

Jurnal Biotek

p-ISSN: 2581-1827 (print), e-ISSN: 2354-9106 (online)
Website: <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/biotek/index>

Pemanfaatan Cabai Peranggi (*Capsicum annum* L. var *chinensis*) sebagai Pestisida Alami dalam Praktikum Bioteknologi

Dwi Safitri¹, Entin Daningsih^{1*}, Reni Marlina¹

¹Universitas Tanjung Pura, Indonesia

*Correspondence email: entin.daningsih@fkip.untan.ac.id

(Submitted: 27-03-2025, Revised: 05-11-2025, Accepted: 28-11-2025)

ABSTRAK

Pestisida alami belum banyak diketahui oleh peserta didik, padahal penggunaan pestisida kimia itu dapat merusak lingkungan. Salah satu bahan alami yang dapat digunakan adalah tumbuhan yang ada disekitar. Melalui praktikum pembuatan pestisida alami, peserta didik dapat memperluas wawasan dan meningkatkan keterampilan dalam memanfaatkan bahan lokal untuk menjaga kelestarian alam. Penelitian ini bertujuan mengetahui hasil belajar dan respon peserta didik melalui praktikum pembuatan pestisida alami berbahan cabai Peranggi (*Capsicum annum* L. var. *chinensis*) yang mengandung flavonoid dan capsaicin. Metode yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan 34 peserta didik kelas XII MIPA 1 SMA Muhammadiyah 1 Pontianak. Instrumen penelitian meliputi modul ajar, LKPD, lembar observasi psikomotorik dan afektif, serta angket respon peserta didik. Hasil penelitian menunjukkan nilai kognitif rata-rata 80 dengan ketuntasan 100%, psikomotorik 90,62 (sangat tinggi), dan afektif 79,91 (tinggi). Respon peserta didik sangat positif dengan persentase 89,13%, terutama pada aspek motivasi dan relevansi materi. Praktikum ini terbukti meningkatkan pemahaman konsep bioteknologi, keterampilan ilmiah, serta sikap disiplin dan tanggung jawab peserta didik. Dengan demikian, metode praktikum bioteknologi sederhana berbasis bahan alami dapat diterapkan secara efektif dalam pembelajaran biologi tetapi perlu disertai dengan penyampaian materi yang relevan sehingga pengamatan dapat dilakukan secara lebih akurat dan didukung oleh perhitungan yang tepat, seperti pengujian nilai LD₅₀.

Kata Kunci: bioteknologi, cabai peranggi, hasil belajar, pestisida alami, praktikum.

ABSTRACT

*Natural pesticides are still not widely known among students, despite the fact that the use of chemical pesticides can have detrimental effects on the environment. One natural alternative that can be used is plants found in the surrounding area. Through a practicum on producing natural pesticides, students can broaden their knowledge and enhance their skills in utilizing local materials to support environmental sustainability. This study aimed to determine students' learning outcomes and responses through a practicum on producing natural pesticides made from Peranggi chili (*Capsicum annum* L. var. *chinensis*), which contains flavonoids and capsaicin. The study employed a descriptive quantitative method involving 34 students from Grade XII MIPA 1 at SMA Muhammadiyah 1 Pontianak. The research instruments included a teaching module, student worksheets (LKPD), psychomotor and affective observation sheets, and a student response questionnaire. The results showed an average cognitive score of 80 with 100% mastery, a psychomotor score of 90.62 (very high), and an affective score of 79.91 (high). Observations of pesticide effectiveness indicated that spraying three times per day was the most optimal. Students'*



responses were highly positive, with an overall percentage of 89.13%, particularly in terms of motivation and material relevance. This practicum proved effective in enhancing students' understanding of biotechnology concepts, scientific skills, and attitudes of discipline and responsibility. Therefore, a simple biotechnology practicum based on natural materials can be effectively implemented in biology learning and sustainable agriculture. However, it should be accompanied by relevant instructional materials to ensure more accurate observations and supported by precise quantitative analyses, such as LD₅₀ testing.

Keywords: *biotechnology, peranggi chili, learning outcomes, natural pesticide, practicum*

How to cite Safitri, D., Daningsih, E., & Marlina, R. (2025). Pemanfaatan Cabai Peranggi (*Capsicum annum* L. var *chinensis*) sebagai Pestisida Alami dalam Praktikum Bioteknologi. *Jurnal Biotek*, 13(2), 231–251. <https://doi.org/10.24252/jb.v13i2.56308>

PENDAHULUAN

Pembelajaran biologi memiliki karakteristik yang membedakan dari ilmu alam lain. Praktikum menjadi metode efektif dalam pembelajaran biologi untuk menghubungkan teori dengan penerapan di laboratorium atau lapangan (Hindriana, 2016; Raihanah, 2023). Melalui praktikum, peserta didik melatih keterampilan ilmiah, mengaplikasikan pengetahuan, serta mengembangkan observasi, klasifikasi, komunikasi, dan penggunaan alat laboratorium (Candra, R., & Hidayati, 2020). Kegiatan ini juga menumbuhkan karakter jujur, disiplin, kerja keras, dan rasa ingin tahu yang meningkatkan prestasi belajar (Aqib, Z., & Murtadlo, 2016; Ismail, 2019), serta mendorong berpikir kritis dan sikap ilmiah melalui pengalaman nyata (Sidqy *et al.*, 2023; Supriatno, 2018).

Bioteknologi merupakan cabang biologi yang memanfaatkan organisme atau komponen biologis untuk menghasilkan produk bermanfaat. Berdasarkan mekanismenya, bioteknologi dibedakan menjadi konvensional yang menggunakan mikroorganisme seperti bakteri dan jamur, serta modern yang berfokus pada rekayasa genetik. Keduanya bertujuan meningkatkan kemampuan organisme dan memenuhi kebutuhan manusia (Baharuddin, H. & Idrus, 2020).

Produk bioteknologi mencakup proses konvensional maupun modern. Bioteknologi modern melibatkan modifikasi genetik untuk mengoptimalkan sifat tertentu, sedangkan bioteknologi konvensional menggunakan organisme secara alami tanpa perubahan genetik (Ibunda MR, Alda D, Angela R, 2022). Berdasarkan wawancara dengan guru Biologi SMA Muhammadiyah 1 Pontianak, praktikum bioteknologi di sekolah umumnya berfokus pada pembuatan roti atau makanan fermentasi sebagai penerapan bioteknologi pangan. Sama halnya seperti di SMA IT Al Uswah Bangil, peserta didik hanya mempraktikkan pembuatan berbagai olahan

makanan (SMA IT Al Uswah Bangil., 2024). Sementara itu, Kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh penggunaan pestisida kimia telah menimbulkan berbagai permasalahan serius, seperti pencemaran tanah, air, dan gangguan terhadap keseimbangan ekosistem (Shareefdeen, 2024). Kondisi tersebut mendorong perlunya inovasi dalam pengendalian hama yang lebih ramah lingkungan, berbiaya rendah, serta memiliki dampak negatif yang minimal terhadap lingkungan. Salah satu terobosan yang kini banyak dikembangkan adalah penggunaan pestisida alami sebagai alternatif pengendalian hama di lapangan. Pengenalan dan penerapan teknologi ramah lingkungan ini telah dilakukan melalui berbagai kegiatan pemberdayaan masyarakat. Salah satu contohnya adalah pelatihan pembuatan pestisida alami bagi kelompok tani di Desa Rangdu, Buleleng, Bali, yang dilaksanakan oleh Universitas Pendidikan Ganesha (2024) sebagai bentuk penerapan bioteknologi pertanian berbasis sumber daya lokal (Universitas Pendidikan Ganesha, 2024). Selain pestisida nabati, pengembangan biopestisida berbasis mikroba juga menjadi solusi potensial untuk menggantikan pestisida kimia. Biopestisida mikroba memiliki sejumlah keunggulan, seperti kemampuan terdegradasi cepat di alam dan spesifisitas tinggi terhadap organisme sasaran, sehingga lebih aman bagi lingkungan. Namun demikian, penerapan biopestisida masih menghadapi beberapa tantangan, diantaranya umur simpan yang terbatas, efektivitas yang bervariasi di lapangan, biaya produksi yang relatif tinggi, serta potensi menimbulkan efek tidak diinginkan pada organisme non-sasaran (Wend *et al.*, 2024).

Dalam beberapa tahun terakhir, ekstrak tumbuhan dan minyak atsiri semakin dikenal sebagai insektisida nabati yang ramah lingkungan dan berpotensi menggantikan insektisida sintetis. Kandungan senyawa bioaktif di dalamnya bekerja secara alami, efektif, dan selektif, sehingga aman bagi lingkungan serta organisme non-target. Berdasarkan jenis tanaman dan fisiologi serangga, mekanisme kerjanya sangat beragam, meliputi fungsi sebagai penolak (*repellent*), penarik (*attractant*), penghambat makan (*antifeedant*), serta kemampuan untuk menghambat respirasi, mengganggu orientasi terhadap inang, menghambat peletakan telur, dan menekan perkembangan serangga hingga tahap dewasa (Kumar *et al.*, 2021). Sejalan dengan perkembangan bioteknologi pertanian, pemanfaatan pestisida nabati berbahan alami menjadi inovasi penting dalam upaya mengurangi dampak negatif pestisida kimia yang dapat mencemari lingkungan. Berbagai tanaman diketahui mengandung

senyawa fitokimia yang mampu menekan populasi hama, dan senyawa tersebut dapat diekstraksi dari daun, buah, biji, maupun akar tanaman yang bersifat toksik terhadap organisme sasaran (Marnita et al., 2022; Mulyani et al., 2022; Sidauruk et al., 2022). Penerapan pestisida nabati ini sejalan dengan prinsip pertanian berwawasan lingkungan, yang menekankan pemanfaatan sumber daya lokal secara efisien, ekonomis, dan berkelanjutan, tanpa menimbulkan kerusakan ekosistem (Kamarubayana et al., 2022). Selain itu, pestisida nabati juga menjadi komponen penting dalam program Pengendalian Hama Terpadu (PHT) karena dapat mengurangi ketergantungan terhadap pestisida sintetis serta mendukung sistem pertanian yang lebih aman dan ekologis (Phillips, 2014).

Dalam penerapan pestisida, setiap pengguna perlu memastikan bahwa seluruh langkah pencegahan dilakukan secara bijaksana agar tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan di luar area sasaran. Upaya ini mencakup pencegahan terjadinya kontaminasi tanah, air, maupun organisme non-sasaran. Pestisida yang tergolong berbahaya bagi lingkungan akuatik tidak boleh diaplikasikan langsung ke badan air, sedangkan pestisida berbentuk granular atau benih berlapis yang berisiko terhadap vertebrata harus digunakan dengan memastikan agar tidak dapat diakses oleh burung maupun hewan lain. Selain itu, perlindungan terhadap penyerbuk seperti lebah, kupu-kupu, dan serangga lain juga menjadi bagian penting dari prinsip penggunaan pestisida yang bertanggung jawab (Government, 2017). Prinsip-prinsip penggunaan pestisida yang berwawasan lingkungan ini sejalan dengan pentingnya menanamkan kebiasaan dan praktik pertanian berkelanjutan kepada peserta didik. Melalui pembelajaran yang kontekstual, nilai-nilai kepedulian terhadap lingkungan dapat dibentuk sejak dini. Sayangnya, penerapan pestisida alami masih jarang diperkenalkan dalam kurikulum biologi, padahal proses pembuatannya tergolong sederhana dan sangat relevan untuk dimasukkan ke dalam materi bioteknologi konvensional. Penerapan nyata pendekatan ini telah dibuktikan melalui kegiatan pelatihan pembuatan biopestisida berbahan alami yang memberikan hasil positif dalam pemberdayaan petani di lapangan (Damascena et al., 2023).

Salah satu bahan alami yang memiliki potensi besar sebagai pestisida nabati adalah cabai Peranggi (*Capsicum annuum* L. var. *chinensis*), varietas lokal asal Sambas, Kalimantan Barat, yang belum banyak dikenal oleh masyarakat. Cabai ini memiliki aroma khas, tingkat kepedasan yang tinggi, serta mengandung senyawa

capsaicin dan asparaginase yang diketahui memiliki aktivitas antimikroba dan antikanker (Abdurrafi, 2021). Bentuknya menyerupai labu dan memiliki potensi ekonomi tinggi, sehingga penting diperkenalkan dalam pembelajaran. Senyawa fenolik seperti flavonoid dan capsaicin berfungsi sebagai fitokimia aktif yang bersifat antioksidan dan antibakteri (Asih, 2019; Tiandora *et al.*, 2017).

Selain dimanfaatkan sebagai bahan pangan, buah cabai juga dapat dijadikan bahan pestisida alami karena kandungan capsaicin mampu mengganggu sistem saraf dan metabolisme serangga hama, sehingga berfungsi sebagai repelan (penolak) dan insektisida alami (Cuadrado *et al.*, 2019). Pemanfaatan cabai Peranggi sebagai pestisida nabati tidak hanya efektif menekan populasi hama, tetapi juga mengurangi ketergantungan terhadap pestisida kimia dan meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan, sejalan dengan hasil penelitian yang menunjukkan efektivitas ekstrak bawang merah pada tanaman cabai (Arifan *et al.*, 2021).

Salah satu cara yang efektif untuk memperkenalkan cabai Peranggi kepada peserta didik adalah melalui kegiatan praktikum biologi. Praktikum semacam ini sekaligus menjadi sarana pembelajaran kontekstual yang mengaitkan bioteknologi konvensional dengan sumber daya lokal, sehingga siswa mampu memahami bahwa tanaman yang umum ditemukan di sekitar mereka juga memiliki nilai ilmiah dan ekonomi yang penting bagi pertanian berkelanjutan. Praktikum pembuatan pestisida nabati sebagai penerapan materi bioteknologi di sekolah dapat menggunakan cabai peranggi. Praktikum memungkinkan peserta didik memahami konsep melalui pengalaman langsung, sesuai dengan tujuan pendidikan sains yang menekankan pemahaman ilmiah berbasis kebutuhan dan minat (Zainal Nurul Huda *et al.*, 2020). Menurut Pertiwi (2023), praktikum berperan penting dalam meningkatkan kualitas pembelajaran dengan melatih kemampuan observasi, psikomotorik, serta penggunaan alat dan bahan laboratorium. Selain itu, menurut Umar *et al.*, (2023) Melalui pelaksanaan kegiatan praktikum, mahasiswa diharapkan mampu mengonversi pemahaman konsep yang semula bersifat abstrak menjadi lebih nyata dan mudah dipahami. Dan dalam proses pembelajaran berbasis praktik ini, peserta didik juga dilatih untuk berpikir kritis, melakukan analisis, serta mencari solusi atas permasalahan yang dihadapi. Oleh karena itu pada penelitian akan dilakukan pengukuran terhadap nilai kognitif, psikomotorik, afektif dan angket respon peserta didik untuk melihat bagaimana respon dan sejauh mana peserta didik dapat memahami tentang pestisida nabati melalui praktikum. Sehingga tujuan

dari penelitian ini adalah mengukur hasil belajar peserta didik melalui praktikum mengenai konsep pestisida alami menggunakan cabai peranggi Peranggi (*Capsicum annum* L. var. *chinensis*) serta menilai respon peserta didik terhadap kegiatan praktikum.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang dilaksanakan pada Desember 2024 hingga Maret 2025 dengan dua kali kegiatan praktikum pada materi Bioteknologi di kelas XII MIPA 1 SMA Muhammadiyah 1 Pontianak Tahun Ajaran 2024/2025. Jumlah subjek penelitian sebanyak 34 peserta didik, terdiri atas 19 siswa perempuan dan 15 siswa laki-laki. Pada penelitian ini menerapkan desain *one-group pretest-posttest* tanpa kelompok kontrol, namun dengan pembagian subjek secara acak sederhana (*simple random sampling*) ke dalam tujuh kelompok kerja yang masing-masing beranggotakan lima hingga enam siswa. Proses randomisasi dilakukan menggunakan undian nama untuk memastikan tidak ada bias penempatan berdasarkan kemampuan awal atau jenis kelamin dan disetujui oleh guru biologi di sekolah. Instrumen penelitian meliputi angket, lembar kerja peserta didik (LKPD) untuk menilai aspek kognitif peserta didik, sedangkan lembar observasi digunakan untuk menilai aspek psikomotorik dan afektif selama kegiatan praktikum. Aspek psikomotorik meliputi kemampuan menyiapkan alat dan bahan, pelaksanaan eksperimen, hasil pengamatan, serta penyusunan kesimpulan, sedangkan aspek afektif mencakup indikator disiplin, tanggung jawab, gotong royong, dan ketelitian. Penilaian pada lembar observasi dilakukan dengan menggunakan rentang skor 1–3. Angket respon terdiri atas 13 pernyataan yang mencakup empat indikator, yaitu motivasi, keterampilan eksperimen, wahana belajar, dan relevansi materi, dengan penilaian menggunakan skala *Likert* 1–4 sebagaimana tercantum pada (Tabel 1).

Tabel 1. Skala Penilaian Angket Respon Peserta Didik

Pernyataan Positif		Pernyataan Negatif	
Sangat Setuju	(SS) = 4	Sangat Setuju	(SS) = 1
Setuju	(S) = 3	Setuju	(S) = 2
Tidak Setuju	(TS) = 2	Tidak Setuju	(TS) = 3
Sangat Tidak Setuju	(STS) = 1	Sangat Tidak Setuju	(STS) = 4

Penelitian ini terdiri atas dua tahap, yaitu persiapan dan pelaksanaan. Tahap persiapan meliputi: (1) penyusunan kisi-kisi instrumen; (2) penyiapan perangkat

pembelajaran berupa modul ajar dan LKPD panduan praktikum; (3) pembuatan lembar observasi psikomotorik, afektif, dan angket respon; (4) validasi instrumen dilakukan oleh dua dosen Pendidikan Biologi FKIP Universitas Tanjungpura dengan menggunakan skala *Guttman*, yang terdiri atas dua pilihan jawaban, yaitu “Ya” dan “Tidak”. Penilaian ini bertujuan untuk memastikan kejelasan dan kesesuaian setiap butir pernyataan dalam instrumen. Selanjutnya, tingkat validitas instrumen ditentukan dengan menghitung persentase jumlah pernyataan yang dinyatakan valid dibandingkan dengan jumlah keseluruhan pernyataan, kemudian hasilnya dikalikan 100%; (5) penyiapan alat dan bahan praktikum pestisida alami. Alat yang digunakan meliputi kompor, panci kecil, penyaring, neraca, mortar, botol semprot, dan lainnya. Bahan terdiri atas cabai peranggi 300 g, air 400 ml, sabun colek, lateks, dan semut. Peserta didik dibagi menjadi tujuh kelompok yang beranggotakan lima-enam orang, dan pedoman praktikum diberikan sehari sebelum pelaksanaan; serta (6) hasil pengujian dievaluasi berdasarkan hasil pencapaian hasil belajar dan dikaitkan dengan nilai KKM yang berlaku

Penelitian dilaksanakan dalam dua pertemuan, masing-masing 2×45 menit dan 1×30 menit. Kegiatan diawali dengan doa, absensi, pengarahan, pembagian alat dan bahan, lalu praktikum pembuatan pestisida alami. Peserta didik mengerjakan LKPD, mengamati jumlah semut mati setiap hari, dan menghitung nilai letal dosis (LD_{50}) selama tiga hari pengamatan. Dengan rumus sebagai berikut:

$$LD_{50} = \frac{\text{jumlah sampel yang mati}}{\text{jumlah sampel awal yang hidup}}$$

LD_{50} ini dapat terjadi apabila mencapai kematian minimal 50%. (OECD, 2021) LD_{50} adalah dosis zat yang menyebabkan 50% kematian organisme uji selama periode waktu tertentu. Nilai LD_{50} digunakan sebagai indikator tingkat toksisitas zat; (7) Peserta didik dibagikan lembar angket mengenai respon terhadap kegiatan praktikum. Pengisian angket dilakukan selama 12 menit. Peneliti mengambil hasil penilaian observasi dan angket tersebut sebagai data yang dianalisis.

Tahap akhir yaitu menganalisis data hasil penilaian Kognitif, psikomotorik dan afektif dengan langkah-langkah sebagai berikut: (1) memeriksa dan menghitung skor yang diperoleh peserta didik; (2) menghitung nilai setiap peserta didik dengan rumus:

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor Jawaban}}{\text{Jumlah Skor Maksimal}} \times 100$$

; (3) menentukan kategori hasil penilaian kognitif, psikomotorik dan afektif peserta didik mengacu pada Riduwan (2016) yang dimodifikasi, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kategori Hasil Penilaian Kognitif, Psikomotorik dan afektif peserta didik Terhadap Praktikum Pembuatan Pestisida Alami

Angka Persentase (%)	Kategori
$80 \leq 100$	Sangat Tinggi
$60 < 80$	Tinggi
$40 < 60$	Cukup
$20 < 40$	Rendah
$0 \leq 20$	Sangat Rendah

Modifikasi (Riduwan, 2016)

Analisis respon peserta didik terhadap praktikum pembuatan pestisida alami dilakukan secara sistematis melalui tiga tahap: (1) merekap data hasil angket, (2) menghitung persentase tiap item dengan rumus:

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor Jawaban Responden}}{\text{Jumlah Skor Maksimal}} \times 100 \%$$

(3) menentukan kategori persentase respon berdasarkan modifikasi dari Riduwan (2016) sebagaimana tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3. Kategori Persentase Hasil Respon Peserta didik Terhadap Praktikum Pembuatan Pestisida Alami

Angka Persentase (%)	Kategori
$80 \leq 100$	Sangat Tinggi
$60 < 80$	Tinggi
$40 < 60$	Cukup
$20 < 40$	Rendah
$0 \leq 20$	Sangat Rendah

Modifikasi (Riduwan, 2016)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bioteknologi memanfaatkan sistem biologis untuk menghasilkan produk dan jasa yang meningkatkan kualitas hidup manusia (Wusqo, 2017). Pembuatan roti, tempe, atau tapai merupakan bioteknologi konvensional dengan fermentasi menggunakan alat sederhana (Munawar, 2020; Wulandari, 2019). Pembuatan pestisida alami dari cabai Peranggi termasuk bioteknologi konvensional karena

menggunakan proses dan alat sederhana meski tanpa mikroorganisme. Instrumen penelitian, meliputi modul ajar, angket respon, lembar observasi, dan LKPD, divalidasi oleh dua dosen Pendidikan Biologi Universitas Tanjungpura dan memperoleh nilai 100 (kategori sangat valid), sehingga layak digunakan dalam penelitian.

Praktikum dilaksanakan di SMA Muhammadiyah 1 Pontianak pada 21 Februari 2025 dengan 34 peserta didik, berlangsung selama dua kali pertemuan. Bahan yang digunakan adalah buah cabai Peranggi (*Capsicum annum L. var. chinensis*). Kegiatan diawali dengan orientasi dan persiapan (Gambar 1), kemudian peserta didik dibagi menjadi tujuh kelompok beranggotakan lima hingga enam orang. Setiap peserta menggunakan *name tag* untuk memudahkan observer dalam melakukan penilaian.



Gambar 1. Persiapan Praktikum

Pelaksanaan praktikum meliputi kegiatan menimbang buah cabai, menyiapkan air, menghaluskan buah cabai, memasak ekstrak buah cabai, menambahkan sabun colek dengan ukuran 1 sendok teh, menyaring pestisida alami, kemudian masak kembali selama 5 menit, dan uji coba pestisida alami (Gambar 2).



Gambar 2. Pelaksanaan Praktikum: A Menimbang buah cabai Peranggi; B Menyiapkan air; C Menghaluskan buah cabai Peranggi; D Memasak ekstrak buah cabai; E Tambahkan 1 sendok teh sabun colek; F Masak kembali selama 5 menit; G Menyaring pestisida alami; H Uji coba pestisida alami

Selama praktikum udara dalam ruangan berbau kuat aroma cabai peranggi. Akibatnya, saat pemasakan ekstrak cabai Peranggi, beberapa peserta didik batuk meski memakai masker. Untuk mencegah hal serupa, disarankan membuka pintu dan jendela agar pertukaran udara optimal. Menurut Liawan *et al* (2023), sirkulasi udara ideal mengikuti standar ANSI/ASHRAE 55. Setelah praktikum, peserta didik mengisi LKPD di rumah berdasarkan hasil pengamatan, lalu mempresentasikan hasilnya pada pertemuan berikutnya (Gambar 3).



Gambar 3. Presentasi Hasil Pengamatan Uji Coba Pestisida Alami

Setelah praktikum selesai, peserta didik mengisi angket (Gambar 4) untuk menilai respon mereka terhadap kegiatan pembuatan pestisida alami cabai Peranggi.



Gambar 4. Pengisian Angket Respon Peserta Didik Terhadap Praktikum Pembuatan Pestisida Alami Berbahan Dasar Buah Cabai Peranggi

Selain mengerjakan LKPD dan mengisi angket, penelitian ini juga menilai aspek psikomotorik dan afektif. Penilaian merupakan bagian penting dalam pendidikan karena berfungsi mengumpulkan informasi secara sistematis tentang perkembangan peserta didik. Menurut Rifa'i (2023), hasil penilaian digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dan untuk mengetahui sejauh mana tujuan pembelajaran tercapai pada aspek kognitif, psikomotorik, dan afektif.

Tabel 4. Hasil Penilaian Kognitif Melalui LKPD pada Praktikum Pembuatan Pestisida Alami Buah Cabai Peranggi (*Capsicum annuum L. var Chinensis*)

Kelas	KKM	Rata-rata	Jumlah Ketuntasan		Persentase Kelulusan (%)
			Tuntas	Tidak Tuntas	
XII MIPA 1	75	80	34	0	100

Aspek kognitif mencakup kemampuan berpikir, menganalisis, dan memecahkan masalah secara kreatif. Nilai rata-rata kognitif peserta didik pada praktikum pembuatan pestisida alami cabai Peranggi mencapai 80 (sangat tinggi). Hasil ini sejalan dengan temuan Qudduus *et al* (2022) bahwa praktikum sederhana dapat meningkatkan hasil belajar kognitif. Selain itu, penelitian oleh Zidny & Eilks (2022) memperkuat bahwa pembelajaran yang mengaitkan penggunaan pestisida nabati dan sumber lokal dalam kerangka kimia hijau tidak hanya meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep, tetapi juga keterlibatan aktif siswa dalam proses belajar mengajar.

Tabel 5. Hasil Nilai Psikomotorik Peserta didik Pada Praktikum Pembuatan Pestisida Alami Buah Cabai Peranggi (*Capsicum annuum L. Var Chinensis*)

No	Aspek	Nilai rata-rata Psikomotorik	Kategori
1	Menyiapkan Alat & Bahan	98,96	Sangat Tinggi
2	Menggunakan Alat & Bahan	91,67	Sangat Tinggi
3	Hasil Pengamatan	71,88	Tinggi
4	Membuat Kesimpulan	100	Sangat Tinggi
Rata-rata Aspek		90,62	Sangat Tinggi

Penilaian keterampilan bertujuan mengukur kemampuan psikomotorik peserta didik dalam menerapkan teori ke praktik, termasuk menyiapkan, menggunakan alat, mengamati, dan menyimpulkan hasil. Juniar (2018) menyatakan bahwa praktikum berpengaruh positif terhadap kemampuan kognitif dan keterampilan peserta didik.

Gambar 5. Hasil Pengamatan Efektivitas Pestisida Alami Berbahan Dasar Buah Cabai Peranggi (*Capsicum annum L. var chinensis*)

Gambar 5 menunjukkan jumlah semut yang mati selama tiga hari pengamatan dengan tiga perlakuan berbeda (1x, 2x, dan 3x semprot), masing-masing menggunakan 10 ekor semut. Pada hari pertama, perlakuan satu kali semprot belum mencapai LD₅₀, sedangkan dua kali semprot telah membunuh 50% sampel, bahkan perlakuan tiga kali semprot membunuh seluruh semut. Hari kedua, perlakuan satu kali semprot masih belum mencapai LD₅₀, sementara dua kali semprot berhasil membunuh semua semut yang tersisa. Pada hari ketiga, satu kali semprot sudah membunuh seluruh sampel, menunjukkan efektivitas pestisida alami. Berdasarkan pengamatan peserta didik, perlakuan tiga kali semprot paling

efektif membunuh semut. Pengamatan ini juga mencakup perhitungan LD₅₀, yaitu dosis yang menyebabkan kematian 50% hewan uji (Poernomo *et al.*, 2023).

Nilai psikomotorik peserta didik (Tabel 5) meliputi empat aspek, yaitu menyiapkan alat dan bahan (98,96), menggunakan alat dan bahan (91,67), hasil pengamatan (71,88), dan membuat kesimpulan (100), dengan rata-rata 90,62 (sangat tinggi). Nilai pengamatan hanya mencapai kategori tinggi karena sebagian peserta belum memahami perhitungan LD₅₀. Untuk perbaikan, penjelasan lebih rinci dan pendampingan selama praktikum perlu dilakukan. Hasil ini sesuai temuan Asih (2019) dan Yopansius Hefri & Erna Suhartini (2023) bahwa praktikum meningkatkan keterampilan psikomotorik melalui pemahaman kognitif yang mendalam.

Tabel 6. Hasil Nilai Afektif Peserta didik Pada Praktikum Pembuatan Pestisida Alami Buah Cabai Peranggi (*Capsicum annuum* L. Var *Chinensis*)

No	Aspek	Nilai rata-rata Afektif	Kategori
1	Disiplin	82.05	Sangat Tinggi
2	Tanggung Jawab	76,92	Tinggi
3	Gotong Royong	78,63	Tinggi
4	Teliti	82,05	Sangat Tinggi
Rata-rata Aspek		79,91	Tinggi

Penilaian afektif dalam praktikum bertujuan menilai sikap dan emosi peserta didik, meliputi disiplin, tanggung jawab, gotong royong, dan ketelitian. Penilaian ini membantu membentuk karakter positif serta meningkatkan efektivitas pembelajaran. Menurut Yunita (2017), penilaian afektif mencakup lima indikator: menerima, menanggapi, menghargai, mengorganisasi, dan menghayati, yang terbukti efektif mengukur perkembangan sikap ilmiah peserta didik.

Pada praktikum pembuatan pestisida alami berbahan cabai Peranggi, nilai rata-rata afektif peserta didik menunjukkan hasil tinggi (79,91): disiplin (82,05, sangat tinggi), tanggung jawab (76,92, tinggi), gotong royong (78,63, tinggi), dan teliti (82,05, sangat tinggi). Nilai disiplin dan teliti lebih tinggi karena mudah diamati secara langsung melalui kepatuhan terhadap prosedur dan ketepatan waktu. Sementara nilai tanggung jawab dan gotong royong lebih rendah karena kedua aspek ini melibatkan dinamika kelompok dan perbedaan karakter individu (Wahyudi, 2020). Rata-rata nilai afektif sebesar 79,91 (kategori tinggi), menunjukkan bahwa praktikum berperan penting dalam menumbuhkan sikap ilmiah peserta didik.

(Mafaza *et al.*, 2018). Temuan ini sejalan dengan studi tinjauan dan empiris yang menunjukkan bahwa kegiatan praktikum dan kerja laboratorium meningkatkan dimensi afektif antara lain minat, motivasi, dan sikap ilmiah karena sifat praktikum yang memotivasi, konkret, dan memungkinkan refleksi proses oleh peserta didik (Oliveira & Bonito, 2023). Penelitian lain menegaskan bahwa desain laboratorium yang menerapkan prinsip *green chemistry* dan sumber daya lokal dapat meningkatkan keterlibatan dan kesadaran etis/lingkungan peserta didik, sekaligus memperkuat nilai-nilai afektif yang terkait tanggung jawab lingkungan dan praktik aman (Christiansen, 2024; Unesco, 2024). Namun, beberapa kajian juga menekankan bahwa evaluasi afektif yang hanya bersifat numerik tanpa pendalaman kualitatif berisiko mengabaikan proses perkembangan sikap kelompok (mis. dinamika kolaborasi, konflik peran), sehingga kombinasi pengukuran kuantitatif dan kualitatif akan memberikan gambaran yang lebih holistik. Oleh karena itu, meskipun rata-rata afektif 79,91 menunjukkan bahwa praktikum ini efektif menumbuhkan sikap ilmiah dan keterampilan personal peserta didik, generalisasi ke skala nasional memerlukan penelitian lanjutan misalnya studi longitudinal antar-sekolah, adaptasi intervensi pada konteks wilayah berbeda, serta pengukuran dampak terhadap indikator capaian pendidikan pada tingkat nasional sehingga kontribusi praktikum terhadap capaian pendidikan nasional dapat dievaluasi secara lebih valid dan praktis (Cleaver *et al.*, 2025; Mura & Ippolito, 2025).

Penelitian ini menilai tiga aspek utama: kognitif, psikomotorik, dan afektif, dengan nilai rata-rata masing-masing 80, 89,32, dan 79,91 semuanya melampaui KKM 75. Hasil ini menunjukkan bahwa praktikum pembuatan pestisida alami berbahan cabai Peranggi berpengaruh positif terhadap ketiga ranah pembelajaran. Temuan ini sejalan dengan Rustaman dalam Murti, S., & Muhibbuddin (2014) yang menegaskan pentingnya praktikum dalam mengembangkan pemahaman konsep, sikap ilmiah, kerja sama, serta keterampilan eksperimen. Serta, sejalan dengan riset terkini yang menunjukkan bahwa model pembelajaran berbasis proyek atau laboratorium yang terstruktur secara aktif secara signifikan meningkatkan aspek kognitif dan psikomotorik siswa (Puspitasari *et al.*, 2023). Selain itu, penelitian lain menemukan bahwa model pembelajaran non-linier (nonlinear pedagogical models) untuk siswa sekolah dasar juga terbukti meningkatkan aspek kognitif dan afektif secara simultan (Yuliarto, 2024).

Tabel 7. Hasil Angket Respon Peserta Didik terhadap Praktikum Pembuatan Pestisida Alami Buah Cabai Peranggi (*Capsicum annuum* L. *Var Chinensis*)

No	Aspek	Presentase (%)	Kategori
1	Motivasi	97,79	Sangat Tinggi
2	Mengembangkan Keterampilan	80,15	Sangat Tinggi
3	Wahana Belajar	81,80	Sangat Tinggi
4	Menunjang Materi	97,43	Sangat Tinggi
Rata-rata Persentase		89,13	Sangat Tinggi

Hasil angket menunjukkan bahwa respon peserta didik terhadap praktikum pembuatan pestisida alami berbahan cabai Peranggi mencapai rata-rata 89,13% (Tabel 7) dengan kategori sangat tinggi. Penilaian ini bertujuan mengukur tanggapan siswa terhadap pengalaman praktikum yang baru mereka lakukan. Angket terdiri atas empat indikator dengan total 13 pernyataan.

Indikator pertama, yaitu motivasi dalam praktikum, memperoleh persentase 97,79% (sangat tinggi). Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan praktikum mampu membangkitkan semangat dan minat peserta didik untuk membuat pestisida alami dari bahan sekitar, sejalan dengan pendapat Suryawan, A, Binadja, A. & Sulistyiorini (2015) bahwa praktikum meningkatkan motivasi belajar. Temuan ini konsisten dengan studi yang menemukan bahwa lingkungan laboratorium yang kaya dan memungkinkan interaksi aktif secara signifikan meningkatkan motivasi belajar siswa dalam mata pelajaran sains (Nadrah, 2025).

Indikator kedua, yaitu pengembangan keterampilan menggunakan alat, bahan, dan melakukan eksperimen, memperoleh nilai 80,15% (sangat tinggi). Praktikum ini melatih peserta didik dalam mengolah bahan tanaman serta menumbuhkan kemampuan ilmiah seperti mengamati, menganalisis, dan menguji hipotesis (Suryaningsih, 2017). Penelitian lainnya pada level perguruan tinggi menunjukkan bahwa peningkatan *laboratory skills* berkorelasi positif dengan persepsi siswa terhadap kualitas laboratorium dan program praktikum (Riaz *et al.*, 2023).

Indikator penerapan pendekatan ilmiah mencapai 81,80 % (sangat tinggi). Peserta didik menunjukkan ketelitian dan ketekunan dalam menganalisis masalah, menguji hipotesis, serta bekerja sama membuat pestisida alami, termasuk melakukan pengamatan lanjutan di rumah sebelum menarik kesimpulan. Hal ini sejalan dengan temuan yang menunjukkan bahwa praktik berbasis lingkungan

laboratorium yang lengkap memperkuat aspek ilmiah seperti *scientific inquiry*, refleksi, dan transfer pengetahuan (Lesmes & Shpigelman, 2025).

Indikator keempat menunjukkan praktikum mendukung pembelajaran Bioteknologi, khususnya di bidang pertanian, dengan nilai 97,43% (sangat tinggi). Kegiatan ini memperkuat pemahaman konsep bioteknologi sekaligus menumbuhkan kreativitas dalam memanfaatkan tumbuhan sekitar menjadi produk bermanfaat (Candra, R., & Hidayati, 2020).

Dua aspek, yakni keterampilan dan wahana belajar, memperoleh nilai relatif lebih sedikit 80,15% dan 81,80% (sangat tinggi) karena praktikum ini merupakan pengalaman baru bagi peserta didik. Mereka masih beradaptasi dengan teknik pembuatan pestisida alami dan sarana laboratorium yang terbatas. Namun, aspek motivasi dan keterkaitan materi menunjukkan hasil sangat tinggi (97,74% dan 97,43%), menandakan peserta didik tertarik dan termotivasi untuk mempelajari konsep bioteknologi melalui pengalaman nyata.

Dengan demikian, praktikum pembuatan pestisida alami tidak hanya meningkatkan pemahaman konseptual, tetapi juga membentuk keterampilan ilmiah, kreativitas, dan sikap positif peserta didik terhadap pembelajaran berbasis praktikum. Namun demikian, meskipun hasilnya sangat positif, perlu diingat bahwa konteks intervensi ini masih pada skala terbatas dan belum teruji secara luas terhadap indikator capaian pendidikan nasional seperti skor nasional, distribusi antar-sekolah, atau dampak pada pengembangan karakter secara sistemik. Untuk itu, penelitian lanjutan dengan desain yang lebih luas serta pemantauan terhadap indikator nasional menjadi penting

KESIMPULAN

Praktikum pembuatan pestisida alami berbahan cabai Peranggi (*Capsicum annuum* L. var. *chinensis*) berdampak positif pada aspek kognitif, psikomotorik, dan afektif peserta didik. Nilai rata-rata kognitif, psikomotorik, dan afektif mencapai 80, 90,62, dan 79,91, seluruhnya melampaui KKM. Respon peserta sangat positif (89,13%), terutama pada motivasi (97,79%) dan relevansi materi (97,43%). Hasil belajar yang tinggi melalui kegiatan praktikum menunjukkan bahwa penggunaan bahan lokal sebagai pestisida alami dapat dikembangkan dalam pembelajaran bioteknologi konvensional. Praktikum ini tidak hanya memperkuat pemahaman konsep, tetapi juga mendukung upaya menjaga lingkungan agar tetap terkendali.

Penerapan pestisida alami perlu disertai dengan penyampaian materi yang relevan sehingga pengamatan dapat dilakukan secara lebih akurat dan didukung oleh perhitungan yang tepat, seperti pengujian nilai LD₅₀.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrafi, A. (2021). 50655-75676655540-1-PB (1). *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 11, 1-9. <https://doi.org/https://doi.org/10.26418/jspe.v11i1.50655>
- Aqib, Z., & Murtadlo, A. (2016). *Kumpulan metode pembelajaran kreatif dan inovatif: Buku wajib guru, mahasiswa, dan dosen*. Satu Nusa.
- Arifan, F., Broto, W., Fatimah, S., & Ardianto Rendy. (2021). Pestisida Organik Bawang Merah (*Allium Cepa*) sebagai Pengendalian Hama Tanaman Buah. *Jurnal Penelitian Terapan Kimia*, 2(3), 1-5. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/pentana.2.3.1-5>
- Asih, T. (2019). Perkembangan Psikomotorik Peserta Didik Di Kota Metro. *BIOEDUKASI (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 10(1), 100. <https://doi.org/10.24127/bioedukasi.v10i1.2046>
- Baharuddin, H. & Idrus, I. K. (2020). *Bioteknologi untuk Hidup yang Lebih Baik*. Kemendikbud.
- Candra, R., & Hidayati, D. (2020). Penerapan praktikum dalam meningkatkan keterampilan proses dan kerja peserta didik di laboratorium IPA. *Edugama: Jurnal Kependidikan Dan Sosial Keagamaan*, 6(1), 26-37.
- Christiansen, F. V. (2024). Research and Practice the laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 25, 383-402. <https://doi.org/10.1039/d3rp00245d>
- Cleaver, A., Crean, L., & Howitt, S. (2025). Student Perceptions of Cognitive , Psychomotor and Affective Learning in the Undergraduate Laboratory. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 1, 1-9. <https://doi.org/10.1002/bmb.70011>
- Cuadrado, L. C., Pinillos, E. O., Tito, R., Mirones, C. S., & Mendoza, N. N. G. (2019). Insecticidal Properties of Capsaicinoids and Glucosinolates Extracted from *Capsicum chinense* and. *Insects*, 10(5), 132. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/insects10050132>
- Damascena, A., Kusumaningrum, D., Widiyanti, E., Fitriana, I., Mukti, L., Mangayu, P., Fairuz, R., Fajrin, S., & Suryowidhi, S. (2023). *Training on making biopesticides as effort to strengthen organic agriculture by Taruna Tani Lestari*. 8(November), 559-571. <https://doi.org/https://doi.org/10.26905/abdimas.v8i4.11307>
- Government, N. (2017). *Protecting the environment while using pesticides*. Environmental Protection Authority. https://www.epa.govt.nz/assets/Uploads/Documents/Hazardous-Substances/Guidance/eff02bf97e/Protecting-the-environment-while-using-pesticides.pdf?utm_source=chatgpt.com. Diakses pada 6 November 2025
- Hindriana, A. F. (2016). the Development of Biology Practicum Learning Based on

- Vee Diagram for Reducing Student Cognitive Load. *JETL (Journal Of Education, Teaching and Learning)*, 1(2), 61. <https://doi.org/10.26737/jetl.v1i2.39>
- Ibunda MR, Alda D, Angela R, R. F. (2022). Prosiding SEMNAS BIO 2022 UIN Syarif Hidayatullah Jakarta Pengaruh Pemberian Gula pada Yoghurt (*Lactobacillus bulgaricus*) Tepung Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas*) The Effect of Giving Sugar on Yoghurt (*Lactobacillus bulgaricus*) Purple Sweet Potato Flour (I. *Semnas Bio*, 2(3), 453–459.
- Ismail, C. D. (2019). Students ' Character and Academic Achievement on. *Jurnal Riset Pembelajaran Kimia*, Vol 5, No(2), 1–10.
- Juniar, A. (2018). Pengaruh pelaksanaan praktikum terhadap kemampuan kognitif dan keterampilan siswa SMK. . . *Jurnal Penelitian Bidang Pendidikan*, 23(1), 1–7.
- Kumar, J., Ramlal, A., Mallick, D., & Mishra, V. (2021). An Overview of Some Biopesticides and Their Importance in Plant Protection for Commercial Acceptance. *Plants*, 1(2), 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/plants10061185>
- Lesmes, U., & Shpigelman, A. (2025). Project-based learning outcomes : Chemical knowledge and thinking skills of biotechnology and food engineering undergraduate students Project-based learning outcomes: Chemical knowledge and thinking skills of biotechnology and food engineering undergradu. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(10), 1–18. <https://doi.org/10.29333/ejmste/17041>
- Liawan, J. P., Tanujaya, H., & Darmawan, S. (2023). Analisis Aliran Udara dan Kenyamanan Termal di Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD). *Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa & Inovasi*, 5, 123–134. <https://doi.org/10.35814/asiimetrik.v5i1.3122>
- Mafaza, M., Mulyani, S., & Ridlo, S. (2018). Penerapan Perangkat Pembelajaran Berbasis Praktikum Invertebrata untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Sikap Ilmiah Siswa SMA. *Mangifera Edu*, 2(2), 103–114. <https://doi.org/10.31943/mangiferaedu.v2i2.34>
- Munawar, A. (2020). *Pengantar bioteknologi konvensional*. Ilmu Hayati.
- Mura, M., & Ippolito, K. (2025). The Emotional Science Lab : Exploring Social and Emotional Dynamics in Undergraduate Biomedical Science Discovery Learning. *Educatoion Sciences*, 15(10), 1–33. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/educsci15101278>
- Murti, S., Muhibbuddin, dan C. N. (2014). Penerapan Pembelajaran Praktikum Untuk Berbasis Peningkatkan Kemampuan Kognitif Dan Psikomotorik Pada Perkuliahan Anatomi Tumbuhan. *Jurnal Biologi Edukasi*, 6(1), 1–8.
- Nadrah, N. (2025). Science Laboratory Environment and Students ' Motivation as Predictors on Attitudes Towards Physics Lesson. *Penelitian Pendidikan IPA*, 11(2), 845–854. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i2.9215>
- OECD. (2021). *Guidelines for the testing of chemicals: Test No. 423: Acute oral*

- toxicity – Acute toxic class method*. OECD. <https://www.oecd-ilibrary.org>. Diakses pada 10 April 2025.
- Oliveira, H., & Bonito, J. (2023). Practical work in science education : a systematic literature review. *Frontiers in Education*, May, 01–20. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1151641>
- Pertiwi, A. (2023). *Ulas praktikum yang ideal: Mahasiswa Prodi S-2 Pendidikan Kimia FKIP UNS ungkap implementasinya dalam pembelajaran*. FKIP Universitas Sebelas Maret. <https://fkip.uns.ac.id/2023/03/ulas-praktikum-yang-ideal-mahasiswa-prodi-s-2-pendidikan-kimia-fkip-uns-ungkap-implementasinya-dalam-pembelajaran/>. Diakses pada 10 April 2025.
- Poernomo, A., Ma'ruf, A., & Dewi, S. (2023). Definisi dan penerapan LD50 dalam uji toksisitas akut. *Jurnal Toksikologi Indonesia*, 15(2), 123–130.
- Puspitasari, Ratih Dyah., Nelson., Tarigan, I. L. (2023). Improving Students' Cognitive and Psychomotor Performance through the Development of Project-Based Clinical Chemistry Learning Modules. *HYDROGEN: Jurnal Kependidikan Kimia*, 11(3), 82–87. <https://doi.org/https://doi.org/10.33394/hjkk.v11i1.6178>
- Raihanah. (2023). Lidya Wati Dan Raihanah Sari (2023). *Meningkatkan Aktivitas, Keterampilan Berpikir Kritis Dan Hasil Belajar Siswa Menggunakan Model Pelangi Pada Siswa Sekolah Dasar*, 1(3), 460–465.
- Riaz, S., Kousar, S., Saddique, R., & Rafiq, M. (2023). An Analysis of Laboratory Skills Among University Science Students. *Journal of Educational Research*, 4(1), 10–17. <https://doi.org/10.52131/JER.2023.v4i1.2199>
- Riduwan. (2016). *Skala Pengukuran Variabel-Variabel Penelitian*. CV. Alfabeta.
- Rifa'i, N. H. dan M. R. (2023). Karakteristik Penilaian Pembelajaran Pada Kurikulum 2013 Di Mi. *Awwaliyah: Jurnal PGMI*, 4(1), 115–128.
- Shareefdeen, Z. (2024). *applied sciences Toxic and Environmental Effects of Neonicotinoid Based Insecticides*. 14(8), 1–13. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app14083310>
- Sidqy, M. S. A., Azzahra, A. M., Muzakki, I., Lina, L., Aisyah, T., & Meutiashifa, N. I. (2023). Pelatihan Pembuatan Pestisida Nabati dan Photosynthetic Bacteri (PSB) Kepada Petani Padi Desa Jati Kecamatan Jaten. *Penguatan Ketahanan Pangan Berbasis Sumber Daya Lokal Sebagai Antisipasi Menanggulangi El Nino*, 9–16.
- SMA IT Al Uswah Bangil. (2024). *Siswa-siswi kelas X SMAIT Al Uswah Bangil hasilkan produk makanan dari penerapan bioteknologi*. Al Uswah Bangil. <https://www.aluswahbangil.sch.id/read/88/siswa-siswi-kelas-x-smait-al-uswah-bangil-hasilkan-produk-makanan-dari-penerapan-bioteknologi>. Diakses pada 10 April
- Supriatno, B. (2018). Praktikum untuk Membangun Kompetensi. *Proceeding Biology Education Conference*, 15(1), 1–18.
- Suryaningsih, Y. (2017). Practicum-based learning is a means for students to practice applying science process skills in biological material. *Bio Educatio*, 2(2), 49–57.
- Suryawan, A, Binadja, A. & Sulistyiorini, S. (2015). Pengembangan Instrumen

- Performance Assessment Praktikum Bervisi SETS untuk Mengukur Keterampilan Proses Sains. *Journal of Primary Education*, 4(2), 1–9.
- Tiandora, M., Widyawati, W., & Darmawangsa, D. (2017). Kadar hambat minimum (KHM) dan kadar bunuh minimum (KBM) pada buah cabai keriting (*Capsicum annum* L.) terhadap bakteri *Streptococcus viridans* secara in vitro. *B-Dent. Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Baiturrahmah*, 4(1), 9–14. <https://doi.org/https://doi.org/10.36082/bdent.v4i1.123>
- Umar, S., Baturante, N. J., & Rahman, N. A. (2023). *JOTE Volume 5 Nomor 2 Tahun 2023 Halaman 218–224 JOURNAL ON TEACHER EDUCATION Research & Learning in Faculty of Education Pengembangan E-Modul Interaktif Praktikum Kimia Ramah Lingkungan untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Kimia Siswa*. 5, 218–224. <https://doi.org/https://doi.org/10.31004/jote.v5i2.18143>
- Unesco. (2024). *Greening curriculum guidance*. Greening Education Partnership. <https://doi.org/https://doi.org/10.54675/AOOZ1758>
- Universitas Pendidikan Ganesha. (2024). *Inovasi pertanian organik: Sosialisasi dan pelatihan pembuatan pestisida nabati kepada kelompok subak di Desa Rangdu, Kecamatan Seririt, Kabupaten Buleleng*. KKN Undiksha. <https://kkn.undiksha.ac.id/blog/inovasi-pertanian-organik-sosialisasi-dan-pelatihan-pembuatan-pestisida-nabati-kepada-kelompok-subak-di-desa-rangdu-kecamatan-seririt-kabupaten-buleleng-1>. Diakses pada 10 April 2025
- Wahyudi, A. (2020). *Pengaruh dinamika kelompok terhadap efektivitas praktikum di laboratorium pendidikan*. EduLab.
- Wend, K., Zorrilla, L., Freimoser, F. M., & Gallet, A. (2024). Microbial pesticides – challenges and future perspectives for testing and safety assessment with respect to human health. *Environmental Health*, 23, 1–29. <https://doi.org/10.1186/s12940-024-01090-2>
- Wulandari, F. D. (2019). Keefektifan Lembar Kegiatan Peserta Didik Praktikum Pembuatan Vco Untuk Melatihkan Biopreneurship Pada Materi Bioteknologi Kelas Xii. *BioEdu*, Vol. 8 No.(2), 284–291. <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/bioedu>
- Wusqo, A. I. (2017). *Bioteknologi: Konsep, aplikasi, dan dampaknya dalam kehidupan*. Ilmu Hayati.
- Yopansius Hefri, & Erna Suhartini. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing dalam Praktikum terhadap Kemampuan Psikomotorik Peserta didik. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 13(1), 73–77. <https://doi.org/10.37630/jpm.v13i1.815>
- Yuliarto, H. (2024). A study of nonlinear pedagogical teaching models for cognitive and affective development of elementary school students. *Penelitian Dan Evaluasi Pendidikan*, 28(1), 94–106.
- Yunita, L. S. A. Y. N. (2017). Penerapan instrumen penilaian ranah afektif siswa pada praktikum kimia di sekolah. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan FKIP UNTIRTA*, 66, 107–114.
- Zainal Nurul Huda, I., Anggraeni, S., & Supriatno, B. (2020). Analisis Kesesuaian

Lembar Kerja Menggunakan Metode Ancor pada Praktikum Plasmolisis pada Sel Tumbuhan. *Biodik*, 6(4), 550–561.
<https://doi.org/10.22437/bio.v6i4.9438>

Zidny, R., & Eilks, I. (2022). education sciences Learning about Pesticide Use Adapted from Ethnoscience as a Contribution to Green and Sustainable Chemistry Education. *Education Sciences*, 12(4), 227.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/educsci12040227>

Zulaika Qudduus, G. S., Rintayati, P., & Adi, F. P. (2022). Pengaruh kegiatan praktikum sederhana dalam peningkatan hasil belajar aspek kognitif pada peserta didik kelas III sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 9(2).
<https://doi.org/10.20961/jpd.v10i1.59914>