



Biogenerasi Vol 11 No 2, 2026

Biogenerasi: Jurnal Pendidikan Biologi

Universitas Cokroaminoto Palopo

<https://e-journal.my.id/biogenerasi>

e-ISSN 2579-7085

**KODE ETIK PENGELOLAAN LIMBAH BEKAS DAN BAHAN
TERKONTAMINASI PADA LABORATORIUM KULTUR JARINGAN
TANAMAN**

Najwa Athifah, Ribi Zuhriah Sani, Mhd Yusuf Nasution, Khairiza Lubis, Nurbaity Situmorang

Program Studi Biologi, Universitas Negeri Medan, Indonesia

*Corresponding author E-mail: awavi131@gmail.com

DOI : <https://doi.org/10.30605/rabwff67>

Accepted : 2 April 2026 Approved : 18 April 2026 Published : 19 April 2026

Abstract

This study aims to describe the management of used culture media waste and contaminated materials, and to assess the understanding of laboratory staff and interns regarding ethical principles in plant tissue culture laboratories. A descriptive qualitative method was applied using observation, questionnaires, and literature review. The results indicate that most respondents have a good understanding, reflected in their agreement on the importance of sterilization, waste segregation, use of personal protective equipment, and implementation of standard operating procedures (SOP). Respondents are also aware of the risks of laboratory waste to health and the environment. Ethical practices are recognized as part of professional responsibility, but require improvement through training, supervision, and consistent SOP implementation.

Keywords : *Tissue culture, Waste management, Bioethics, SOP*

PENDAHULUAN

Kultur jaringan tanaman merupakan teknik bioteknologi untuk memperbanyak sel, jaringan, atau organ tanaman secara aseptik dalam media buatan yang terkendali. Proses ini menghasilkan limbah padat dan cair yang berasal dari media tanam, ZPT (zat pengatur tumbuh), bahan kimia desinfeksi, serta wadah plastik dan gelas yang terkontaminasi oleh mikroba. Limbah tersebut dapat menjadi sumber risiko biologis dan kimia bila tidak dikelola dengan baik, berpotensi mencemari lingkungan dan membahayakan kesehatan manusia (Rahmawati & Sandra, 2024). Meskipun praktik kultur jaringan umum dipelajari terutama dari buku panduan teknik, riset lokal terkait sumber kontaminan dan efek limbah kultur jaringan menunjukkan pentingnya perhatian terhadap kontaminasi mikroba dan prosedur sterilisasi dalam konteks pengelolaan limbah lab (Sachyo *et al.*, 2023).

Pengelolaan limbah laboratorium mencakup pemisahan, penanganan, sterilisasi, dan pembuangan yang tepat. Limbah di laboratorium dapat dikategorikan menjadi biologis terkontaminasi, limbah kimia, dan limbah padat non-infeksius yang memerlukan pendekatan berbeda sesuai karakteristiknya (WHO, 2014). Limbah biologis terkontaminasi harus disterilisasi terlebih dahulu melalui metode seperti autoklaf untuk mencegah penyebaran agen mikroba sebelum dibuang, sedangkan bahan kimia harus dinetralsisir untuk menghindari dampak kimia terhadap lingkungan. Praktik yang tepat melindungi pekerja, publik, dan lingkungan dari risiko paparan serta kontaminasi lintas media (*CDC/WHO Guidelines*).

Pengelolaan limbah tidak hanya merupakan masalah teknis tetapi juga etis. Bioetika menekankan tanggung jawab ilmiah untuk menghindari dampak negatif terhadap manusia dan lingkungan (*non-maleficence*), keadilan dalam distribusi risiko, dan tanggung jawab terhadap sumber daya ekologis. Implementasi bioetika dalam laboratorium mendukung pengembangan prosedur yang tidak hanya aman secara teknis tetapi juga bertanggung

jawab secara moral terhadap pemangku kepentingan dan lingkungan (Resnik, 2024). Penelitian lokal terkait etika kultur jaringan tanaman, meskipun fokusnya pada bahan media dan ZPT sintetis, menyatakan bahwa meskipun sebagian personel menyadari pentingnya prinsip etika seperti keselamatan kerja dan keberlanjutan lingkungan, implementasi praktik etis masih belum optimal akibat kurangnya sosialisasi, pelatihan, dan pengawasan (Romadhon *et al.*, 2026). Artikel ini mendukung pentingnya integrasi bioetika dalam seluruh aspek praktik laboratorium, termasuk pengelolaan limbah.

Standar operasional prosedur (SOP) merupakan dokumen penting dalam praktik laboratorium yang mencakup langkah-langkah pemisahan limbah, sterilisasi, netralisasi, dan pencatatan pembuangan limbah. Kepatuhan terhadap SOP mencerminkan aspek profesionalisme dan tanggung jawab etis dalam bekerja di laboratorium (*Good Laboratory Practice*). GLP membantu memastikan mutu data dan keamanan proses laboratorium, serta mengurangi risiko paparan bahan berbahaya bagi pekerja dan lingkungan. Oleh karena itu, pengelolaan limbah laboratorium yang sesuai dengan prinsip bioetika dan standar operasional prosedur (SOP) menjadi aspek penting dalam menjaga keselamatan kerja serta kelestarian lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan praktik pengelolaan limbah media bekas dan bahan terkontaminasi di laboratorium kultur jaringan tanaman serta menganalisis tingkat pemahaman tenaga laboratorium dan mahasiswa magang terhadap penerapan kode etik dan prinsip bioetika dalam pengelolaan limbah laboratorium.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif yang bertujuan untuk menggambarkan secara sistematis praktik pengelolaan limbah media bekas dan bahan terkontaminasi di laboratorium kultur jaringan tanaman. Pendekatan kualitatif dipilih karena penelitian ini tidak berfokus pada pengujian hubungan sebab-akibat secara statistik,

melainkan pada pemahaman mendalam mengenai proses, kesesuaian prosedur, serta pemaknaan etis terhadap pengelolaan limbah. Melalui pendekatan ini, peneliti dapat mengeksplorasi bagaimana prosedur dijalankan, bagaimana personel memahami kode etik, serta bagaimana praktik tersebut dikaitkan dengan prinsip bioetika dan tanggung jawab lingkungan. Waktu penelitian dilaksanakan selama satu bulan, yaitu pada Februari 2026, dengan proses pengambilan data yang dilakukan secara bertahap melalui observasi langsung dan dokumentasi kegiatan laboratorium.

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari 2026 di salah satu laboratorium kultur jaringan tanaman di Kota Medan yang merupakan laboratorium milik perusahaan rintisan (start-up) di bidang bioteknologi yang berfokus pada produksi bibit unggul melalui teknik kultur jaringan. Laboratorium ini secara aktif melakukan kegiatan produksi dan pengelolaan kultur jaringan sehingga menghasilkan limbah biologis dan kimia yang relevan dengan penelitian. Lingkungan laboratorium ini dinilai representatif untuk mengkaji penerapan kode etik dalam pengelolaan limbah karena memiliki prosedur operasional standar (SOP) yang

terdokumentasi dan melibatkan tenaga laboratorium serta mahasiswa magang dalam aktivitas sehari-hari. Subjek dalam penelitian ini sebanyak 5 orang yang terdiri atas 3 staf laboratorium dan 2 mahasiswa magang. Jumlah tersebut mencerminkan seluruh populasi yang terlibat langsung dalam kegiatan kultur jaringan di laboratorium pada saat penelitian berlangsung. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan teknik total sampling, sehingga seluruh individu yang relevan dijadikan sebagai responden guna memperoleh data yang komprehensif terkait praktik pengelolaan limbah dan penerapan kode etik di laboratorium. Karyawan laboratorium dipilih karena memiliki tanggung jawab utama dalam pelaksanaan SOP dan pengawasan pengelolaan limbah, sedangkan mahasiswa magang dipilih karena mereka merupakan pihak yang sedang dalam proses pembelajaran dan adaptasi terhadap budaya kerja laboratorium. Pengumpulan data dilakukan melalui penyebaran kuesioner yang terdiri atas 15 butir pertanyaan kepada responden, serta didukung dengan observasi langsung yang dilakukan sebanyak 6 kali selama periode penelitian.

HASIL & PEMBAHASAN

Tabel 1. Tabel Hasil Penyebaran Kuesioner

No.	Pernyataan	SS	S	TS
1.	Saya memahami bahwa media kultur bekas harus disterilisasi terlebih dahulu sebelum dibuang	4	0	1
2.	Pengelolaan limbah media kultur jaringan merupakan tanggung jawab setiap anggota laboratorium	3	2	0
3.	Limbah yang terkontaminasi mikroorganisme tidak boleh dibuang langsung ke tempat sampah umum	3	2	0
4.	Penggunaan autoklaf penting untuk mensterilkan media kultur bekas sebelum proses pembuangan	3	1	1
5.	Pemisahan limbah biologis dan non-biologis perlu dilakukan di laboratorium kultur jaringan	3	2	0
6.	Pengelolaan limbah yang tidak sesuai prosedur dapat membahayakan lingkungan dan kesehatan manusia	3	2	0
7.	Saya selalu menggunakan alat pelindung diri (APD) saat menangani bahan atau limbah yang terkontaminasi	4	1	0
8.	Media kultur yang terkontaminasi jamur atau bakteri harus ditangani secara khusus sesuai prosedur laboratorium	3	2	0
9.	Botol kultur, tissue, atau alat lain yang terkontaminasi harus melalui	3	2	0

10.	proses dekontaminasi sebelum dibuang Laboratorium kultur jaringan perlu memiliki prosedur tertulis mengenai pengelolaan limbah	5	0	0
11.	Kesadaran terhadap pengelolaan limbah merupakan bagian dari etika kerja di laboratorium	5	0	0
12.	Pembuangan limbah laboratorium tanpa proses sterilisasi merupakan tindakan yang tidak bertanggung jawab	2	2	1
13.	Penanganan limbah yang baik dapat membantu mencegah kontaminasi lingkungan	5	0	0
14.	Praktikan perlu mendapatkan pelatihan mengenai prosedur pengelolaan limbah sebelum melakukan praktikum	3	2	0
15.	Penerapan kode etik pengelolaan limbah penting untuk menjaga keamanan dan keberlanjutan kegiatan penelitian di laboratorium	3	2	0

Berdasarkan hasil kuesioner yang telah disebarakan secara *online* kepada responden, diperoleh gambaran mengenai tingkat pemahaman responden terhadap kode etik dalam pengelolaan limbah media bekas dan bahan terkontaminasi di laboratorium kultur jaringan tanaman. Secara umum, hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar responden memiliki tingkat pemahaman yang cukup baik mengenai prosedur pengelolaan limbah laboratorium. Hal ini menunjukkan bahwa kesadaran terhadap keselamatan kerja dan tanggung jawab lingkungan mulai berkembang di kalangan pengguna laboratorium.

1. Pemahaman mengenai limbah yang dihasilkan dari kegiatan laboratorium : hasil penelitian menunjukkan bahwa responden menyadari bahwa kegiatan praktikum atau penelitian di laboratorium dapat menghasilkan berbagai jenis limbah. Limbah tersebut dapat berupa limbah padat maupun cair yang berasal dari media kultur, bahan kimia, serta alat laboratorium yang telah terkontaminasi. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa aktivitas laboratorium biologi menghasilkan limbah yang berpotensi menimbulkan risiko kesehatan dan pencemaran lingkungan apabila tidak ditangani secara tepat (Saifuddin *et al.*, 2023). Pemahaman mengenai jenis limbah yang dihasilkan merupakan langkah awal yang penting dalam pengelolaan limbah laboratorium. Dengan mengetahui sumber dan karakteristik

limbah, maka proses penanganan dapat dilakukan secara lebih tepat dan sesuai dengan standar keselamatan kerja.

2. Risiko limbah terhadap kesehatan dan lingkungan : sebagian besar responden menyatakan bahwa limbah laboratorium dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Limbah biologis yang mengandung mikroorganisme, misalnya, berpotensi menyebarkan patogen ke lingkungan sekitar apabila dibuang tanpa proses pengolahan terlebih dahulu. Oleh karena itu, pengelolaan limbah laboratorium harus dilakukan secara sistematis dan mengikuti prosedur yang telah ditetapkan. Penelitian mengenai limbah biomedis juga menjelaskan bahwa limbah yang berasal dari kegiatan laboratorium dapat mengandung bahan infeksius maupun zat kimia berbahaya sehingga memerlukan penanganan khusus agar tidak menimbulkan risiko bagi manusia dan lingkungan (Verma, 2020).
3. Pentingnya penerapan kode etik dalam pengelolaan limbah : responden dalam penelitian ini juga menunjukkan kesadaran terhadap pentingnya penerapan kode etik dalam pengelolaan limbah laboratorium. Kode etik dalam kegiatan ilmiah menekankan bahwa setiap individu yang melakukan penelitian harus bertanggung jawab terhadap dampak yang mungkin ditimbulkan oleh aktivitasnya. Dalam konteks laboratorium, penerapan kode etik berkaitan dengan sikap disiplin dalam mengikuti prosedur keselamatan

- kerja, penggunaan alat pelindung diri, serta pengelolaan limbah secara benar. Dengan menerapkan kode etik tersebut, kegiatan penelitian dapat dilakukan secara lebih aman dan bertanggung jawab.
4. Sterilisasi limbah media kultur sebelum pembuangan : sebagian besar responden menyatakan bahwa media kultur bekas harus disterilisasi sebelum dibuang. Hal ini menunjukkan bahwa responden memahami pentingnya proses dekontaminasi dalam pengelolaan limbah biologis. Media kultur jaringan biasanya mengandung berbagai nutrisi yang dapat menjadi tempat pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri dan jamur. Proses sterilisasi bertujuan untuk menghilangkan atau membunuh mikroorganisme yang terdapat pada alat maupun media kultur sehingga mencegah terjadinya kontaminasi. Sterilisasi pada laboratorium kultur jaringan umumnya dilakukan menggunakan autoklaf dengan suhu tinggi dan tekanan uap air (Wulandari *et al.*, 2022). Dengan demikian, proses sterilisasi menjadi salah satu langkah penting untuk memastikan bahwa limbah yang dihasilkan dari kegiatan laboratorium tidak menimbulkan risiko bagi lingkungan.
 5. Pemisahan limbah berdasarkan jenisnya : hasil penelitian juga menunjukkan bahwa responden memahami pentingnya pemisahan limbah laboratorium. Limbah yang berasal dari kegiatan laboratorium dapat terdiri dari berbagai jenis, seperti limbah biologis, limbah kimia, maupun limbah padat lainnya. Pemisahan limbah merupakan langkah awal dalam sistem pengelolaan limbah yang bertujuan untuk mempermudah proses pengolahan dan pembuangan. Selain itu, pemisahan limbah juga dapat mengurangi risiko pencampuran bahan berbahaya yang dapat menimbulkan reaksi berbahaya atau pencemaran lingkungan.
 6. Tanggung jawab seluruh anggota laboratorium : hasil penelitian menunjukkan bahwa responden menyadari bahwa pengelolaan limbah tidak hanya menjadi tanggung jawab laboran, tetapi juga seluruh anggota laboratorium. Setiap individu yang melakukan kegiatan di laboratorium memiliki kewajiban untuk menjaga kebersihan dan keamanan lingkungan kerja. Kesadaran ini penting karena keberhasilan pengelolaan limbah laboratorium sangat bergantung pada kedisiplinan seluruh pengguna laboratorium dalam mengikuti prosedur yang telah ditetapkan.
 7. Penggunaan alat pelindung diri : penggunaan alat pelindung diri merupakan salah satu langkah penting dalam menjaga keselamatan kerja di laboratorium. Responden dalam penelitian ini menyatakan bahwa penggunaan sarung tangan, masker, dan jas laboratorium diperlukan ketika menangani bahan atau limbah yang terkontaminasi. Penggunaan alat pelindung diri bertujuan untuk melindungi pekerja laboratorium dari paparan bahan berbahaya maupun mikroorganisme yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan.
 8. Kepatuhan terhadap prosedur laboratorium : sebagian besar responden menyatakan bahwa kegiatan di laboratorium harus dilakukan sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan. Prosedur tersebut biasanya tercantum dalam standar operasional prosedur (SOP) yang menjadi pedoman dalam menjalankan kegiatan praktikum maupun penelitian. Dengan adanya SOP, setiap aktivitas di laboratorium dapat dilakukan secara lebih teratur dan aman.
 9. Pentingnya standar operasional prosedur (SOP) : responden juga menunjukkan bahwa keberadaan SOP dalam pengelolaan limbah laboratorium sangat penting. SOP berfungsi sebagai pedoman kerja yang menjelaskan langkah-langkah penanganan limbah mulai dari proses pemisahan hingga pembuangan akhir. Penelitian mengenai pengelolaan limbah laboratorium menunjukkan bahwa keberadaan pedoman atau standar pengelolaan limbah sangat diperlukan untuk

- memastikan bahwa proses penanganan limbah dilakukan secara konsisten dan sesuai dengan peraturan yang berlaku (Wahidin, 2023).
10. Kesadaran terhadap dampak lingkungan : responden dalam penelitian ini juga menunjukkan kesadaran bahwa limbah laboratorium dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Limbah yang mengandung bahan kimia atau mikroorganisme berbahaya dapat mencemari tanah dan air apabila dibuang secara sembarangan. Oleh karena itu, pengelolaan limbah laboratorium menjadi salah satu upaya penting dalam menjaga kelestarian lingkungan.
 11. Pentingnya pelatihan mengenai pengelolaan limbah : sebagian besar responden menyatakan bahwa praktikan perlu mendapatkan pelatihan mengenai cara pengelolaan limbah sebelum melakukan kegiatan praktikum. Pelatihan ini bertujuan untuk memberikan pemahaman mengenai potensi bahaya limbah serta cara penanganannya secara aman. Dengan adanya pelatihan yang memadai, mahasiswa atau praktikan dapat memahami prosedur yang harus dilakukan sehingga risiko kesalahan dalam penanganan limbah dapat diminimalkan.
 12. Pengawasan dalam pengelolaan limbah : selain pelatihan, pengawasan dari pihak pengelola laboratorium juga sangat diperlukan untuk memastikan bahwa prosedur pengelolaan limbah dilakukan dengan benar. Pengawasan ini biasanya dilakukan oleh laboran atau pengelola laboratorium selama kegiatan praktikum berlangsung. Pengawasan yang baik dapat membantu meningkatkan kedisiplinan praktikan dalam mengikuti prosedur keselamatan kerja.
 13. Kesadaran terhadap keselamatan kerja : hasil penelitian menunjukkan bahwa responden memiliki kesadaran yang cukup baik mengenai pentingnya keselamatan kerja di laboratorium. Keselamatan kerja tidak hanya berkaitan dengan penggunaan alat laboratorium, tetapi juga mencakup cara penanganan bahan berbahaya serta pengelolaan limbah yang dihasilkan.
 14. Peran edukasi dalam meningkatkan kesadaran : peningkatan pemahaman mengenai pengelolaan limbah juga dipengaruhi oleh adanya edukasi mengenai keselamatan kerja di laboratorium. Edukasi dapat dilakukan melalui pelatihan, sosialisasi, maupun pemberian informasi mengenai prosedur pengelolaan limbah. Dengan adanya edukasi yang baik, mahasiswa dapat memahami pentingnya menjaga keselamatan kerja dan kelestarian lingkungan.
 15. Penerapan kode etik secara konsisten : secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan kode etik dalam pengelolaan limbah laboratorium perlu dilakukan secara konsisten oleh seluruh anggota laboratorium. Dengan adanya kesadaran dan tanggung jawab bersama, kegiatan laboratorium dapat berjalan dengan lebih aman serta meminimalkan risiko pencemaran lingkungan.
- Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa responden memiliki tingkat pemahaman yang cukup baik mengenai kode etik pengelolaan limbah media bekas dan bahan terkontaminasi di laboratorium kultur jaringan tanaman. Hal ini terlihat dari dominasi jawaban setuju dan sangat setuju pada sebagian besar pernyataan dalam kuesioner, seperti pentingnya sterilisasi media kultur sebelum dibuang, pemisahan limbah berdasarkan jenisnya, penggunaan alat pelindung diri (APD), serta keberadaan prosedur tertulis mengenai pengelolaan limbah laboratorium. Temuan tersebut menunjukkan bahwa responden telah menyadari bahwa limbah yang dihasilkan dari kegiatan kultur jaringan berpotensi mengandung mikroorganisme maupun bahan kimia yang dapat menimbulkan risiko bagi kesehatan manusia dan lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik.
- Dalam praktik laboratorium, pengelolaan limbah biologis harus

dilakukan melalui tahapan pemisahan, dekontaminasi, dan pembuangan yang sesuai dengan standar biosafety. Menurut pedoman dari *World Health Organization*, limbah laboratorium yang terkontaminasi harus dipisahkan dari limbah umum dan melalui proses dekontaminasi, seperti sterilisasi menggunakan autoklaf, sebelum dibuang untuk mencegah penyebaran mikroorganisme berbahaya ke lingkungan. Prinsip tersebut juga menekankan bahwa pengelolaan limbah merupakan bagian penting dari sistem keselamatan laboratorium yang bertujuan melindungi pekerja, masyarakat, serta lingkungan dari potensi bahaya biologis.

Selain aspek teknis, hasil penelitian ini juga menunjukkan adanya kesadaran responden bahwa pengelolaan limbah merupakan bagian dari etika kerja di laboratorium. Hal ini menunjukkan bahwa praktik pengelolaan limbah tidak hanya berkaitan dengan prosedur teknis, tetapi juga berkaitan dengan tanggung jawab moral dalam kegiatan penelitian. Menurut Resnik, 2024 dalam penelitian ilmiah memiliki dimensi etika yang menuntut peneliti untuk meminimalkan risiko serta memastikan bahwa kegiatan penelitian tidak menimbulkan dampak negatif bagi manusia dan lingkungan.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penerapan kode etik pengelolaan limbah di laboratorium kultur jaringan tanaman telah dipahami dengan cukup baik oleh responden. Namun demikian, pemahaman tersebut perlu terus diperkuat melalui pelatihan, pengawasan, serta penerapan standar operasional prosedur (SOP) secara konsisten agar praktik pengelolaan limbah dapat berjalan secara optimal dan sesuai dengan prinsip keselamatan laboratorium serta tanggung jawab lingkungan.

SIMPULAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai penerapan kode etik dalam pengelolaan limbah media bekas dan bahan terkontaminasi di laboratorium kultur jaringan tanaman, dapat disimpulkan bahwa secara umum responden memiliki tingkat pemahaman yang cukup baik terhadap

prinsip pengelolaan limbah laboratorium. Hal ini terlihat dari dominasi jawaban "setuju" dan "sangat setuju" pada sebagian besar pernyataan dalam kuesioner, seperti pentingnya sterilisasi media kultur sebelum dibuang, pemisahan limbah berdasarkan jenisnya, penggunaan alat pelindung diri (APD), serta keberadaan prosedur tertulis mengenai pengelolaan limbah laboratorium.

Responden juga menunjukkan kesadaran bahwa limbah yang dihasilkan dari kegiatan kultur jaringan berpotensi mengandung mikroorganisme maupun bahan kimia yang dapat menimbulkan risiko terhadap kesehatan manusia dan lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Oleh karena itu, penerapan proses sterilisasi, seperti penggunaan autoklaf sebelum pembuangan limbah, menjadi langkah penting dalam mencegah penyebaran mikroorganisme ke lingkungan.

Selain dilihat dari aspek teknis, penelitian ini juga menunjukkan bahwa pengelolaan limbah dipahami sebagai bagian dari etika kerja di laboratorium. Seluruh anggota laboratorium, baik karyawan maupun mahasiswa magang, memiliki tanggung jawab untuk mematuhi prosedur keselamatan kerja dan pengelolaan limbah sesuai dengan standar operasional prosedur (SOP). Dengan demikian, penerapan kode etik dalam pengelolaan limbah laboratorium menjadi faktor penting dalam menjaga keselamatan kerja, melindungi lingkungan, serta mendukung keberlanjutan kegiatan penelitian.

DAFTAR RUJUKAN

- David B. Resnik. (2024). Biosafety, biosecurity, and bioethics. *Monash Bioethics Review*, 42(1), 1–10
- Romadhon, G. H., Maharani, M., & Andini, P. (2026). Penerapan bioetika kultur jaringan kentang *Granola L. terhadap penggunaan ZPT sintesis di laboratorium instansi pertanian swasta Medan*. *Jurnal Agro Indragiri*, 11(1).
- Resnik, D. B. (2024). Biosafety, biosecurity, and bioethics. *Monash Bioethics Review*.

- Sebayang, A., Aritonang, C., Lubis, K., & Situmorang, N. (2025). *Penerapan prinsip etika pengolahan limbah laboratorium biologi di Balai Laboratorium Kesehatan Masyarakat Kota Medan. Bioscientiae.*
- Sacahyo, A. I., Manalu, K., Nasution, R. A., et al. (2023). *Isolasi dan identifikasi mikroba penyebab kontaminasi dari udara di laboratorium kultur jaringan tumbuhan. JPB: Jurnal Pendidikan Biologi, 1(1), 1-12.*
- Saifuddin, M. F., Istiqomah, M. N., Jannah, N., Purwanti, P., Rahmawati, N., & Puspitasari, E. D. (2023). Waste management of high school biology laboratory in Yogyakarta City. *Indonesian Journal of Biology Education, 6(1), 41-45.* <https://doi.org/10.31002/ijobe.v6i1.639>
- Verma, P. (2020). Biomedical waste management in laboratory. *Research & Reviews: Journal of Medical Science and Technology, 9(3), 22-27.*
- Wulandari, S., Nisa, Y. S., Taryono, T., Indarti, S., & Sayekti, R. S. (2022). Sterilisasi peralatan dan media kultur jaringan. *Agrotechnology Innovation (Agrinova), 1(2), 45-52.*
- Wahidin. (2023). Pengelolaan limbah laboratorium peternakan yang berkelanjutan. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Sains dan Teknologi, 3(1), 1-8.*
- World Health Organization. (2020). *Laboratory biosafety manual (4th ed.)*. Geneva: World Health Organization.
- Wahidin, & Azis, A. R. (2025). Inovasi pengelolaan limbah berkelanjutan di laboratorium peternakan: tantangan dan peluang dalam era modern. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Sains dan Teknologi, 3(1).*
- WHO. (2014). *Safe management of wastes from health-care activities (2nd ed.)*. World Health Organization.