test pada kelas eksperimen menunjukkan lonjakan skor yang besar, yaitu 37,12 poin untuk penguasaan konsep dan 48,70 poin untuk keterampilan proses sains. Sebaliknya, kelas kontrol hanya menunjukkan peningkatan sebesar 29,20 poin dan 43,50 poin untuk masing-masing aspek. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun pembelajaran biasa juga meningkatkan hasil belajar, penggunaan penuntun praktikum PjBL memberikan peningkatan yang lebih optimal. Hal ini menunjukkan bahwa pengalaman praktik yang terstruktur dan berbasis proyek mampu memperkuat pemahaman konsep secara mendalam sekaligus mengembangkan kemampuan ilmiah siswa, seperti

mengamati, menganalisis, merumuskan hipotesis, serta menyimpulkan secara logis. Dengan demikian, penuntun praktikum ini dapat dikategorikan sebagai media pembelajaran yang efektif dalam membentuk kompetensi saintifik dan keterampilan abad ke-21 siswa SMK.

Hal ini sesuai dengan temuan Sulistyorini *et al.* (2022), yang menyatakan bahwa media pembelajaran kontekstual berbasis proyek dapat meningkatkan partisipasi aktif siswa dan mempermudah guru dalam pelaksanaan pembelajaran. Hasil penelitian oleh Hendrayana (2021) juga menegaskan bahwa kejelasan struktur dan instruksi dalam media sangat menentukan keberhasilan proses praktikum. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pengembangan panduan praktikum yang tepat dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran. Utami & Ristono (2022) membuktikan bahwa panduan praktikum sangat praktis digunakan siswa SMA. Rahmi (2021) mengembangkan panduan berbasis pendekatan ilmiah yang terbukti valid dan mampu meningkatkan keterampilan siswa secara menyeluruh. Sementara itu, Ontowiryo *et al.* (2024) menunjukkan bahwa e-book praktikum berbasis inkuiri terbimbing mendorong kemandirian dan keterlibatan siswa melalui akses digital yang praktis. Kepraktisan ini merupakan pencapaian penting karena mendorong pelaksanaan praktikum yang lebih mandiri dan efisien. Penuntun ini tidak hanya mempermudah siswa, tetapi juga guru dalam mengarahkan kegiatan pembelajaran laboratorium. Dengan demikian, penuntun ini layak dijadikan model atau referensi dalam pengembangan media praktikum serupa di SMK lainnya.

KESIMPULAN

Penuntun praktikum biologi molekuler berbasis PjBL divalidasi oleh para ahli dengan hasil sangat baik: ahli materi (92,53%), ahli desain pembelajaran (98,08%), dan ahli layout (98,06%). Saran perbaikan minor seperti penambahan rubrik penilaian, perbaikan margin, dan tata letak telah diterapkan. Respon siswa pada uji coba juga sangat positif, dengan skor di atas 91%, menunjukkan bahwa penuntun ini mudah dipahami dan menarik. Secara efektivitas, penuntun ini terbukti meningkatkan penguasaan konsep dan keterampilan proses sains siswa secara signifikan. Nilai rata-rata post-test kelas eksperimen meningkat tajam dibanding pre-test, dan lebih tinggi dari kelas kontrol. Hasil uji-t menunjukkan perbedaan yang signifikan antar kelompok, membuktikan bahwa penuntun ini efektif dalam mendukung pembelajaran berbasis proyek di SMK.

REKOMENDASI

Penulis merekomendasikan perlunya penerapan penuntun praktikum secara lebih luas di berbagai program keahlian dan pengembangannya ke dalam bentuk digital interaktif. Penelitian lanjutan disarankan untuk menguji dampak jangka panjangnya terhadap literasi sains dan kesiapan kerja siswa. Hambatan utama yang dihadapi meliputi keterbatasan sarana laboratorium, waktu pelaksanaan, serta kesiapan guru, sehingga dibutuhkan dukungan kebijakan dan pelatihan untuk optimalisasi implementasinya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada para dosen pembimbing, dekan FMIPA, ketua jurusan biologi dan prodi magister pendidikan biologi Universitas Negeri Medan yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan pendidikan. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada SMK Swasta Galang Insan Mandiri Binjai, khususnya kepala sekolah, guru, dan siswa program keahlian kesehatan yang

telah memberikan dukungan dan berpartisipasi aktif selama pelaksanaan penelitian. Tanpa bantuan dan kerja sama berbagai pihak, penelitian ini tidak dapat berjalan dengan optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Alhayat, A., Mukhidin, M., Utami, T., & Yustikarini, R. (2023). The Relevance of the Project-Based Learning (PjBL) Learning Model with “Kurikulum Merdeka Belajar”. *DWIJA CENDEKIA: Jurnal Riset Pedagogik*, 7(1), 105-116.
- Allanta, T. R., & Puspita, L. (2021). Analisis keterampilan berpikir kritis dan self efficacy peserta didik: Dampak PjBL-STEM pada materi ekosistem. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 7(2), 158-170.
- Branch, Robert. (2010). *Instructional design: The ADDIE approach*. 10.1007/978-0-387-09506-6.
https://www.academia.edu/79582125/Instructional_Design_The_ADDIE_Approach
- Ceran, S. A., & Ates, S. (2020). Measuring Scientific Process Skills With Different Test Formats: A Research from The Perspective of Cognitive Styles. *Journal of Education in Science Environment and Health*, 6(3), 220-230.
- Elitasari, H. T. (2022). Kontribusi Guru dalam Meningkatkan Kualitas Pendidikan Abad 21. *Jurnal Basicedu*, 6(6), 9508-9516.
- Fajra, M., & Novalinda, R. (2020). Project Based Learning: Innovation To Improve the Suitability of Productive Competencies in Vocational High Schools With the Needs of the World of Work. *International Journal Of Multi Science*, 1(08), 1–11.
- Heny, A. P., & Aviventi, E. (2023). Profil Kemampuan Metakognitif Siswa Jurusan Kesehatan pada Mata Pelajaran IPAS (Biologi) di SMK Muhammadiyah 3 Wates. *Al Jahiz: Journal of Biology Education Research*, 4(1), 9-15.
- Jiménez, C., Garrote-de-Barros, A., López-Portugués, C., Hernández-Sánchez, M., & Díez, P. (2024). Characterization of human B cell hematological malignancies using protein-based approaches. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(9), 1-29.
- Lubis, D. C., Harahap, F. K. S., Syahfitri, N., Sazkia, N., & Siregar, N. E. (2024). Pembelajaran Berbasis Proyek: Mengembangkan Keterampilan Abad 21 di Kelas. *Edu Society: Jurnal Pendidikan Ilmu Sosial dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(1), 1292-1300.
- Natalia, D., Herpratiwi, H., Nurwahidin, M., & Riswandi, R. (2023). Pengembangan Modul IPAS Berbasis Proyek Untuk Meningkatkan Kreativitas Belajar Siswa. *Jurnal Teknologi Pendidikan: Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pembelajaran*, 8(2), 327-338
- Nurdiansah, I., Makiyah, Y. S., Fisika, P., & Siliwangi, U. (2021). Efektivitas Modul Hybrid Project Based Learning (H-Pjbl) Berbasis Laboratorium Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 7(2), 104-110.
- Nurohmah, A. N., Kartini, D., & Rustini, T. (2023). Relevansi Kebijakan Kurikulum Merdeka dengan Pendidikan Abad 21 pada Pembelajaran IPS di SD. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(3), 24-35.
- Ontowiryo, M. A. D., Wijayanti, E., & Norra, B. I. (2024). Development of A Guided Inquiry-Based Practicum Guide E-Book In Biology Learning. *Biosfer: Jurnal Tadris Biologi*, 15(1), 33-44.

- Pintubatu, J. (2023). Keterampilan Proses Sains pada Pembelajaran IPAS Berorientasi Outdoor Learning Siswa SMK Negeri 1 Lolak. *Charm Sains: Jurnal Pendidikan Fisika*, 4(1), 7-12.
- Sari, M. M., Yulinda, R., & Zubaidah, S. (2023). Analysis of Sciences Process Skills of Science Education Students in Microbiology Practice. *Asian Journal of Science Education*, 5(1), 83–89.
- Rahmayumita, R., Jannah, M., Novriandami, A., Kusumasari, A., Rahmad, M., & Linda, R. (2024). Science Laboratory: A Student's Perception of Practicum Implementation at Junior High School. *Asian Journal of Science Education*, 6(1), 1-10.
- Rahmi, M. (2021, June). Development of plant physiology practical guide book with scientific approach for education. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1918, No. 5, p. 052066). IOP Publishing.
- Ramadanti, F., Mutaqin, A., & Hendrayana, A. (2021). Pengembangan E-Modul Matematika Berbasis PBL (Problem Based Learning) pada Materi Penyajian Data untuk Siswa SMP. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(3), 2733-2745.
- Sulistiyorini, S., & Listiadi, A. (2022). Pengembangan media pembelajaran Ispring Suite 10 berbasis android pada materi jurnal penyesuaian di SMK. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(2), 2116-2126.
- Utami, Y. P., & Ristiono, R. (2022). Pengembangan Buku Penuntun Praktikum Biologi Tentang Materi Difusi Dan Osmosis Untuk Peserta Didik Kelas XI SMA. *Jurnal Pendidikan Rokania*, 7(2), 210-217.
- Ulandari, R., Selaras, G. H., Alberida, H., & Yogica, R. (2022). Validitas Penuntun Praktikum Biologi Berbasis Pendekatan Saintifik untuk Kelas XI SMA Semester I. *Fondatia*, 6(4), 807-816.
- Wahyuni, S., & Agustina, L. (2023). Pengembangan Panduan Praktikum Biologi Berbasis Digitak pada Materi Jaringan Hewan Kelas XI SMA Nurul Falah Pekanbaru. *Bio-Lectura: Jurnal Pendidikan Biologi*, 10(1), 117-132.
- Wray, C. (2024). Classroom to career: Implementation considerations for engaging students with meaningful DNA sequencing learning opportunities. In *Rigor and Reproducibility in Genetics and Genomics* (pp. 137-155). Academic Press.
- Yandri, T., Syamsurizal, S., Rahmi, Y. L., Yogica, R., & Adriani, F. (2022). Analisis Kebutuhan Pengembangan Booklet Keanekaragaman Hayati di Indonesia sebagai Suplemen Bahan Ajar Kelas X IPA SMA/MA. *Ruang-Ruang Kelas: Jurnal Pendidikan Biologi*, 2(2), 30-41.