

## Application of bioethical aspects in the management of modified MS media waste in tissue culture laboratories

M. Rozan Pratama<sup>1</sup>, Togi Miranda Pandiangan<sup>2</sup>, Della Azzahra Batubara<sup>3</sup>,  
Nurbaiti Situmorang<sup>4</sup>, Widya Arwita<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Universitas Negeri Medan, Indonesia

Email: [rozanpratamaa@gmail.com](mailto:rozanpratamaa@gmail.com); [mirandatogi@gmail.com](mailto:mirandatogi@gmail.com); [dellabatubara2015@gmail.com](mailto:dellabatubara2015@gmail.com);  
[nurbaitysitumorang@unimed.ac.id](mailto:nurbaitysitumorang@unimed.ac.id); [widyaarwita@unimed.ac.id](mailto:widyaarwita@unimed.ac.id)

### ABSTRAK

Perkembangan bioteknologi melalui teknik kultur jaringan tanaman memberikan manfaat besar dalam menghasilkan bibit unggul secara cepat dan bebas penyakit. Namun, penggunaan media *Murashige and Skoog* (MS) modifikasi juga menghasilkan limbah laboratorium yang berpotensi mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengelolaan limbah media kultur jaringan, mengidentifikasi potensi risiko yang ditimbulkan, serta menganalisis penerapan prinsip bioetika dalam pengelolaannya. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan teknik pengumpulan data melalui observasi dan dokumentasi di Laboratorium Kultur Jaringan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah media kultur yang terkontaminasi masih dibuang secara langsung tanpa melalui proses sterilisasi dan pemisahan limbah sesuai standar. Kondisi ini berpotensi menimbulkan dampak negatif berupa penyebaran mikroorganisme, pencemaran lingkungan akibat kandungan bahan kimia, serta risiko gangguan kesehatan. Dari perspektif bioetika, praktik tersebut belum sepenuhnya menerapkan prinsip *non-maleficence*, *beneficence*, dan *responsibility*. Oleh karena itu, diperlukan penerapan pengelolaan limbah yang sesuai dengan prinsip bioetika melalui sterilisasi, pemisahan limbah, serta pengelolaan yang berkelanjutan guna mendukung praktik laboratorium yang aman dan bertanggung jawab.

**Kata Kunci:** bioetika; kultur jaringan; limbah laboratorium; media ms; pengelolaan limbah

### ABSTRACT

*The development of biotechnology through plant tissue culture techniques provides significant benefits in producing superior, disease-free seedlings quickly. However, the use of modified Murashige and Skoog (MS) media also produces laboratory waste that has the potential to pollute the environment if not managed properly. This study aims to examine the management of tissue culture media waste, identify potential risks, and analyze the application of bioethical principles in its management. This study uses a descriptive qualitative approach with data collection techniques through observation and documentation in the Tissue Culture Laboratory. The results show that contaminated culture media waste is still disposed of directly without undergoing a sterilization process and waste separation according to standards. This condition has the potential to cause negative impacts such as the spread of microorganisms, environmental pollution due to chemical content, and the risk of health problems. From a bioethical perspective, this practice does not fully implement the principles of non-maleficence, beneficence, and responsibility. Therefore, the implementation of waste management in accordance with bioethical principles through sterilization, waste separation, and sustainable management is needed to support safe and responsible laboratory practices.*

**Keyword:** bioethics; tissue culture; laboratory waste; ms media; waste management

#### Corresponding Author:

M. Rozan Pratama,  
Universitas Negeri Medan,  
Jl. William Iskandar Ps. V, Kenangan Baru, Kec. Percut Sei Tuan,  
Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara 20221, Indonesia  
Email: [rozanpratamaa@gmail.com](mailto:rozanpratamaa@gmail.com)



## 1. INTRODUCTION

Perkembangan bioteknologi modern, khususnya dalam bidang kultur jaringan tanaman, telah memberikan kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan produksi dan ketersediaan bibit unggul. Teknik kultur jaringan memungkinkan perbanyakan tanaman secara cepat, seragam, dan bebas penyakit melalui manipulasi jaringan secara *in vitro* dalam kondisi aseptik. Salah satu media yang umum digunakan adalah media *Murashige and Skoog (MS)*, yang sering dimodifikasi dengan penambahan zat pengatur tumbuh, vitamin, gula, serta senyawa kimia lainnya guna mendukung pertumbuhan dan diferensiasi jaringan tanaman secara optimal.

Di sisi lain, penggunaan media *MS* modifikasi dalam kegiatan kultur jaringan tidak terlepas dari konsekuensinya berupa dihasilkannya limbah laboratorium. Limbah tersebut meliputi sisa media kultur, eksplan terkontaminasi, botol kultur yang terinfeksi mikroorganisme, serta residu bahan kimia. Limbah media kultur yang terkontaminasi umumnya mengandung mikroorganisme seperti bakteri dan jamur akibat kegagalan proses sterilisasi atau kontaminasi selama proses subkultur. Selain itu, kandungan zat pengatur tumbuh, gula, dan senyawa kimia lainnya berpotensi menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan apabila limbah dibuang tanpa perlakuan yang tepat.

Pengelolaan limbah laboratorium kultur jaringan seharusnya mengikuti prinsip keselamatan hayati (*biosafety*) dan prosedur operasional standar (*Standard Operating Procedure/SOP*), seperti pemisahan limbah berdasarkan jenisnya, proses dekontaminasi, serta pembuangan akhir sesuai regulasi yang berlaku. Namun demikian, dalam praktiknya masih ditemukan berbagai kendala, seperti kurangnya kesadaran terhadap pentingnya pengelolaan limbah, keterbatasan fasilitas, serta belum optimalnya penerapan *SOP* di laboratorium. Kondisi tersebut dapat meningkatkan risiko pencemaran lingkungan, paparan bahan berbahaya bagi manusia, serta potensi penyebaran mikroorganisme patogen.

Selain aspek teknis, pengelolaan limbah juga berkaitan erat dengan aspek etika ilmiah. Bioetika memiliki peran penting dalam memastikan bahwa kegiatan laboratorium dilakukan secara bertanggung jawab dengan mempertimbangkan dampak terhadap manusia dan lingkungan. Prinsip-prinsip bioetika seperti *non-maleficence*, *beneficence*, *justice*, dan *responsibility* menjadi dasar dalam pengelolaan limbah biologis agar tidak menimbulkan bahaya serta tetap memberikan manfaat secara berkelanjutan. Penerapan prinsip-prinsip tersebut dapat diwujudkan melalui sterilisasi limbah sebelum pembuangan, pemisahan limbah biologis dan kimia, serta pengelolaan limbah sesuai standar yang berlaku.

Berdasarkan uraian tersebut, pengelolaan limbah media *MS* modifikasi di laboratorium kultur jaringan merupakan permasalahan yang tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga mencakup aspek etika, kesehatan, dan lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji praktik pengelolaan limbah media *MS* modifikasi di laboratorium kultur jaringan, mengidentifikasi potensi risiko yang ditimbulkan akibat pengelolaan yang tidak sesuai standar, serta menganalisis penerapan prinsip bioetika dalam pengelolaan limbah tersebut sebagai upaya untuk mendukung praktik laboratorium yang aman, bertanggung jawab, dan berkelanjutan.

## 2. LITERATURE REVIEW

Bioetika merupakan sebuah disiplin ilmu yang berfungsi sebagai aturan dan batasan untuk mengontrol serta mendampingi perkembangan biologi modern agar tetap sejalan dengan keamanan lingkungan dan kemaslahatan kehidupan. Secara filosofis, etika didefinisikan sebagai cabang filsafat yang membahas norma mengenai apa yang benar dan salah secara moral, sehingga menjadi tolok ukur utama dalam tingkah laku manusia saat melakukan penelitian. Dalam konteks penelitian biologi, bioetika tidak hanya mengeksplorasi isu-isu etika terkait ilmu kehidupan, tetapi juga berperan sebagai pedoman bagi para peneliti untuk memutuskan tindakan apa yang boleh dan tidak boleh dilakukan melalui kode etik yang mencakup kejujuran, tanggung jawab sosial, hingga legalitas (Labibah et al., 2021).

Kultur jaringan adalah suatu teknik untuk memilih galur tanaman dan menghasilkan individu baru yang bebas dari hama dan penyakit dalam jumlah banyak serta waktu yang relatif singkat (Sutarsih et al., 2022). Penerapan prinsip bioetika menjadi sangat krusial dalam teknik kultur jaringan tanaman, yang merupakan metode perbanyakan tanaman secara *in vitro* dalam kondisi steril. Dalam aktivitas laboratorium, prinsip bioetika yang harus diterapkan meliputi keselamatan dan kesehatan kerja, konservasi sumber daya, keterjaminan kualitas, serta keterbukaan informasi (Haniyyah et al., 2024).

Hal ini diperlukan karena setiap aktivitas penelitian biologi harus mampu menghasilkan ilmu pengetahuan yang bermanfaat bagi manusia tanpa merugikan makhluk hidup lain maupun lingkungan sekitar (Labibah et al., 2021). Salah satu tantangan etis terbesar dalam kultur jaringan adalah risiko kontaminasi mikroorganisme, seperti bakteri dan jamur, yang dapat berasal dari eksplan yang tidak steril, alat yang kurang bersih, maupun lingkungan kerja yang tidak aseptik (Utami et al., 2025).

Kontaminasi ini tidak hanya menyebabkan kegagalan pertumbuhan eksplan, tetapi juga menghasilkan limbah media yang harus dikelola dengan benar sesuai dengan aspek bioetika (Siahaan et al., 2025). Praktik berkelanjutan dalam bioetika menekankan pentingnya sterilisasi yang ketat dan efisien, seperti penggunaan metode sterilisasi basah dengan *autoclave* pada suhu 121°C, untuk memastikan keamanan dan mencegah penyebaran agen kontaminan ke lingkungan luar (Utami et al., 2025). Dengan demikian, penerapan bioetika dalam pengelolaan limbah media yang terkontaminasi berkontribusi langsung pada keberlanjutan proses kultur jaringan dengan memastikan prinsip keamanan lingkungan tetap terjaga (Siahaan et al., 2025).

Pengelolaan limbah yang mengandung zat pengatur tumbuh sintetis sangat penting untuk keselamatan dan kesehatan lingkungan. Limbah dari media kultur jaringan yang kaya nutrisi perlu dikelola dengan benar agar tidak mencemari lingkungan. Salah satu inovasi dalam pengolahan limbah media kultur adalah dengan mengubah limbah tersebut menjadi pupuk organik cair, yang dapat membantu meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Proses ini mencakup penambahan air dan fermentasi untuk mengubah limbah menjadi produk yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman.

Pengelolaan limbah dalam kultur jaringan sangat penting untuk menjaga lingkungan dan mematuhi prinsip bioetika. Zat pengatur tumbuh (*ZPT*) sintetis, termasuk auksin, sitokinin, dan giberelin, efektif dalam mendukung pertumbuhan tanaman, tetapi dapat menimbulkan efek negatif jika tidak dikelola dengan benar. Limbah yang mengandung zat-zat tersebut berpotensi mencemari tanah dan air, serta mengganggu keseimbangan mikroba tanah yang esensial bagi kesuburan. Oleh karena itu, pembuangan limbah harus mematuhi standar yang berlaku agar bahan kimia tersebut tidak merusak lingkungan.

Limbah harus dibuang dengan aman, misalnya melalui metode daur ulang atau pengolahan limbah yang meminimalkan dampak bahan kimia terhadap ekosistem (Romadhon et al., 2026). Dalam studi yang melibatkan pemanfaatan limbah medium kultur jaringan, prinsip kepedulian lingkungan menjadi hal penting dalam upaya mengurangi dampak limbah media yang berlebihan, misalnya melalui pembuatan pupuk cair dan padatan limbah secara terjadwal. Prinsip kehati-hatian juga ditekankan dengan melakukan tindakan pencegahan, seperti destruksi limbah sebelum pembuangan, untuk menghindari risiko kontaminasi mikroorganisme patogen. Selain itu, prinsip tanggung jawab menjadi pedoman bagi setiap individu dalam pengolahan limbah, dengan fokus pada keamanan serta pelaporan dampak yang ditimbulkan oleh limbah media (Tarigan et al., 2024).

### 3. RESEARCH METHOD

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif yang bertujuan untuk menggambarkan dan menjelaskan fenomena yang terjadi secara alami berdasarkan kondisi nyata di lapangan. Pendekatan ini dipilih karena penelitian tidak memberikan perlakuan khusus terhadap objek yang diteliti, melainkan berfokus pada pemaparan fakta sesuai dengan hasil pengamatan yang diperoleh selama proses penelitian.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kultur Jaringan dengan tujuan untuk memperoleh gambaran dan informasi yang jelas, lengkap, serta relevan terkait pengelolaan limbah media kultur jaringan. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada kesesuaian dengan objek penelitian serta kemudahan dalam melakukan observasi secara langsung terhadap aktivitas laboratorium.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi dan dokumentasi. Observasi dilakukan secara langsung terhadap kegiatan yang berkaitan dengan pengelolaan limbah di laboratorium guna memperoleh data sesuai dengan kondisi nyata. Sementara itu, dokumentasi digunakan untuk melengkapi data observasi, baik berupa catatan maupun foto yang relevan dengan penelitian.

Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis secara deskriptif untuk menghasilkan gambaran yang sistematis mengenai objek yang diteliti. Teknik analisis data yang digunakan mengacu pada analisis data kualitatif, yaitu melalui proses pengumpulan, pengelompokan, penyederhanaan, serta penafsiran data hasil observasi dan dokumentasi. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi informasi penting yang berkaitan dengan pengelolaan limbah media kultur jaringan, sehingga dapat ditarik kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian.

### 4. RESULTS AND DISCUSSION

Berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan di laboratorium kultur jaringan, diketahui bahwa pengelolaan limbah media kultur jaringan yang terkontaminasi masih belum dilakukan sesuai dengan prosedur pengelolaan limbah laboratorium yang seharusnya. Limbah media kultur jaringan yang berasal dari botol kultur yang terkontaminasi maupun media bekas hasil kegiatan kultur jaringan dibuang secara langsung tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Limbah tersebut ditumpuk di bagian belakang laboratorium yang dijadikan sebagai tempat pembuangan sampah. Kondisi ini menunjukkan bahwa limbah biologis yang dihasilkan dari kegiatan kultur jaringan tidak melalui tahapan pemisahan, sterilisasi, maupun proses destruksi sebelum dibuang ke lingkungan sekitar.



Gambar 1. Limbah media yang terkontaminasi

Dalam kegiatan kultur jaringan tanaman, media yang digunakan umumnya mengandung berbagai komponen nutrisi seperti gula, garam mineral, vitamin, serta zat pengatur tumbuh yang berfungsi untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan eksplan secara *in vitro*. Kandungan nutrisi yang tinggi tersebut menjadikan media kultur sebagai substrat yang sangat baik bagi pertumbuhan mikroorganisme. Kontaminasi pada kultur jaringan umumnya disebabkan oleh keberadaan bakteri dan jamur yang berasal dari eksplan, alat yang kurang steril, maupun kondisi lingkungan kerja yang tidak sepenuhnya aseptik. Oleh karena itu, media kultur yang terkontaminasi berpotensi mengandung berbagai mikroorganisme yang masih aktif dan dapat berkembang dengan cepat apabila tidak ditangani dengan prosedur yang tepat (Utami et al., 2025).

Pembuangan limbah media kultur jaringan secara langsung tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu dapat menimbulkan berbagai dampak negatif terhadap lingkungan maupun kesehatan manusia. Media kultur yang kaya nutrisi memungkinkan mikroorganisme seperti bakteri dan jamur berkembang dengan cepat apabila dibuang ke lingkungan tanpa proses sterilisasi. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan penyebaran mikroorganisme ke lingkungan sekitar laboratorium yang pada akhirnya dapat meningkatkan risiko kontaminasi lingkungan maupun gangguan kesehatan bagi individu yang berada di sekitar area tersebut (Utami et al., 2025).

Selain potensi penyebaran mikroorganisme, media kultur jaringan juga sering mengandung zat pengatur tumbuh sintesis seperti auksin, sitokinin, dan giberelin yang digunakan untuk merangsang pertumbuhan dan diferensiasi sel tanaman secara *in vitro*. Senyawa-senyawa tersebut, apabila dibuang secara langsung ke lingkungan tanpa pengolahan, berpotensi mencemari tanah maupun sumber air. Keberadaan zat pengatur tumbuh sintesis dalam lingkungan dapat mengganggu keseimbangan mikroorganisme tanah yang berperan penting dalam proses dekomposisi bahan organik, siklus unsur hara, serta menjaga kesuburan tanah. Gangguan terhadap komunitas mikroorganisme tanah tersebut dalam jangka panjang dapat memengaruhi stabilitas ekosistem serta produktivitas lahan (Romadhon et al., 2026).

Dari perspektif etika penelitian, praktik pembuangan limbah laboratorium secara langsung tanpa proses pengolahan juga menunjukkan kurangnya penerapan tanggung jawab ilmiah dalam kegiatan penelitian. Dalam penelitian biologi dan bioteknologi, setiap aktivitas ilmiah tidak hanya ditujukan untuk menghasilkan pengetahuan baru, tetapi juga harus mempertimbangkan dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan dan masyarakat. Oleh karena itu, pengelolaan limbah laboratorium menjadi bagian penting dari praktik penelitian yang bertanggung jawab serta mencerminkan penerapan prinsip bioetika dalam kegiatan ilmiah (Labibah et al., 2021).

Berdasarkan kondisi tersebut, pengelolaan limbah media kultur jaringan seharusnya dilakukan dengan menerapkan prinsip bioetika serta standar keselamatan hayati di laboratorium. Limbah media yang terkontaminasi perlu melalui proses sterilisasi terlebih dahulu sebelum dibuang, misalnya dengan menggunakan *autoclave* pada suhu sekitar 121°C dengan tekanan tertentu untuk memastikan bahwa mikroorganisme yang terdapat dalam media telah dimatikan sehingga tidak menyebar ke lingkungan luar laboratorium (Siahaan et al., 2025). Selain proses sterilisasi, pengelolaan limbah juga perlu dilakukan dengan memisahkan limbah biologis dan limbah kimia agar setiap jenis limbah dapat diolah sesuai dengan karakteristiknya. Proses pemilahan ini penting untuk memastikan bahwa metode pengolahan yang digunakan dapat dilakukan secara efektif dan aman.

Dalam beberapa penelitian, limbah media kultur jaringan yang telah melalui proses sterilisasi bahkan dapat dimanfaatkan kembali sebagai sumber nutrisi tambahan dalam kegiatan pertanian atau sebagai bahan campuran dalam pembuatan pupuk organik cair maupun kompos. Pemanfaatan kembali limbah tersebut tidak hanya dapat mengurangi volume limbah laboratorium, tetapi juga dapat mendukung konsep pengelolaan

limbah yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip pengelolaan limbah berbasis *circular economy*, di mana limbah yang dihasilkan dari suatu kegiatan dapat dimanfaatkan kembali sehingga mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

Penerapan aspek bioetika dalam pengelolaan limbah media kultur jaringan merupakan hal yang sangat penting dalam kegiatan penelitian dan produksi tanaman melalui teknik kultur jaringan. Kultur jaringan merupakan salah satu teknik bioteknologi yang banyak digunakan dalam perbanyakan tanaman secara cepat, seragam, dan bebas penyakit. Namun, dalam prosesnya teknik ini menghasilkan limbah berupa media kultur yang telah terkontaminasi oleh mikroorganisme seperti bakteri dan jamur, serta mengandung berbagai bahan kimia seperti zat pengatur tumbuh, garam mineral, vitamin, dan gula. Limbah tersebut apabila tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan (Siahaan et al., 2025).

Bioetika merupakan cabang ilmu yang membahas penerapan prinsip moral dalam bidang ilmu biologi dan teknologi yang berkaitan dengan kehidupan. Bioetika berasal dari kata *bios* yang berarti kehidupan dan *ethos* yang berarti moral atau etika. Dengan demikian, bioetika dapat diartikan sebagai prinsip moral yang mengatur bagaimana manusia menggunakan ilmu biologi dan teknologi agar tidak merugikan manusia, hewan, tumbuhan, maupun lingkungan. Bioetika juga berfungsi sebagai pedoman dalam pengambilan keputusan yang berkaitan dengan penggunaan teknologi biologis sehingga manfaat yang dihasilkan dapat dirasakan secara luas tanpa menimbulkan kerusakan lingkungan (Salehah & Rahmatullah, 2023).

Dalam pengelolaan limbah media kultur jaringan yang terkontaminasi, penerapan bioetika dapat dilihat dari beberapa prinsip utama, yaitu prinsip otonomi (*autonomy*), prinsip tidak merugikan (*non-maleficence*), prinsip kebaikan (*beneficence*), dan prinsip keadilan (*justice*). Prinsip-prinsip tersebut menjadi landasan moral dalam kegiatan penelitian dan pengelolaan limbah laboratorium sehingga kegiatan tersebut tetap berjalan secara aman, bertanggung jawab, dan berkelanjutan.

Prinsip otonomi berkaitan dengan tanggung jawab individu yang terlibat dalam kegiatan laboratorium untuk memahami risiko yang mungkin timbul dari limbah yang dihasilkan. Peneliti, teknisi laboratorium, maupun mahasiswa yang melakukan praktik kultur jaringan harus memiliki kesadaran bahwa limbah media kultur tidak boleh dibuang secara sembarangan karena berpotensi mengandung mikroorganisme patogen maupun bahan kimia yang dapat mencemari lingkungan. Oleh karena itu, setiap individu harus mematuhi prosedur standar operasional (*Standard Operating Procedure/SOP*) dalam pengelolaan limbah laboratorium serta memiliki pengetahuan yang memadai mengenai risiko biologis dan kimia yang mungkin timbul (Romadhon et al., 2025).

Prinsip tidak merugikan (*non-maleficence*) menekankan bahwa setiap kegiatan ilmiah harus dilakukan dengan cara yang tidak menimbulkan bahaya bagi makhluk hidup maupun lingkungan. Dalam konteks pengelolaan limbah kultur jaringan, prinsip ini dapat diterapkan dengan memastikan bahwa limbah yang dihasilkan tidak langsung dibuang ke lingkungan sebelum melalui proses pengolahan yang memadai. Proses sterilisasi menggunakan *autoclave* merupakan salah satu metode yang paling umum digunakan untuk menonaktifkan mikroorganisme yang terdapat dalam media kultur sehingga risiko penyebaran kontaminan dapat diminimalkan (Rusli, 2025).

Prinsip kebaikan (*beneficence*) menekankan bahwa kegiatan ilmiah seharusnya memberikan manfaat bagi manusia dan lingkungan. Prinsip ini dapat diterapkan dengan mengembangkan metode pengelolaan limbah yang tidak hanya berfokus pada pembuangan, tetapi juga pada pemanfaatan kembali limbah secara aman. Misalnya, limbah media kultur yang telah disterilisasi dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan pupuk organik cair atau kompos karena masih mengandung unsur hara yang bermanfaat bagi tanaman. Pendekatan ini tidak hanya mengurangi pencemaran lingkungan, tetapi juga memberikan nilai tambah dari limbah yang dihasilkan (Rusli, 2025).

Prinsip keadilan (*justice*) berkaitan dengan distribusi manfaat dan risiko dari kegiatan ilmiah. Laboratorium sebagai institusi penelitian memiliki tanggung jawab untuk memastikan bahwa kegiatan penelitian yang dilakukan tidak memberikan dampak negatif bagi masyarakat maupun lingkungan sekitar. Oleh karena itu, institusi perlu menyediakan fasilitas pengelolaan limbah yang memadai serta melakukan pengawasan secara berkala terhadap sistem pembuangan limbah yang diterapkan (Simanjuntak, 2024).

Selain prinsip-prinsip tersebut, penerapan bioetika dalam pengelolaan limbah media kultur jaringan juga berkaitan dengan prinsip tanggung jawab terhadap lingkungan dan keberlanjutan. Pengelolaan limbah yang tidak tepat dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang bersifat jangka panjang dan sulit untuk diperbaiki. Oleh karena itu, laboratorium perlu menerapkan sistem pengelolaan limbah yang terintegrasi, mulai dari proses pemilahan limbah, sterilisasi, hingga pembuangan akhir yang sesuai dengan standar keselamatan lingkungan.

Penerapan bioetika juga dapat dilakukan melalui peningkatan kesadaran dan budaya etika di lingkungan laboratorium. Budaya etika ini dapat dibangun melalui pelatihan, sosialisasi, serta penerapan kebijakan yang jelas mengenai pengelolaan limbah laboratorium. Dengan adanya kesadaran etika yang tinggi,

setiap individu yang terlibat dalam kegiatan laboratorium akan lebih bertanggung jawab dalam menjalankan prosedur yang telah ditetapkan sehingga kegiatan penelitian dapat berlangsung secara aman dan berkelanjutan (Siahaan et al., 2025).

## 5. CONCLUSION

Pengelolaan limbah media kultur jaringan di laboratorium yang diamati masih belum sesuai dengan prosedur pengelolaan limbah yang seharusnya, karena limbah media yang terkontaminasi dibuang secara langsung di area belakang laboratorium tanpa melalui proses pemisahan dan sterilisasi terlebih dahulu. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan dampak negatif berupa penyebaran mikroorganisme, pencemaran lingkungan akibat kandungan bahan kimia dalam media kultur, serta risiko gangguan kesehatan.

Oleh karena itu, penerapan aspek bioetika dalam pengelolaan limbah sangat penting dilakukan melalui proses sterilisasi limbah, pemisahan limbah biologis dan kimia, serta pengelolaan yang sesuai dengan standar keselamatan laboratorium agar kegiatan penelitian dapat berlangsung secara aman, bertanggung jawab, dan tidak merugikan lingkungan maupun masyarakat.

Laboratorium kultur jaringan sebaiknya menerapkan pengelolaan limbah yang sesuai dengan standar keselamatan dan prinsip bioetika, seperti melakukan sterilisasi limbah sebelum dibuang serta memisahkan limbah biologis dan kimia. Selain itu, perlu adanya pengawasan dan peningkatan kesadaran dari seluruh pengguna laboratorium agar pembuangan limbah tidak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan.

## REFERENCES

- Haniyyah, U., Ivanka, D., & Siagian, L. M. (2024). Penerapan prinsip-prinsip bioetik dalam pembuatan media kultur jaringan di laboratorium kultur jaringan di salah satu instansi pertanian Kota Medan. *Jurnal Biogenerasi*, 9(2), 1134–1140. <https://doi.org/10.30605/biogenerasi.v9i2.3952>
- Labibah, N., Gani, A. R. F., Niandari, I., & Murti, A. B. (2021). Peranan etika dalam pembelajaran dan penelitian biologi. *Bioilmi: Jurnal Pendidikan*, 7(2), 93–100. <https://doi.org/10.19109/bioilmi.v7i2.11513>
- Romadhon, G. H., Maharani, M., & Andini, P. (2026). Penerapan bioetika kultur jaringan kentang granola L. terhadap penggunaan ZPT sintetis di laboratorium instansi pertanian swasta Medan. *Jurnal Agro Indragiri*, 11(1), 1–9. <https://doi.org/10.32520/jai.v11i1.4094>
- Rusli, N. T. (2025). Tantangan bioetika dalam penentuan kelayakan bekerja: Antara otonomi dan risiko okupasi. *Jurnal Hukum dan Etika Kesehatan*, 5(1), 76–87. <https://doi.org/10.30649/jhek.v5i1.250>
- Siahaan, A. A., Sinaga, N. R., Sidabutar, J., Situmorang, N., & Lubis, K. (2025). Penerapan bioetik dalam sterilisasi alat dan media dalam kultur jaringan terhadap keberhasilan inisiasi eksplan. *Jurnal Lingkar Pembelajaran Inovatif*, 6(3), 112–118.
- Siahaan, F. I. B., Rahmadhani, N. R., Andini, N. P., Situmorang, N., & Lubis, K. (2025). Aspek bioetika dalam pemanfaatan kultur jaringan untuk rekayasa genetika tanaman pangan. *Jurnal Ilmiah Kajian Multidisiplin*, 9(3), 144–150.
- Simanjuntak, M. (2024). Implementasi prinsip-prinsip bioetika dalam pengolahan dan pemanfaatan plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). *Jurnal Biogenerasi*, 9(2), 1177–1183. <https://doi.org/10.30605/biogenerasi.v9i2.3990>
- Sutarsih, T. N. K., Nuraini, Z., Andriani, K. N., Wulandariningtyas, D., & Wirayudha, F. (2022). Kajian tingkat kontaminasi pada kultur jaringan tanaman porang. *Jurnal Agri-Tek: Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Eksakta*, 23(1), 20–24. <https://doi.org/10.33319/agtek.v23i1.111>
- Tarigan, B. L., Pulungan, A. S., Butarbutar, Y., Simanjuntak, R., & Situmorang, N. (2024). Penerapan aspek bioetika kultur jaringan tanaman anggrek *Dendrobium* sp. terhadap permasalahan kontaminasi mikroorganisme di laboratorium kultur jaringan UPT pengembangan benih hortikultura. *Jurnal Biogenerasi*, 9(2), 1155–1160. <https://doi.org/10.30605/biogenerasi.v9i2.3957>
- Utami, M., Dewi, A. S., Naufal, W., Pulungan, A. S., & Situmorang, N. (2025). Penerapan aspek bioetik kultur jaringan terhadap permasalahan kontaminasi mikroorganisme di salah satu laboratorium kultur jaringan Kota Medan. *Jurnal Agro Indragiri*, 10(2), 46–52. <https://doi.org/10.32520/jai.v10i2.4088>