



Inovasi E-Modul Praktikum Variasi Genetik Lalat Buah Lokal Berbasis *Project-Based Learning* Mapalus dalam Meningkatkan Keterampilan Proses Sains

Nirmala Sandra Fabiola Lucia Woi^{1*}, Herry Maurits Sumampouw², Mariana Rengkuan³

¹⁻³Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Negeri Manado, Indonesia

*Penulis Korespondensi: nirmalasandra03@gmail.com

Abstract. Genetics learning at the junior high school level still faces obstacles due to the lack of interactive practicum media that can help students understand abstract concepts contextually. The use of local fruit flies (*Drosophila melanogaster*) combined with the Mapalus cultural value is a learning innovation with the potential to improve students' science process skills. This study aims to develop and examine the feasibility and effectiveness of a practicum e-module on the genetic variation of local fruit flies based on Project-Based Learning (PjBL) Mapalus toward the science process skills of grade IX-B students. The study used the Research and Development (R&D) method with the 4D development model (Define, Design, Develop, Disseminate) and a mixed methods approach. The research was conducted at SMP Katolik Stella Maris Tomohon, involving small-group and large-group trials using validation instruments, questionnaires, and achievement tests. The results show: media validation obtained 96.25%, material validation 91.67%, and teacher assessment 91.25%, all in the very feasible category. Student response reached 83.35% in the very good category. The Wilcoxon Signed-Rank Test yielded $p = 0.000 (< 0.05)$, indicating a significant improvement in learning outcomes, with the mean score increasing from 51.36 to 76.36. The N-Gain analysis obtained 0.495 (moderate category), and 16 of 22 students (72.72%) achieved moderate to high improvement.

Keywords: *Drosophila Melanogaster*; Genetic Variation; Local Wisdom of Mapalus; Practicum E-Module; Project-Based Learning.

Abstrak. Pembelajaran genetika di tingkat SMP masih menghadapi tantangan dalam memfasilitasi peserta didik memahami konsep-konsep abstrak melalui kegiatan praktikum yang kontekstual dan interaktif. Pemanfaatan lalat buah lokal (*Drosophila melanogaster*) sebagai objek praktikum yang dipadukan dengan pendekatan *Project-Based Learning* berbasis nilai budaya Mapalus dalam E-Modul diharapkan dapat meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik. Penelitian ini bertujuan mengembangkan serta menguji kelayakan dan efektivitas e-modul praktikum variasi genetik lalat buah lokal berbasis *Project-Based Learning* (PjBL) Mapalus terhadap keterampilan proses sains peserta didik kelas IX-B SMP. Penelitian menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model pengembangan 4D (Define, Design, Develop, Disseminate) dan pendekatan mixed methods. Penelitian dilaksanakan di SMP Katolik Stella Maris Tomohon dengan melibatkan uji kelompok kecil dan kelompok besar menggunakan instrumen validasi, angket, dan tes hasil belajar. Hasil penelitian menunjukkan: validasi media memperoleh nilai 96,25%, validasi materi 91,67%, dan penilaian guru 91,25% dengan kategori sangat layak. Respons peserta didik mencapai 83,35% dengan kategori sangat baik. Hasil uji Wilcoxon Signed-Rank Test menunjukkan nilai $p = 0,000 (< 0,05)$ yang berarti terdapat peningkatan hasil belajar yang signifikan, dengan nilai rata-rata meningkat dari 51,36 menjadi 76,36. Analisis N-Gain memperoleh skor 0,495 (kategori sedang) dan sebanyak 16 dari 22 peserta didik (72,72%) memperoleh peningkatan sedang hingga tinggi.

Kata Kunci: *Drosophila Melanogaster*; E-Modul Praktikum; Kearifan Lokal Mapalus; *Project-Based Learning*; Variasi Genetik.

1. LATAR BELAKANG

Pendidikan merupakan proses yang dirancang secara sadar untuk menciptakan kondisi belajar yang memungkinkan peserta didik mengembangkan potensi secara optimal (Abd Rahman et al., 2022). Dalam pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA), ketersediaan sarana dan media pembelajaran berperan penting dalam menunjang keterlibatan dan hasil belajar peserta didik (Piska et al., 2022). Salah satu materi IPA yang dinilai sulit dipahami peserta

didik di tingkat SMP adalah genetika, karena konsepnya bersifat abstrak dan sering hanya disampaikan secara teoritis tanpa pengalaman praktikum langsung.

Konsep genetika yang abstrak menuntut peserta didik untuk memperoleh pengalaman belajar langsung agar pemahamannya menjadi lebih bermakna. Salah satu pendekatan yang terbukti mampu memfasilitasi hal tersebut adalah *Project-Based Learning* (PjBL), karena peserta didik tidak hanya belajar teori, tetapi juga dilatih berpikir analitis dan bekerja sama dalam tim saat mengerjakan proyek (Rengkuan, 2025; Sadikin, 2024; Sijabat et al., 2024). Dalam penelitian ini, lalat buah lokal (*Drosophila melanogaster*) digunakan sebagai model praktikum karena mudah ditemukan di lingkungan sekitar serta sesuai untuk menjelaskan pola pewarisan sifat (Fauzi & Ramadani, 2017). Namun, pemanfaatannya di Indonesia masih terbatas pada pengamatan dasar seperti morfologi dan siklus hidup (Fatmawati et al., 2022).

Selain itu, penggunaan modul elektronik pada pembelajaran IPA menunjukkan hasil yang lebih baik dalam meningkatkan motivasi dan prestasi peserta didik dibandingkan media konvensional (Fidiastuti et al., 2021). Meskipun demikian, integrasi PjBL dengan konteks lokal dalam pengembangan e-modul masih terbatas. Pengembangan bahan ajar dan modul yang sistematis melalui pendekatan Research and Development telah terbukti menghasilkan produk yang valid, praktis, dan efektif pada berbagai konteks pembelajaran (Domu & Mangelep, 2019a, 2019b, 2019c, 2019d, 2020, 2025; Runturambi et al., 2026; Somba et al., 2026). Salah satu kearifan lokal yang belum dimanfaatkan secara optimal adalah nilai Mapalus dari Sulawesi Utara, yang mengandung semangat gotong royong dan relevan untuk menumbuhkan kerja sama serta tanggung jawab peserta didik selama pembelajaran berbasis proyek (Domu & Mangelep, 2025; Karepowan, 2014; Sumampouw, 2021; Sumampouw & Mokal, 2024; Yunike et al., 2023).

Hasil observasi dan wawancara langsung dengan guru IPA di SMP Katolik Stella Maris Tomohon menunjukkan bahwa proses pembelajaran masih cenderung berpusat pada guru (*teacher-centered*), sebagian peserta didik menunjukkan minat belajar yang rendah, serta media pembelajaran yang digunakan masih terbatas pada buku teks dan alat peraga sederhana. Keterbatasan media praktikum membuat peserta didik kurang memperoleh pengalaman belajar yang relevan dengan kehidupan sehari-hari, sehingga partisipasi aktif dan keterampilan proses sains belum berkembang optimal.

Permasalahan-permasalahan di atas menjadi dasar diperlukan inovasi pembelajaran yang mampu memadukan media digital, pendekatan berbasis proyek, pemanfaatan organisme lokal, serta nilai-nilai kearifan lokal. Penelitian ini bertujuan mengembangkan e-modul praktikum variasi genetik lalat buah lokal berbasis *Project-Based Learning* (PjBL) Mapalus,

serta menguji kelayakan dan efektivitasnya dalam meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik. Kebaruan penelitian ini terletak pada pengoperasionalan nilai kearifan lokal Mapalus secara konkret ke dalam desain bahan ajar digital pada jenjang SMP, yang selama ini masih jarang dikaji dalam pembelajaran genetika.

2. KAJIAN TEORITIS

Project-Based Learning (PjBL)

Project-Based Learning (PjBL) merupakan pendekatan pembelajaran yang berorientasi pada peserta didik melalui kegiatan berbasis proyek dengan produk nyata sebagai hasil akhirnya. Peserta didik diberi kesempatan untuk merencanakan, melaksanakan, serta mengevaluasi proyek secara kolaboratif hingga mencapai tujuan pembelajaran (Damayanti, 2023). Model ini mendorong peserta didik mengumpulkan dan mengolah data untuk menghasilkan karya yang bernilai guna, sekaligus mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah (Nurhadiyati & Rusdinal, 2021). Kelebihan PjBL antara lain meningkatkan semangat belajar, melatih kerja sama, mendorong kreativitas, serta mengasah kemampuan *problem solving* (Roosmalisa, 2023).

E-Modul Praktikum

E-modul merupakan media pembelajaran berbasis elektronik yang menyajikan materi dalam bentuk teks, visual, animasi, dan evaluasi interaktif secara sistematis sehingga peserta didik dapat belajar secara mandiri (Padwa & Erdi, 2021). Penyusunan e-modul menurut Widodo; Najuah et al. (2020) meliputi penetapan kompetensi, analisis kebutuhan materi, penyusunan draf, uji coba, validasi, serta revisi dan produksi. Pemanfaatan media digital yang tepat terbukti mampu meningkatkan literasi digital dan hasil belajar peserta didik, sejalan dengan temuan pengembangan media dan perangkat pembelajaran berbasis teknologi (Mangelep, 2018a, 2018b; Tiwow et al., 2022).

Hukum Mendel dan Variasi Genetik

Pewarisan sifat pertama kali dikemukakan secara ilmiah oleh Gregor Johann Mendel. Hukum segregasi menyatakan bahwa sepasang alel akan berpisah secara acak selama pembentukan gamet, sebagaimana terlihat pada persilangan monohibrid dengan rasio fenotip F₂ sebesar 3:1. Hukum asortasi bebas menyatakan bahwa alel dari gen yang berbeda berpasangan secara bebas, yang dibuktikan melalui persilangan dihibrid dengan rasio fenotip F₂ sebesar 9:3:3:1 (Campbell et al., 2010). Dalam pembelajaran, lalat buah (*Drosophila melanogaster*) sering dijadikan organisme model karena siklus hidupnya singkat, mudah

dipelihara, dan menunjukkan variasi genetik yang dapat diamati secara langsung (Corebima, 2015; Shefa et al., 2016).

Keterampilan Proses Sains dan Nilai Mapalus

Keterampilan proses sains merupakan serangkaian kemampuan intelektual dan fisik yang digunakan peserta didik untuk memperoleh pengetahuan dan memecahkan masalah ilmiah. Keterampilan ini terbagi menjadi keterampilan dasar, seperti mengamati dan mengklasifikasi, serta keterampilan terintegrasi, seperti merumuskan hipotesis dan merancang eksperimen (Sumampouw & Moku, 2024). Sementara itu, Mapalus adalah tradisi kerja sama mutual masyarakat Minahasa yang mengandung lima prinsip pokok, yaitu tolong-menolong, keterbukaan, disiplin, kebersamaan, dan daya guna (Karepowan, 2014). Integrasi nilai Mapalus dalam pembelajaran diharapkan mampu menumbuhkan keterampilan sosial, kerja sama, dan sikap saling membantu di antara peserta didik (Yunike et al., 2023).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development/R&D*) dengan pendekatan *mixed methods*. Model pengembangan yang digunakan adalah model 4D (Thiagarajan et al., 1974), yang meliputi tahap pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*), dan penyebaran (*disseminate*). Model ini dipilih karena tahapannya sesuai dengan tujuan penelitian, yakni menghasilkan produk berupa bahan ajar berbasis multimedia (Maydiantoro, 2025).

Penelitian dilaksanakan di SMP Katolik Stella Maris Tomohon pada bulan Desember 2025. Subjek penelitian adalah peserta didik kelas IX-B, dengan uji coba kelompok kecil terhadap 8 peserta didik dan uji coba kelompok besar terhadap 22 peserta didik. Seluruh pengukuran efektivitas, meliputi pretest, posttest, uji normalitas, uji hipotesis, dan uji N-Gain, dilaksanakan pada 22 peserta didik kelompok besar sesuai desain *one group pretest-posttest* (Setyosari, 2016). Objek penelitian adalah e-modul praktikum genetika dan keterampilan proses sains peserta didik.

Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data

Instrumen yang digunakan meliputi lembar wawancara, kuesioner, dan tes. Kuesioner berskala Likert digunakan untuk memperoleh data dari ahli media, ahli materi, guru, dan peserta didik guna menguji kelayakan produk. Tes berupa pretest dan posttest dalam bentuk pilihan ganda digunakan untuk mengukur efektivitas e-modul terhadap keterampilan proses sains. Sebelum digunakan, butir soal tes diuji validitasnya menggunakan korelasi Pearson

(valid jika $\text{sig.} < 0,05$) dan reliabilitasnya menggunakan *Cronbach's Alpha* dengan bantuan SPSS versi 25.

Teknik Analisis Data

Data kualitatif berupa hasil wawancara dan saran validator dianalisis secara deskriptif. Data kuantitatif berupa skor validasi dan respon dianalisis menggunakan rumus persentase, yaitu total skor yang diperoleh dibagi skor maksimum dikalikan 100%, kemudian dikonversi ke dalam kategori kelayakan. Efektivitas produk diukur melalui uji normalitas *Shapiro-Wilk*, uji hipotesis *Wilcoxon Signed-Rank Test* (karena data tidak berdistribusi normal), dan analisis *Normalized Gain* (N-Gain). Kriteria interpretasi kelayakan produk disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Interpretasi Kelayakan Produk.

Persentase (%)	Kategori
81,25 – 100	Sangat Layak
62,50 – 81,24	Layak
43,75 – 62,49	Tidak Layak
25,00 – 43,74	Sangat Tidak Layak

Adapun kriteria interpretasi N-Gain menurut Hake (1998) yaitu tinggi ($g \geq 0,70$), sedang ($0,30 \leq g < 0,70$), dan rendah ($g < 0,30$), dengan rumus $N\text{-Gain} = (S^{\text{post}} - S^{\text{pre}}) / (S^{\text{maks}} - S^{\text{pre}})$.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Pendefinisian (*Define*)

Analisis awal-akhir menunjukkan bahwa kelas IX-B SMP Katolik Stella Maris Tomohon telah menerapkan Kurikulum Merdeka, namun bahan ajar utama masih berupa buku paket dan e-modul umum yang belum secara khusus memfasilitasi kegiatan praktikum. Hasil wawancara dengan guru dan peserta didik menunjukkan kebutuhan akan media penuntun praktikum yang menarik dan kontekstual. Analisis peserta didik menunjukkan bahwa peserta didik berusia 13–14 tahun berada pada tahap awal operasional formal, sehingga mampu berpikir logis dan abstrak meski masih memerlukan bantuan pada materi yang kompleks. Analisis tugas, konsep, dan tujuan diarahkan pada Capaian Pembelajaran IPA Fase D mengenai struktur gen, Hukum Mendel pada persilangan monohibrid dan dihibrid, serta variasi genetik yang diamati langsung pada morfologi lalat buah lokal.

Tahap Perancangan (*Design*)

Pada tahap perancangan disusun kerangka awal e-modul (*prototipe*) yang terdiri atas *cover*, kata pengantar, daftar isi, tata tertib praktikum, petunjuk penggunaan, ketentuan laporan, pendahuluan, landasan teori, alat dan bahan, prosedur praktikum, materi, latihan, laporan, glosarium, daftar pustaka, dan biodata penulis. Media dirancang menggunakan aplikasi Canva

dan disajikan dalam bentuk PDF interaktif serta flipbook digital yang dapat diakses melalui smartphone maupun laptop. Penyusunan tes dilakukan dengan berpedoman pada Capaian Pembelajaran dan tujuan pembelajaran dalam bentuk soal pilihan ganda.

Tahap Pengembangan (Develop)

Validasi Ahli Media dan Materi

Validasi media dilakukan oleh dosen ahli melalui dua tahap. Skor validasi media meningkat dari 76,25% (kategori Layak) pada tahap I menjadi 96,25% (kategori Sangat Layak) pada tahap II setelah dilakukan revisi berdasarkan masukan validator, seperti perubahan warna dominan menjadi hijau, penggantian jenis huruf menjadi Times New Roman, penambahan nomor halaman, serta perbaikan tata letak. Validasi materi juga dilakukan dua tahap dan meningkat dari 75,00% menjadi 91,67% (kategori Sangat Layak) setelah materi Hukum Mendel, pewarisan sifat, dan variasi genetik lalat buah lokal diselaraskan dengan Capaian Pembelajaran. Rekapitulasi hasil validasi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Validasi dan Penilaian Kelayakan.

Penilai	Persentase (%)	Kategori
Ahli Media	96,25	Sangat Layak
Ahli Materi	91,67	Sangat Layak
Guru Mata Pelajaran IPA	91,25	Sangat Baik
Respons Peserta Didik (Kelompok Besar)	83,35	Sangat Baik

Penilaian Guru dan Uji Coba Peserta Didik

Penilaian guru mata pelajaran IPA memperoleh persentase 91,25% dengan kategori Sangat Baik, dengan nilai tertinggi pada aspek kelayakan isi dan kebermanfaatan. Uji coba kelompok kecil terhadap 8 peserta didik memperoleh 79,84% (kategori Baik), sedangkan uji coba kelompok besar terhadap 22 peserta didik meningkat menjadi 83,35% (kategori Sangat Baik). Peningkatan ini menunjukkan bahwa perbaikan setelah uji coba kelompok kecil berhasil meningkatkan persepsi peserta didik terhadap kualitas e-modul, khususnya pada aspek kemudahan akses, tampilan, serta dukungan pembelajaran berbasis Mapalus.

Validitas dan Reliabilitas Soal Tes

Uji validitas terhadap 20 butir soal menghasilkan 12 butir valid dan 8 butir tidak valid (nomor 3, 5, 11, 13, 17, 18, 19, dan 20), yang kemudian dieliminasi sehingga instrumen final terdiri atas 12 butir soal valid. Uji reliabilitas menggunakan Cronbach's Alpha memperoleh nilai 0,814 yang berada pada rentang 0,80–1,00 dengan interpretasi sangat reliabel, sehingga instrumen memiliki konsistensi internal yang tinggi dan layak digunakan untuk mengukur keterampilan proses sains peserta didik.

Efektivitas E-Modul terhadap Hasil Belajar

Statistik deskriptif menunjukkan peningkatan nilai rata-rata dari 51,36 (*pretest*) menjadi 76,36 (*posttest*), disertai penurunan standar deviasi dari 15,42 menjadi 13,21 yang menandakan distribusi nilai menjadi lebih homogen. Uji normalitas Shapiro-Wilk menunjukkan data *pretest* (sig. 0,030) dan *posttest* (sig. 0,004) tidak berdistribusi normal, sehingga pengujian hipotesis menggunakan Wilcoxon Signed-Rank Test. Hasil analisis efektivitas disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Ringkasan Hasil Uji Efektivitas E-Modul.

Analisis	Hasil	Keterangan
Rata-rata <i>Pretest</i>	51,36	—
Rata-rata <i>Posttest</i>	76,36	Meningkat 25 poin
Wilcoxon (Asymp. Sig. 2-tailed)	0,000	H ₀ ditolak (signifikan)
Nilai Z	-3,946	Peningkatan dominan positif
Rata-rata N-Gain	0,495	Kategori Sedang

Hasil uji Wilcoxon menunjukkan nilai Asymp. Sig. (2-tailed) sebesar 0,000 ($< 0,05$), sehingga H₀ ditolak dan disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai *pretest* dan *posttest*. Analisis N-Gain memperoleh rata-rata 0,495 (kategori sedang). Distribusi kategori menunjukkan 6 peserta didik (27,27%) berkategori tinggi, 10 peserta didik (45,45%) sedang, dan 6 peserta didik (27,27%) rendah, sehingga 72,72% peserta didik mengalami peningkatan pada kategori sedang hingga tinggi. Distribusi kategori N-Gain disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Distribusi Kategori N-Gain Peserta Didik.

Kategori N-Gain	Jumlah Peserta Didik	Persentase (%)
Tinggi ($g \geq 0,70$)	6	27,27
Sedang ($0,30 \leq g < 0,70$)	10	45,45
Rendah ($g < 0,30$)	6	27,27
Total	22	100,00

Pembahasan

Kelayakan e-modul praktikum variasi genetik lalat buah lokal berbasis PjBL Mapalus yang dihasilkan dalam penelitian ini menegaskan bahwa perpaduan antara pendekatan pembelajaran berbasis proyek dengan konteks budaya lokal mampu menghasilkan bahan ajar yang secara substansi maupun tampilan dapat diterima baik oleh ahli materi, ahli media, guru maupun peserta didik. Temuan ini sejalan dengan padangan Padwa & Erdi (2021) bahwa e-modul yang baik harus disusun secara sistematis agar peserta didik dapat belajar mandiri. Hasil ini juga memperkuat temuan Rengkuan (2025) yang mengembangkan modul praktikum biologi berbasis PjBL dengan mengintegrasikan kearifan lokal pisang goroho dan terbukti valid serta praktis digunakan. Kedua temuan ini mengindikasikan bahwa srategi mengangkat unsur

budaya setempat ke dalam desain bahan ajar merupakan elemen yang secara konsisten berkontribusi pada penerimaan produk oleh pengguna.

Keefektifan e-modul dalam mendorong perubahan hasil belajar peserta didik pada dasarnya berakar dari karakteristik PjBL yang menempatkan peserta didik sebagai subjek aktif dalam merencanakan dan menjalankan proyek nyata, bukan sekadar penerima informasi. Kondisi ini menstimulasi keterlibatan kognitif yang lebih dalam dibandingkan pembelajaran konvensional.

Keterampilan proses sains dengan penggunaan lalat buah lokal sebagai objek praktikum memberi ruang bagi peserta didik untuk mengalami sendiri tahapan ilmiah, efektif dalam mengembangkan keterampilan proses sains peserta didik. Efektivitas tersebut terlihat dari tingginya persentase hasil kuesioner peserta didik pada indikator keterampilan mengamati, menginterpretasikan data, serta menarik kesimpulan berdasarkan hasil praktikum. Hal ini memperkuat gagasan Sumampouw & Moku (2024) bahwa keterampilan proses sains tumbuh optimal ketika peserta didik dilibatkan dalam kegiatan ilmiah yang otentik. Kebaruan yang ditawarkan penelitian ini terletak pada bagaimana nilai Mapalus yang mencakup semangat tolong-menolong, keterbukaan, dan kebersamaan dioperasionalkan secara konkret dalam struktur kerja kelompok selama praktikum, bukan sekadar disisipkan sebagai narasi budaya di dalam materi. Dengan demikian, integrasi nilai kearifan lokal ke dalam desain PjBL dapat dipandang sebagai strategi yang tidak hanya relevan secara kultural, tetapi juga fungsional secara pedagogis dalam menumbuhkan kerja sama dan keterlibatan aktif peserta didik selama proses belajar.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa e-modul praktikum variasi genetik lalat buah lokal berbasis PjBL Mapalus yang dikembangkan dengan model 4D telah memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif, sehingga produk ini layak dijadikan alternatif media pembelajaran genetika yang kontekstual dan berbasis kearifan budaya lokal.

Simpulan dari penelitian ini, disarankan agar guru IPA menerapkan e-modul ini dengan pendampingan yang memadai pada tahap perencanaan, proyek dan manajemen waktu, peserta didik didorong untuk lebih aktif dan kolaboratif sesuai semangat Mapalus. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan melakukan uji coba pada skala yang lebih luas dengan melibatkan lebih dari satu kelas atau sekolah serta pada materi IPA lain, agar hasil yang diperoleh lebih representatif dan dapat digeneralisasikan. Keterbatasan penelitian ini terletak pada cakupan

subjek yang hanya melibatkan satu kelas, sehingga generalisasi hasil perlu dilakukan dengan hati-hati.

DAFTAR REFERENSI

- Abd Rahman, B. P., Munandar, S. A., Fitriani, A., Karlina, Y., & Yumriani. (2022). Pengertian pendidikan, ilmu pendidikan dan unsur-unsur pendidikan. *Al Urwatul Wutsqa: Kajian Pendidikan Islam*, 2(1), 1–8.
- Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B. (2010). *Biologi* (Edisi ke-8, Jilid 1). Erlangga.
- Corebima, A. D. (2015). Pemanfaatan *Drosophila melanogaster* isolat lokal sebagai organisme model dalam pembelajaran genetika. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 6(2), 89–102.
- Damayanti, D. (2023). Strategi pembelajaran Project Based Learning (PjBL). *Jurnal Pendidikan Sosial dan Humaniora*, 2(2), 706–719.
- Domu, I., & Mangelep, N. O. (2019). Developing of mathematical learning devices based on the local wisdom of the Bolaang Mongondow for elementary school. *Journal of Physics: Conference Series*, 1387(1), Article 012135. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1387/1/012135>
- Domu, I., & Mangelep, N. O. (2020). The development of students' learning material on arithmetic sequence using PMRI approach. *Proceedings of the International Joint Conference on Science and Engineering*, 196, 426–432. <https://doi.org/10.2991/aer.k.201124.076>
- Domu, I., & Mangelep, N. O. (2025). Development of mathematics learning model based on Mapalus values: Efforts to improve mathematical literacy and students' social skills. *Journal of Cultural Analysis and Social Change*, 1509–1519.
- Fatmawati, D., Saleem, M., Hindun, I., Permatasari, I., & Solikhah, S. (2022). *Drosophila melanogaster* utilization in genetics lectures: Innovations that need to be optimized. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 10(1), 22–27.
- Fauzi, A., & Ramadani, S. D. (2017). Learning the genetics concepts through project activities using *Drosophila melanogaster*: A qualitative descriptive study. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 3(3), 238–247.
- Fidiastuti, H. R., Lathifah, A. S., & Amin, M. (2021). Improving students' motivation and learning outcomes through genetics e-module. *Jurnal Ilmiah Peuradeun*, 9(1), 1–16.
- Karepowan, Z. Y. (2014). Peningkatan disiplin melalui kegiatan mapalus dalam budaya Minahasa. *Jurnal Pendidikan Usia Dini*, 8(1), 65–72.
- Mangelep, N. O. (2018). Pengembangan perangkat pembelajaran matematika pada pokok bahasan lingkaran menggunakan pendekatan PMRI dan aplikasi Geogebra. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 6(2), 193–200. <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v6i2.306>
- Mangelep, N. O. (2018). Pengembangan website pembelajaran matematika realistik untuk siswa sekolah menengah pertama. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 6(3), 431–440. <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v6i3.331>

- Maydiantoro, A. (2025). Model-model penelitian pengembangan (research and development). *Jurnal Penelitian Pendidikan Indonesia*, 5(2), 45–52.
- Najuah, Wirianti, W., & Lukitoyo, P. S. (2020). *Modul elektronik: Prosedur penyusunan dan aplikasinya*. Yayasan Kita Menulis.
- Nurhadiyati, A., & Rusdinal, F. Y. (2021). Pengaruh model Project-Based Learning (PjBL) terhadap hasil belajar siswa di sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, 5(1), 327–333.
- Padwa, T. R., & Erdi, P. N. (2021). Penggunaan e-modul dengan sistem Project Based Learning. *JAVIT: Jurnal Vokasi Informatika*, 1(1), 23–27.
- Piska, O., Andira, A., Utami, A., Astriana, M., & Walid, A. (2022). Analisis minat siswa terhadap hasil belajar siswa dalam seni budaya. *Pionir: Jurnal Pendidikan*, 11(1), 1–10.
- Rengkuan, M. (2025). Enhancing students' critical thinking skills: Developing a biology practicum module using the PjBL model by integrating local Banana Goroho. *Edubiotik: Jurnal Pendidikan, Biologi dan Terapan*, 10(2), 465–482.
- Roosmalisa, M. (2023). Kelebihan dan kekurangan Project-Based Learning untuk penguatan Profil Pelajar Pancasila Kurikulum Merdeka. *Inovasi Kurikulum*, 19(2), 213–226.
- Runturambi, I., Pulukadang, R. J., Mangelep, N. O., Tuerah, P. E., & Sumarauw, S. J. (2026). Development of a realistic mathematics teaching module on arithmetic sequences and series to support the mathematical literacy of vocational high school students. *International Journal of Social Sciences and Humanities*, 4(2), 556–568.
- Sadikin, A. (2024). Pengaruh pembelajaran berbasis proyek terhadap pemahaman konsep biologi pada siswa sekolah menengah. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 10, 98–102.
- Setyosari, P. (2016). *Metode penelitian pendidikan & pengembangan* (Edisi ke-4). Prenadamedia Group.
- Shefa, U., Mehta, B., Lee, J., & Bhanu, S. (2016). The role of *Drosophila melanogaster* as a model organism in genetic research. *Journal of Biology Research*, 23(1), 15–29.
- Sijabat, P., Sumampouw, H., & Nanlohy, F. N. (2024). Pengembangan e-modul praktikum berbasis PjBL menggunakan lalat buah lokal di SMA Negeri 1 Manado. *Jurnal Pendidikan Biologi FMIPA Unima*, 12(1), 44–56.
- Somba, C. M., Domu, I., Mangelep, N. O., Runtu, P. V., & Tumulun, N. K. (2026). Development of a social arithmetic teaching module based on the Indonesian realistic mathematics education approach to support the numeracy skills of junior high school students. *International Journal of Social Sciences and Humanities*, 4(2), 580–594.
- Sumampouw, H. J. (2021). Media pembelajaran konsep genetika menggunakan *Drosophila melanogaster* isolat lokal dengan aplikasi WhatsApp berbasis kearifan lokal budaya Mapalus. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 7(3), 178–192.
- Sumampouw, H. J., & Mokal, B. J. (2024). Keterampilan proses sains peserta didik melalui pembelajaran berbasis proyek Mapalus pada praktikum variasi genetik lalat buah. *Jurnal Biologi dan Pembelajaran Biologi*, 9(1), 1–18.
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook*. National Center for Improvement of Educational Systems.

- Tiwow, D., Wongkar, V., Mangelep, N. O., & Lomban, E. A. (2022). Pengaruh media pembelajaran animasi Powtoon terhadap hasil belajar ditinjau dari minat belajar peserta didik. *Journal Focus Action of Research Mathematic (Factor M)*, 4(2), 107–122.
- Yunike, S., Sasube, D., & Ransun, C. (2023). Integrasi nilai Mapalus dalam Kurikulum Merdeka untuk membentuk karakter peserta didik. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan Minahasa*, 5(1), 23–38.