

Penerapan Aspek Bioetik Kultur Jaringan Terhadap Permasalahan Kontaminasi Mikroorganisme Di Salah Satu Laboratorium Kultur Jaringan Kota Medan

Mega Utami¹, Alfina Siska Dewi¹, Waliid Naufal¹, Ahmad Shafwan Pulungan², Nurbaity Situmorang²

¹Jurusan Biologi, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan

Email: megautamii@mhs.unimed.ac.id

Abstract

Contamination of microorganisms, especially fungi and bacteria, is a major challenge in the success of tissue culture, which can come from unsterilized explants, tools, or work environment. The application of bioethical principles, such as strict sterilization and sustainable practices, is expected to reduce the risk of contamination. This study aims to analyze the application of bioethics in tissue culture and identify factors causing contamination in tissue culture laboratories in Medan City. The research method used a descriptive qualitative approach with data collection through literature study, interviews, and questionnaires to 14 respondents. The results showed that most respondents understood the principles of bioethics and had implemented sterilization procedures well. However, guidance on contamination prevention was lacking, and the effectiveness of bioethics implementation in reducing contamination varied. Periodic evaluation of the success of tissue culture has been conducted, but limited facilities and external factors are still an obstacle. The conclusions of this study emphasize the importance of improved bioethics training, provision of adequate facilities, as well as the use of new technologies and inter-institutional collaboration to reduce the risk of microorganism contamination in tissue culture.

Keyword: Tissue culture, microorganism contamination, bioethics

Abstrak

Kontaminasi mikroorganisme terutama jamur dan bakteri menjadi tantangan utama dalam keberhasilan kultur jaringan yang dapat berasal dari eksplan, alat, atau lingkungan kerja yang tidak steril. Penerapan prinsip bioetika, seperti sterilisasi ketat dan praktik berkelanjutan, diharapkan dapat mengurangi risiko kontaminasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis penerapan bioetika dalam kultur jaringan dan mengidentifikasi faktor penyebab kontaminasi di laboratorium kultur jaringan di Kota Medan. Metode penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan pengumpulan data melalui studi pustaka, wawancara, dan kuesioner terhadap 14 responden. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar responden memahami prinsip bioetika dan telah menerapkan prosedur sterilisasi dengan baik. Namun, panduan pencegahan kontaminasi masih kurang, dan efektivitas penerapan bioetika dalam mengurangi kontaminasi bervariasi. Evaluasi berkala terhadap keberhasilan kultur jaringan telah dilakukan, tetapi keterbatasan fasilitas dan faktor eksternal masih menjadi kendala. Kesimpulan penelitian ini menekankan pentingnya peningkatan pelatihan bioetika, penyediaan fasilitas yang memadai, serta penggunaan teknologi baru dan kolaborasi antar lembaga untuk mengurangi risiko kontaminasi mikroorganisme dalam kultur jaringan.

Kata Kunci: Kultur jaringan, kontaminasi mikroorganisme, bioetika.

1. PENDAHULUAN

Kultur jaringan adalah teknik perbanyak tanaman yang efektif untuk menghasilkan bibit berkualitas tinggi dalam jumlah besar dan waktu singkat (Amalia dan Hadipoentyanti, 2018). Keunggulannya adalah menghasilkan bibit yang sehat dan

seragam. Keberhasilan teknik ini bergantung pada berbagai faktor, termasuk sumber dan ukuran eksplan, kondisi media, dan lingkungan yang aseptik (Wardani, 2020). Namun, kontaminasi bakteri dan jamur menjadi tantangan utama yang menghambat keberhasilan kultur jaringan (Nabila et al., 2022).

Kontaminasi ini dapat berasal dari berbagai sumber, seperti eksplan yang tidak steril, alat-alat yang kurang steril, atau lingkungan kerja yang kurang bersih. Jamur lebih sering menjadi penyebab kontaminasi dibandingkan mikroba lain (Wati *et al.*, 2020). Untuk mengatasi masalah ini, pemahaman dan penerapan etika dalam prosedur kultur jaringan sangat penting (Ashar *et al.*, 2023). Bioetika dalam kultur jaringan mencakup prinsip-prinsip seperti otonomi, kebaikan, keberlanjutan, dan partisipasi. Prinsip-prinsip ini menekankan pentingnya praktik yang bermanfaat, adil, dan berkelanjutan, serta melibatkan semua pihak terkait dalam pengambilan keputusan (Nainggolan *et al.*, 2024).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan bioetika dapat membantu mengurangi kontaminasi dalam kultur jaringan, meskipun masih ada kendala seperti keterbatasan fasilitas dan kurangnya pelatihan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan aspek bioetika dalam kultur jaringan di Kota Medan dan mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kontaminasi mikroorganisme (Tarigan *et al.*, 2024).

Berdasarkan penjelasan di atas, kultur jaringan adalah cara yang sangat efektif untuk memperbanyak tanaman, menghasilkan bibit berkualitas tinggi dalam jumlah besar. Namun, tantangan utama adalah kontaminasi oleh mikroorganisme seperti jamur dan bakteri, yang dapat mengganggu pertumbuhan. Kontaminasi ini dapat dikurangi dengan menerapkan prinsip-prinsip bioetika, termasuk sterilisasi yang ketat dan praktik berkelanjutan di laboratorium. Penerapan bioetika tidak hanya meningkatkan keberhasilan kultur jaringan tetapi juga memastikan praktik yang ramah lingkungan dan bermanfaat bagi masyarakat. Oleh karena itu, peningkatan fasilitas laboratorium dan pelatihan bioetika yang lebih intensif sangat penting untuk mendukung efektivitas kultur jaringan dan keberlanjutan produksi tanaman.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan bioetika dalam kultur jaringan dan mengidentifikasi penyebab kontaminasi mikroorganisme di laboratorium kultur jaringan di Kota Medan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi Bioetika

Istilah "Bioetika" pertama kali muncul dalam karya ilmiah Fritz Jahr pada tahun 1927 dalam artikel berjudul "*Bio-Ethik. Eine Umschau über*

die ethischen Beziehungen des Menschen zu Tier und Pflanze" (Bioetika: Kajian Mengenai Hubungan Etika Antara Manusia dengan Hewan dan Tanaman). Salah satu tokoh penting dalam bidang ini, Van Rassel Potter, mendefinisikan bioetika sebagai "Disiplin Baru yang Menggabungkan Pengetahuan Biologi dengan Pemahaman Sistem Nilai Manusia, yang Bertujuan Membangun Jembatan antara Ilmu Pengetahuan dan Humaniora, Membantu Kemanusiaan untuk Bertahan dan Berkembang, serta Meningkatkan Peradaban yang Beradab." Dalam definisi Potter, bioetika dipandang sebagai suatu disiplin keilmuan yang mengintegrasikan pengetahuan tentang biologi dengan pemahaman nilai-nilai kemanusiaan. Tujuannya adalah untuk mencapai keselamatan, kelestarian, dan kemajuan peradaban manusia. Terlepas dari berbagai definisi yang ada, tujuan utama dari pengetahuan dan penerapan prinsip-prinsip bioetika adalah untuk menemukan solusi terhadap masalah-masalah etika, hukum, dan sosial yang muncul, atau yang mungkin timbul, akibat penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi (Arthanti *et al.*, 2024).

2.2. Kultur Jaringan

Kultur jaringan adalah sebuah teknik yang digunakan untuk menumbuhkan bagian-bagian tanaman, seperti protoplas, sel, jaringan, atau organ, dalam suatu media yang sesuai dan di bawah kondisi aseptis. Umumnya, bagian-bagian tanaman tersebut ditanam dalam media yang disimpan di dalam wadah gelas, sehingga metode ini sering disebut sebagai kultur in-vitro atau kultur dalam tabung gelas. Proses pelaksanaan teknik kultur jaringan melibatkan pengisolasian bagian-bagian tanaman seperti protoplas, sel, serbuk sari, ovul, jaringan, atau organ. Setelah diisolasi, bagian-bagian tersebut ditumbuhkan secara terpisah dalam media yang sesuai. Selanjutnya, bagian tanaman tersebut diinduksi untuk membentuk struktur yang diinginkan dan akhirnya diregenerasikan menjadi tanaman yang utuh, siap untuk dipindahkan ke lapangan. Agar teknik ini berhasil, penanganan bahan tanaman harus dilakukan dalam kondisi aseptis serta dalam lingkungan yang terkendali. Lingkungan terkendali ini mencakup faktor-faktor seperti cahaya, pH, kelembaban, dan suhu yang ada di dalam laboratorium (Prasetyorini, 2019).

Teknik kultur jaringan tanaman (plant tissue culture technique) tidak dapat dipisahkan dari berbagai teknologi terkini yang mewarnai kemajuan bidang pertanian. Kultur jaringan tanaman berasal dari kata "kultur" (*to culture atau to cultivate*) yang berarti membudidayakan atau mengondisikan agar dapat tumbuh dan berkembang; serta "jaringan tanaman" (*plant tissue*) yang berarti kumpulan sel tanaman yang mempunyai fungsi tertentu. Jadi, secara harfiah, kultur jaringan tanaman

adalah membudidayakan jaringan tanaman. Namun demikian, kultur jaringan tanaman yang kini merupakan terminologi populer di dunia dapat dikatakan sebagai terminologi salah kaprah atau sesuatu yang kurang tepat, tetapi sudah terlanjur diterima masyarakat luas. Kultur jaringan tanaman bukan hanya berarti pengulturan jaringan tanaman, melainkan didefinisikan sebagai pengulturan secara aseptik bagian tanaman. Hal tersebut bisa berupa sel, jaringan, organ, embrio, biji, atau tanaman utuh di dalam tabung (secara *in vitro*) dengan media buatan berisi nutrisi lengkap, sumber energi, dan bahan lain yang diperlukan tanaman (Hapsoro dan Yusnita, 2018)

2.3. Bioetika Kultur Jaringan

Bioetika dalam kultur jaringan merupakan aspek penting yang perlu diperhatikan dalam praktik bioteknologi modern, terutama dalam konteks pertanian dan konservasi tanaman. Kultur jaringan, atau tissue culture, adalah teknik yang digunakan untuk menumbuhkan bagian tanaman dalam kondisi aseptik dan terkontrol, dengan tujuan menghasilkan tanaman baru yang memiliki sifat serupa dengan induknya. Proses ini melibatkan pengambilan eksplan dari berbagai bagian tanaman, seperti daun atau batang, yang kemudian dikulturkan dalam media yang mengandung nutrisi dan hormon yang diperlukan untuk pertumbuhan (Nainggolan *et al.*, 2024). Penerapan bioetika dalam kultur jaringan berfokus pada prinsip-prinsip moral dan etis yang harus diikuti selama proses tersebut. Prinsip-prinsip bioetika yang relevan mencakup otonomi, kebaikan, tidak merugikan, keadilan, dan keberlanjutan. Dalam konteks kultur jaringan, penting untuk memastikan bahwa semua praktik dilakukan dengan mempertimbangkan dampak terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Misalnya, penggunaan bahan kimia harus diminimalkan dan dilakukan dengan cara yang tidak merugikan ekosistem. Selain itu, pemahaman mengenai totipotensi sel tanaman kemampuan sel untuk berkembang menjadi berbagai jenis jaringan merupakan dasar penting dalam teknik kultur jaringan (Tarigan *et al.*, 2024).

Selain itu, prinsip totipotensi yang menjadi dasar kultur jaringan juga menimbulkan pertanyaan etis tentang bagaimana tanaman yang dihasilkan dapat mempertahankan sifat-sifat induknya dan bagaimana dampaknya terhadap lingkungan (Diningrat, 2023). Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan aspek bioetika

dalam setiap tahapan kultur jaringan, mulai dari inisiasi hingga aklimatisasi, untuk memastikan bahwa proses ini tidak hanya menguntungkan secara ekonomis tetapi juga berkelanjutan dan aman bagi lingkungan.

2.4. Kontaminasi Mikroorganisme

Kontaminasi mikroorganisme merupakan salah satu permasalahan utama yang dapat menghambat keberhasilan proses kultur jaringan. Kontaminasi dapat berasal dari jamur maupun bakteri dimana mereka dapat tumbuh dengan cepat di media kultur yang kaya nutrisi, sehingga menutupi permukaan media dan eksplan (Oratmanguna *et al.*, 2017). Faktor-faktor yang mempengaruhi kontaminasi mikroorganisme pada kultur jaringan meliputi kualitas eksplan, sterilisasi alat dan lingkungan, serta kondisi lingkungan seperti suhu, cahaya, dan kelembaban ruang inkubasi. Kontaminasi yang berasal dari eksplan, baik internal maupun eksternal, merupakan sumber kontaminasi yang paling sulit diatasi karena eksplan dapat membawa mikroorganisme dari tanaman induknya (Andriani dan Heriansyah, 2021).

Oleh karena itu, penerapan bioetika dalam kultur jaringan sangat penting untuk memastikan bahwa semua prosedur dilakukan dengan standar sterilisasi yang tinggi dan meminimalkan risiko kontaminasi.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2025 di salah satu laboratorium kultur jaringan di Kota Medan dengan menggunakan metode deskriptif kualitatif. Data dikumpulkan melalui studi pustaka dan studi lapangan, di mana studi pustaka melibatkan pencarian jurnal terpercaya, sedangkan studi lapangan dilakukan melalui wawancara dan penyebaran kuesioner kepada pegawai serta anak magang di laboratorium tersebut. Analisis data dilakukan secara kualitatif untuk mengidentifikasi pola jawaban responden, menilai tingkat kesadaran bioetik, serta mengevaluasi keterkaitan antara penerapan bioetik dengan frekuensi dan jenis kontaminasi yang terjadi. Hasil analisis ini digunakan sebagai dasar dalam menyusun rekomendasi perbaikan prosedur kerja laboratorium, memperketat protokol, serta meningkatkan edukasi bioetik bagi peneliti dan pegawai guna mengurangi risiko kontaminasi di masa mendatang. Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, mulai dari perumusan masalah dan tujuan,

penentuan konsep penelitian, pembuatan kuesioner, pengumpulan data melalui wawancara dan survei, pengolahan data, hingga analisis dan pelaporan hasil penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil wawancara dan penyebaran kuesioner

NO.	PERTANYAAN	JUMLAH	
		YA	TIDAK
1.	Apakah Anda mengetahui prinsip-prinsip bioetika yang terdapat dalam kultur jaringan?	12	2
2.	Apakah anda telah mendapatkan pelatihan terkait aspek bioetik dalam kultur jaringan?	12	2
3.	Apakah peralatan laboratorium rutin disterilkan sebelum dan sesudah digunakan?	14	0
4.	Apakah penggunaan bahan kimia untuk sterilisasi dalam kultur jaringan telah diterapkan sesuai dengan prinsip bioetika untuk mencegah kontaminasi mikroorganisme?	13	1
5.	Apakah ada mekanisme pelaporan jika terjadi kasus kontaminasi pada kultur jaringan?	14	0
6.	Apakah ada panduan terkait pencegahan kontaminasi mikroorganisme di laboratorium?	5	9
7.	Apakah ada evaluasi berkala terhadap tingkat keberhasilan kultur jaringan dan faktor penyebab kontaminasi?	14	0
8.	Apakah penerapan aspek bioetik telah membantu mengurangi frekuensi kontaminasi mikroorganisme di laboratorium?	11	3
9.	Apakah laboratorium ini sudah menerapkan protokol sterilisasi sesuai standar bioetik dalam proses kultur jaringan?	14	0
10.	Apakah laboratorium ini memiliki prosedur standar terkait bioetika dalam kultur jaringan?	14	0

Hasil yang didapatkan berdasarkan tabel, diperoleh berbagai tingkatan pemahaman dan pelatihan yang diterima oleh para responden terkait aspek bioetika dan prosedur dalam kultur jaringan serta kaitannya dengan permasalahan kontaminasi mikroorganisme di laboratorium kultur jaringan sebagai berikut:

1. Pemahaman Prinsip Bioetika dalam Kultur Jaringan : Terdapat 12 responden menyatakan bahwa mereka memahami Sebanyak prinsip dari bioetika yang terdapat dalam kultur jaringan, sedangkan 2 responden lainnya belum memahami prinsip-prinsip tersebut. Hal ini berarti bahwa kebanyakan responden telah paham tentang aspek bioetika apa saja yang terdapat dalam kultur jaringan, dan hanya sedikit saja yang belum memahami prinsip bioetika tersebut.
2. Pelatihan Terkait Aspek Bioetika dalam Kultur Jaringan : Terdapat 12 responden yang menyatakan telah memperoleh pelatihan dan pembelajaran aspek bioetika dalam kultur jaringan, sedangkan 2 responden lainnya mengaku belum mendapatkan pelatihan. Ini berarti kebanyakan responden telah dilatih terkait aspek bioetika sehingga mereka lebih memahami prinsip-prinsip yang terdapat dalam kultur jaringan.
3. Sterilisasi Peralatan Laboratorium : Semua responden menyetujui bahwa mereka rutin mensterilkan peralatan laboratorium sebelum dan sesudah digunakan. Hal ini mempertegas bahwa prosedur sterilisasi pada Laboratorium sudah dengan baik diterapkan, menjamin kebersihan, dan mengurangi risiko kontaminasi yang terdapat dalam kultur jaringan.
4. Penerapan Bahan Kimia untuk Sterilisasi dalam Kultur Jaringan : Terdapat 13 responden setuju bahwa penggunaan bahan kimia untuk sterilisasi kultur jaringan telah dilaksanakan sesuai dengan prinsip bioetika dalam hal mencegah kontaminasi mikroorganisme, sedangkan hanya ada 1 responden yang bertentangan. Hal ini menjadi pertanda bahwa prosedur sterilisasi telah diterapkan sesuai

- dengan aspek bioetika yang berlaku dalam kultur jaringan.
5. Mekanisme Pelaporan Kasus Kontaminasi dalam Kultur Jaringan : Semua responden mengklaim bahwa mereka setuju telah menerapkan mekanisme dalam hal pelaporan apabila terjadi kasus kontaminasi di Laboratorium Kultur Jaringan. Hal yang demikian menyatakan bahwa Laboratorium memiliki prosedur yang jelas dalam mengatasi kasus kontaminasi yang terjadi, sehingga dapat diadakannya tindakan dalam mencegah dan meminimalisir terjadinya penyebaran kontaminasi.
 6. Panduan Pencegahan Kontaminasi Mikroorganisme di Laboratorium : Terdapat 5 responden yang setuju dengan adanya panduan pencegahan kontaminasi mikroorganisme di Laboratorium, sementara 9 responden lainnya mengklaim tidak ada. Berdasarkan data yang diperoleh, didapat bahwa masih ada kelemahan dalam menyediakan atau sosialisasi panduan yang jelas terkait pencegahan kontaminasi, yang beresiko meningkatkan kontaminasi dalam proses kultur jaringan.
 7. Evaluasi Berkala terhadap Keberhasilan Kultur Jaringan dan Faktor Penyebab Kontaminasi : Semua responden setuju bahwa evaluasi berkala terhadap keberhasilan kultur jaringan serta faktor terjadinya kontaminasi telah dilaksanakan di Laboratorium. Evaluasi ini sangat penting dalam pelaksanaan bioetik dikarenakan dapat dilakukan identifikasi dan juga memperbaiki berbagai faktor yang menjadi penyebab kontaminasi dalam kultur jaringan, sehingga efisiensi dan keberhasilan dalam kultur jaringan pun semakin meningkat.
 8. Pengaruh Penerapan Aspek Bioetik terhadap Frekuensi Kontaminasi Mikroorganisme di Laboratorium : Ada 11 responden yang menyatakan bahwa penerapan aspek bioetik berhasil dalam mengurangi jumlah kontaminasi mikroorganisme di Laboratorium, sedangkan 3 responden bertentangan dengan 11 responden lainnya. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa mayoritas responden mendapatkan manfaat dengan diterapkannya prinsip bioetik walaupun masih saja ada yang berfikir bahwa dampaknya belum berhasil dan terbukti secara signifikan. Perbedaan ini dapat diakibatkan oleh adanya keberagaman sikap dalam mematuhi protokol bioetik ataupun juga ada faktor lainnya yang menjadi penyebab dari kontaminasi yang terjadi di Laboratorium.
 9. Penerapan Protokol Sterilisasi sesuai Standar Bioetik dalam Kultur Jaringan : Sebanyak 14 responden setuju bahwa laboratorium sudah menerapkan protokol sterilisasi yang berdasar pada bioetik dalam proses kultur jaringan. Ini menjadi pertanda bahwa prosedur sterilisasi telah dilaksanakan dengan sangat baik, yang memainkan peran penting dalam menjamin kebersihan lingkungan kerja dan juga mengurangi risiko kontaminasi selama proses kultur jaringan berjalan.
 10. Keberadaan Prosedur Standar Bioetika dalam Kultur Jaringan : Semua responden (14 responden) setuju bahwa laboratorium mempunyai prosedur standar dalam hal bioetika kultur jaringan. Demikian data ini memastikan bahwa aspek bioetika telah dijalankan dalam laboratorium yang menjadi penyokong pekerjaan yang lebih etis, aman, serta minim risiko kontaminasi.
- Berdasarkan hasil analisis dari seluruh pertanyaan yang diberikan kepada 14 orang sebagai responden, mereka mempunyai pengetahuan yang baik tentang aspek bioetika yang terdapat dalam kultur jaringan terkait kontaminasi mikroorganisme. Akan tetapi, masih harus meningkatkan pelatihan dan penerapan dalam hal standar bioetika di laboratorium kultur jaringan. Hal ini dikarenakan masih terdapat kontaminasi pada media dan eksplan. Ini dapat diakibatkan berbagai faktor dari sisi eksternal ataupun internal. Mikroorganisme yang masuk ke dalam media, botol kultur, ataupun berbagai alat tanam yang kurang steril, ruang kerja dan kultur yang kotor, dan juga dapat diakibatkan oleh kecerobohan dalam bekerja (Oratmangun *et al.*, 2017). Terjadinya kontaminasi pada kultur jaringan, mayoritas dikarenakan berbagai jenis jamur dibandingkan mikroba lainnya (Wati *et al.*, 2020).

Proses sterilisasi dalam Laboratorium kultur jaringan telah dilaksanakan berdasarkan prinsip bioetika yang ada, akan tetapi masih saja terdapat kontaminasi pada eksplan yang dikultur. Penyebab dari hal tersebut yaitu terbatasnya fasilitas peralatan ruang sterilisasi yang belum seutuhnya memenuhi syarat standar operasional prosedur. Berbagai alat yang dipakai pun masih konvensional dan tidak adanya ruangan yang dikhususkan untuk penyimpanan eksplan yang telah mengalami kontaminasi, hal ini mengakibatkan risiko penyebaran kontaminasi ke eksplan lainnya semakin meningkat. Oleh karenanya, peran bioetika dalam hal ini sangatlah penting agar memastikan tindakan demi tindakan yang dilakukan bertujuan untuk meminimalisir risiko terjadinya kontaminasi, serta menjaga dan memastikan keselamatan lingkungan dan juga masyarakat. Penelitian lanjutan telah menyatakan bahwa diterapkannya teknologi terbaru, seperti sistem deteksi otomatis kontaminasi, penggunaan bahan anti mikroba dalam peralatan laboratorium, memiliki kontribusi yang signifikan dalam meminimalisir risiko kontaminasi mikroorganisme. Selain itu, adanya kerja sama antara institusi penelitian dan industri dapat mempercepat dalam hal mengembangkan solusi yang inovatif untuk mengatasi masalah kontaminasi yang terjadi (Adriani dan Heriansyah, 2021).

Penelitian ini menunjukkan bahwa semua responden menyatakan kepatuhan terhadap prinsip-prinsip bioetika kultur jaringan pada kontaminasi mikroorganisme. Temuan ini sejalan dengan literatur yang menyoroti pentingnya aspek bioetik dalam kultur jaringan. Namun, perlu dipastikan bahwa penerapan bioetik ini tidak hanya bersifat formalitas, tetapi juga mempertimbangkan dampak jangka panjang terhadap pencegahan dan penanggulangan kontaminasi mikroorganisme di laboratorium kultur jaringan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil angket penelitian menunjukkan bahwa secara umum responden memiliki pemahaman yang baik tentang prinsip bioetika dan telah mendapatkan pelatihan kultur jaringan. Prosedur sterilisasi dan penggunaan bahan kimia untuk sterilisasi telah diterapkan dengan baik, serta ada sistem pelaporan kontaminasi. Namun, panduan pencegahan kontaminasi masih kurang dan efektivitas penerapan aspek bioetika dalam mengurangi kontaminasi

bervariasi. Meskipun demikian, evaluasi rutin terhadap keberhasilan kultur jaringan dan penyebab kontaminasi telah dilakukan, dan protokol sterilisasi sesuai standar bioetika telah diterapkan. Penelitian ini menekankan pentingnya peningkatan pelatihan dan penerapan standar bioetika untuk mengatasi kontaminasi yang disebabkan oleh keterbatasan fasilitas serta faktor internal dan eksternal. Penggunaan teknologi baru dan kerja sama antar lembaga dapat menjadi solusi untuk mengurangi risiko kontaminasi mikroorganisme di laboratorium kultur jaringan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan artikel ini. Berkat dukungan mereka, artikel ini diharapkan dapat membantu pembaca dalam memahami penerapan aspek bioetik kultur jaringan dalam menghadapi permasalahan kontaminasi mikroorganisme.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amalia dan Hadipoentyanti E. (2018). Perbanyak Nilam (*Pogostemon cablin Benth*) Menggunakan Media Dasar Alternatif Secara In Vitro. *Perspektif*. 17(2), 139-149.
- [2] Andriani, D., & Heriansyah, P. (2021). Identifikasi Jamur Kontaminan pada Berbagai Eksplan Kultur Jaringan Anggrek Alam (*Bromheadia finlaysoniana* (Lind.) Miq. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 4(2), 192-199.
- [3] Arhanti, B. A., Muhammad, S. R., & Rika, Y. (2024). *Prinsip-prinsip Dasar Bioetika*. Sidoarjo : Thalibul Ilmi Publishing & Education.
- [4] Ashar, J.R., Farhanah, A., Hamzah, P., Ismayanti, R., Tuhuteru, S., Yusuf, R., Yulianti, R., & Mardaleni. (2023). *Pengantar Kultur Jaringan Tanaman*. Bandung: Widina Media Utama.
- [5] Disingrat, D. S. (2023). *Teknik Kultur Jaringan Tumbuhan*. Medan : Obelia Publisher.
- [6] Hapsoro, D., & Yusnita. (2018). *Kultur Jaringan Teori Dan Praktik*. Yogyakarta : ANDI
- [7] Nabila, C. T., Rahmawati, M., & Kesumawati, E. (2022). Pengaruh Konsentrasi 2, 4-Dichlorophenoxyacetic Acid dan Benzyl Amino Purin terhadap Induksi Tunas Tanaman Nilam (*Pogostemon cablin Benth.*) Varietas Tapak Tuan secara In Vitro. *Jurnal*

Ilmiah Mahasiswa Pertanian, 7(4), 193-200.

- [8] Nainggolan, T. B., Ambarita, T. C. R., Nababan, G. M., Pulungan, A. S., & Situmorang, N. (2024). Analysis Application Of Bioethical Principles In Horticultural Seeds Production At Horticultural Seed Development Medan: Analisis Penerapan Prinsip-Prinsip Bioetika Dalam Produksi Benih Hortikultura Di UPT. Pengembangan Benih Hortikultura Medan. *JURNAL AGRITEK: Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Eksakta*, 25(2), 30-36.
- [9] Oratmangun, K. M., Pandiangan, D., & Kandou, F. E. (2017). Deskripsi Jenis-Jenis Kontaminan Dari Kultur Kalus *Catharanthus roseus* (L.) G. Donnaman. *Jurnal MIPA*, 6(1), 47-52.
- [10] Prasetyorini. (2019). *Kultur Jaringan*. Bogor : Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Pakuan.
- [11] 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.
- [12] Wardani, D. K. (2020). Induksi Kalus Tanaman Nilam (*Pogostemon cablin* Benth) dengan Pemberian Konsentrasi Auksin Jenis 2,4-D (*Dichlorophenoxyacetic acid*) dan Picloram. *Jurnal Indonesia Sosial Sains*, 1(5), 396-401.
- [13] Wati, T., Astarini, I. A., Pharmawati, M., & Hendriyani, E. (2020). Propagation Of *Begonia bimaensis* Undaharta & Ardaka Using Tissue Culture Technique. *Journal of Biological Sciences*, 7(1), 112-122. DOI: 10.24843/metamorfosa.2020.v07.i01.p15.