

ASPEK BIOETIKA DALAM PEMANFAATAN KULTUR JARINGAN UNTUK REKAYASA GENETIKA TANAMAN PANGAN

Friska Isabella Br.Siahaan ¹, Nadia Rahmadhani ², Nayani Putri Andini ³, Nurbaity Situmorang⁴, Khairiza Lubis⁵

bisa16859@gmail.com¹, nadia.rahmadhani30@gmail.com², andininaya184@gmail.com³,
situmorang.n@gmail.com⁴, khairizalubis@unimed.ac.id⁵

Universitas Negeri Medan

ABSTRAK

Kemajuan teknologi rekayasa genetika di sektor bioteknologi pertanian telah mengalami kemajuan signifikan, terutama melalui penerapan budaya jaringan. Budaya jaringan memberikan kesempatan untuk memperbanyak tanaman secara *in vitro* dengan pengendalian manipulasi genetik yang lebih terarah untuk meningkatkan ketahanan terhadap serangan hama, mempercepat laju pertumbuhan, serta meningkatkan mutu dan kuantitas hasil panen tanaman pangan. Namun, di balik keuntungan tersebut, terdapat sejumlah masalah bioetika yang perlu diperhatikan, termasuk kemungkinan dampak lingkungan, sosial, dan ekonomi dari rekayasa genetik. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi penerapan budaya jaringan dalam rekayasa genetik tanaman pangan, mengenali aspek bioetika yang signifikan, serta menganalisis regulasi yang mengatur pemanfaatan teknologi ini. Metode penelitian yang diambil adalah analisis literatur dengan pendekatan kualitatif deskriptif. Temuan penelitian menunjukkan bahwa prinsip-prinsip bioetika seperti kebebasan, keadilan, manfaat, dan menghindari kerugian menjadi elemen utama dalam regulasi rekayasa genetik tanaman pangan. Selain itu, fungsi regulasi bioetika dalam menjamin keamanan lingkungan dan kesejahteraan manusia juga merupakan faktor kunci dalam perkembangan teknologi ini. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang aspek bioetika dalam budaya jaringan, diharapkan kebijakan dan regulasi mengenai rekayasa genetik dapat diterapkan dengan lebih adil dan berkelanjutan, sehingga teknologi ini dapat memberikan manfaat optimal bagi sektor pertanian tanpa mengorbankan keseimbangan ekosistem dan hak para petani.

Kata Kunci: Rekayasa Genetik, Budaya Jaringan, Bioetika, Tanaman Pangan, Regulasi Bioteknologi.

ABSTRACT

Advances in genetic engineering technology in the agricultural biotechnology sector have experienced significant progress, especially through the application of tissue culture. Tissue culture provides the opportunity for in vitro plant propagation with more targeted genetic manipulation control to increase resistance to pest attacks, accelerate growth rates, and increase the quality and quantity of food crop harvests. However, despite these benefits, there are a number of bioethical issues that need to be considered, including the possible environmental, social and economic impacts of genetic engineering. The aim of this research is to evaluate the application of tissue culture in the genetic engineering of food crops, recognize significant bioethical aspects, and analyze the regulations governing the use of this technology. The research method taken is literature analysis with a descriptive qualitative approach. Research findings show that bioethical principles such as freedom, justice, benefit and avoidance of harm are the main elements in the regulation of genetic engineering of food crops. Apart from that, the function of bioethical regulations in ensuring environmental safety and human welfare is also a key factor in the development of this technology. With a better understanding of the bioethical aspects of network culture, it is hoped that policies and regulations regarding genetic engineering can be implemented more fairly and sustainably, so that this technology can provide optimal benefits for the agricultural sector without compromising the balance of the ecosystem and the rights of farmers.

Keywords: Genetic Engineering, Tissue Culture, Bioethics, Food Plants, Biotechnology Regulation.

PENDAHULUAN

Teknologi rekayasa genetika semakin berkembang, terutama dalam bidang bioteknologi tanaman. Salah satu metode yang sering digunakan adalah kultur jaringan, yaitu teknik memperbanyak dan mengembangkan tanaman secara *in vitro* dengan menggunakan jaringan atau sel tertentu. Metode ini memungkinkan manipulasi genetika secara lebih terkontrol, seperti penyisipan gen spesifik untuk meningkatkan ketahanan terhadap patogen, mempercepat pertumbuhan, atau meningkatkan kandungan nutrisi pada tanaman pangan. (Rizal, 2008)

Dari perspektif biologi sel dan molekuler, kultur jaringan memungkinkan manipulasi ekspresi gen pada tingkat seluler, termasuk penggunaan *Agrobacterium tumefaciens* sebagai vektor transfer gen atau penerapan teknik CRISPR-Cas9 untuk modifikasi DNA secara presisi. Namun, meskipun teknologi ini menawarkan banyak keuntungan, ada beberapa aspek yang masih menjadi perdebatan, khususnya terkait dengan bioetika dalam penggunaannya. (Rezaldi et al., 2024)

Salah satu kekhawatiran utama adalah potensi dampak ekologis, seperti kemungkinan penyebaran gen hasil rekayasa ke populasi tanaman liar melalui aliran gen horizontal. Hal ini dapat mengakibatkan perubahan pada ekosistem alami dan menimbulkan ketidakseimbangan dalam biodiversitas. Selain itu, dari perspektif genetika populasi, muncul kekhawatiran mengenai kemungkinan berkurangnya keragaman genetik akibat dominasi tanaman hasil rekayasa genetika. Dari segi sosial dan ekonomi, rekayasa genetika juga dapat menimbulkan ketimpangan akses terhadap teknologi, terutama bagi petani kecil yang tidak memiliki sumber daya untuk memperoleh bibit hasil rekayasa genetika. Beberapa perusahaan bioteknologi memegang hak paten atas benih yang dihasilkan, sehingga dapat menimbulkan monopoli dalam distribusi benih dan menghambat aksesibilitas petani terhadap inovasi bioteknologi. (Suwardike, 2019)

Selain itu, perdebatan mengenai batasan etis dalam rekayasa genetika terus berlangsung. Sejauh mana modifikasi genetik diperbolehkan dalam tanaman pangan tanpa menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan manusia dan lingkungan? Bagaimana regulasi yang dapat mengatur penggunaan teknologi ini agar tetap sesuai dengan prinsip-prinsip bioetika dalam bioteknologi. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk mengkaji aspek bioetika dalam pemanfaatan kultur jaringan untuk rekayasa genetika pada tanaman pangan, sehingga dapat memberikan pemahaman yang lebih dalam mengenai manfaat, tantangan, serta regulasi yang perlu diterapkan.

METODE PENELITIAN

1. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan deskriptif. Data yang digunakan bersifat non-numerik dan diperoleh melalui studi pustaka serta analisis teks. Studi ini bertujuan untuk mengeksplorasi informasi terkait aspek bioetika dalam pemanfaatan kultur jaringan untuk rekayasa genetika tanaman pangan.

2. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada 6–20 Maret 2025 di Laboratorium G10 Agro Tech, Kota Medan.

3. Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui studi pustaka dengan menelaah jurnal dan buku ilmiah yang relevan. Literatur yang dikaji mencakup prinsip-prinsip bioetika, penerapan bioetika dalam kultur jaringan, serta bioetika dalam produksi tanaman transgenik.

4. Teknik Analisis Data

Data dianalisis secara deskriptif menggunakan pendekatan kualitatif. Analisis dilakukan melalui reduksi data, penyajian data, serta penarikan kesimpulan. Studi ini juga menerapkan analisis teks dengan mengamati dan mencatat prinsip bioetika yang diterapkan dalam laboratorium kultur jaringan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Regulasi Bioetika dalam Bioteknologi Pertanian

Bioetika dalam bioteknologi pertanian memiliki prinsip dasar yang menekankan kebebasan individu dalam bertindak sesuai kodratnya, larangan merusak alam dan makhluk hidup lain, serta kewajiban untuk melindungi dan menyelamatkan makhluk hidup yang berada dalam bahaya. Dalam produksi benih hortikultura, prinsip-prinsip utama bioetika meliputi:

1. Prinsip Otonomi: Prinsip ini menekankan kebebasan individu dalam membuat keputusan, terutama bagi pemangku kebijakan dan ahli yang bertanggung jawab dalam pengelolaan lingkungan dan sumber daya alam.
2. Prinsip Kebaikan: Teknologi yang digunakan dalam produksi benih hortikultura harus memberikan manfaat positif bagi masyarakat, lingkungan, dan generasi mendatang.
3. Prinsip Tidak Merugikan (*No Harm*): Manusia memiliki tanggung jawab moral untuk tidak menyebabkan kerusakan atau bahaya terhadap alam.
4. Prinsip Keadilan: Perlakuan yang adil dalam distribusi teknologi pertanian tanpa diskriminasi serta penerapan kebijakan yang menguntungkan seluruh lapisan masyarakat.
5. Prinsip Integritas: Upaya menyelamatkan lingkungan dan menjaga keseimbangan ekosistem sebagai bagian dari tanggung jawab manusia terhadap alam.

Regulasi bioetika dalam bioteknologi pertanian mencakup beberapa aspek utama untuk memastikan penerapan teknologi yang aman dan berkelanjutan. Keamanan hayati (*Biosafety*) menjadi aspek penting dalam regulasi ini, terutama dalam uji keamanan produk bioteknologi seperti tanaman transgenik (GMO) guna mencegah dampak negatif terhadap lingkungan dan organisme lain. Regulasi ini mengatur pengujian risiko sebelum pelepasan organisme hasil rekayasa genetika ke alam untuk mencegah kontaminasi genetik dan gangguan ekosistem.

Selain itu, keamanan pangan (*Food Safety*) berperan dalam memastikan bahwa produk hasil bioteknologi aman dikonsumsi manusia dengan melalui serangkaian uji alergenitas dan toksisitas guna menghindari dampak kesehatan. Hak Kekayaan Intelektual (*Intellectual Property Rights*) dalam regulasi bioetika bertujuan memberikan perlindungan atas inovasi bioteknologi, sekaligus memastikan keadilan bagi petani dan peneliti dalam pemanfaatan teknologi tersebut.

Aspek lain yang diatur dalam regulasi bioetika adalah dampak sosial dan ekonomi dari bioteknologi pertanian. Regulasi ini bertujuan agar teknologi baru tidak hanya menguntungkan korporasi besar tetapi juga memberikan manfaat bagi petani kecil dan masyarakat luas. Distribusi benih GMO diatur agar tidak menciptakan ketergantungan yang merugikan petani kecil serta memastikan akses teknologi yang lebih adil. Selain itu, regulasi bioetika juga mencakup konservasi keanekaragaman hayati, yang bertujuan melindungi spesies asli dari kepunahan akibat introduksi organisme hasil rekayasa genetika. Regulasi ini mengawasi penyebaran gen hasil rekayasa ke tanaman liar guna menjaga keseimbangan ekosistem alami.

Secara global, *Cartagena Protocol on Biosafety* menjadi acuan dalam mengatur perpindahan, penanganan, dan penggunaan organisme hasil rekayasa genetika untuk memastikan keamanan lingkungan dan kesehatan manusia. Sementara di tingkat nasional, berbagai negara telah memiliki Undang-Undang Keamanan Hayati yang mengatur persetujuan serta pemantauan produk bioteknologi sebelum dilepas ke pasar. Dengan adanya regulasi bioetika yang ketat, penerapan bioteknologi pertanian dapat dilakukan secara bertanggung jawab dan berkelanjutan (Ashari, 2017).

2. Prinsip-Prinsip Bioetika dalam Produksi Tanaman Pangan Transgenik

Rekayasa genetika merupakan teknologi inovatif dalam biologi yang memungkinkan modifikasi sifat organisme untuk meningkatkan karakteristik tertentu. Salah satu penerapan teknologi ini adalah pengembangan tanaman transgenik yang memiliki ketahanan terhadap hama, herbisida, antibiotik, serta kandungan nutrisi lebih tinggi dan produktivitas optimal. Namun, meskipun memiliki manfaat, tanaman transgenik juga menimbulkan kekhawatiran terhadap lingkungan, salah satunya adalah polusi genetik. Penyebaran serbuk sari dari tanaman transgenik dapat menyebabkan hibridisasi dengan tanaman asli sehingga berpotensi mengurangi keberagaman genetik dan mengancam keberlanjutan spesies asli (Palit, 2024).

Tanaman transgenik merupakan bagian dari bioteknologi yang secara aksiologis bertujuan mengubah bahan mentah melalui transformasi biologi guna menghasilkan produk yang bermanfaat bagi kehidupan manusia. Dengan bioteknologi, pertanian dapat lebih efisien, terutama di lahan sempit. Namun, kemajuan ilmu ini harus tetap sejalan dengan etika dan moral serta mempertimbangkan tanggung jawab terhadap umat manusia dan lingkungan (Sugianto, 2017).

Oleh karena itu, pemahaman bioetika menjadi aspek yang krusial bagi ilmuwan dengan semakin pesatnya perkembangan teknologi hayati. Kajian bioetika mencakup aspek etika, sosial, dan budaya dalam penerapan teknologi hayati, termasuk tanaman transgenik. Beberapa prinsip bioetika yang perlu diperhatikan dalam produksi tanaman transgenik meliputi:

1. *Non-Maleficence* (Tidak Membahayakan): Produk transgenik yang dilepas ke konsumen harus melalui kajian mendalam mengenai keamanan lingkungan dan kesehatan manusia.
2. *Beneficence* (Berbuat Baik): Produk yang dikembangkan harus memberikan manfaat bagi lingkungan dan kesehatan manusia.
3. *Justice* (Keadilan): Teknologi harus didistribusikan secara adil dan diberikan kepada mereka yang membutuhkan tanpa diskriminasi.

4. *Autonomy* (Otonomi): Pemanfaatan produk bioteknologi tidak boleh bersifat memaksa, melainkan harus berdasarkan keputusan yang bebas dari tekanan atau paksaan (Rizal, 2008).

Dengan menerapkan prinsip-prinsip bioetika ini, diharapkan pengembangan tanaman transgenik dapat dilakukan secara lebih bertanggung jawab, tidak hanya untuk kepentingan ekonomi, tetapi juga demi menjaga keseimbangan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat secara luas.

KESIMPULAN

1. Kesimpulan

Kultur jaringan berperan penting dalam rekayasa genetika tanaman pangan, mempercepat perbanyakan dan memungkinkan penyisipan gen untuk ketahanan terhadap hama, penyakit, serta peningkatan produktivitas dan kualitas pangan. Pemanfaatannya harus memperhatikan prinsip bioetika (otonomi, keadilan, tidak merugikan, kebermanfaatan) untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan, kesehatan, dan sosial ekonomi. Regulasi bioetika diperlukan untuk menjamin keamanan, mencegah monopoli teknologi, dan melindungi petani kecil guna mendukung penerapan teknologi yang adil dan berkelanjutan.

2.Saran

Pemerintah dan akademisi perlu meningkatkan sosialisasi bioetika dalam rekayasa genetika. Regulasi rekayasa genetika harus diperkuat demi keamanan, keadilan, dan perlindungan lingkungan dan penelitian lanjutan diperlukan untuk mengembangkan teknologi yang lebih aman dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashari. (2017). Prosiding Seminar Nasional Bioetika Pertanian Bioetika Pertanian dalam Kearifan Lokal di Indonesia. Prosiding Seminar Nasional Bioetika Pertanian, 1(2), 146–154.
- Basri, A. H. H. (2016). Kajian Pemanfaatan Kultur Jaringan Dalam Perbanyakan Tanaman Bebas Virus. *Agrica Ekstensi*, 10(1), 64–73.
- Maninggolang, A., Mandang, J., & Tilaar, W. (2024). Penerapan prinsip-prinsip bioetik dalam pembuatan media kultur. *Agri Sosio Ekonomi Unsrat*, 14(1), 585–596. <https://e-journal.my.id/biogenerasi>
- Palit, B. S. L. (2024). Rekayasa Genetika pada Tanaman Ditinjau dari Perspektif Etika. *Seri Mitra Refleksi Ilmiah-Pastoral*, 3(2), 235–246.
- Rezaldi, F., Utami, W. A., Yenny, F. R., Fadillah, F., Somantri, W. U., Sasmita, H., & Nurmaulawati, R. (2024). Tinjauan Rekayasa Genetika Tanaman Menggunakan Bakteri *Agrobacterium tumefaciens* Sebagai Pengembangan Bioteknologi Modern Dari Periode Lama Hingga Terkini Review of Plant Genetic Engineering Using the Bacteria *Agrobacterium tumefaciens* as a Development of. 4(II), 1–9.
- Rizal, A. (2008). Tinjauan Bioetika Terhadap Pengembangan Komersialisasi Rekayasa Genetik Tanaman. *Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian*, 10(1), 1–10.
- Salsadita, I. R., Zahirah, N. L., Azzahra, T. A., & Suryanda, A. (2024). Mendidik Ilmuwan yang Bertanggung Jawab : Pentingnya Etika dalam Pembelajaran Biologi. 4, 94–98.
- Sugianto. (2017). Kajian Bioetika Tanaman Transgenik. *Jurnal Biologi and Pendidikan Biologi*, 2(1), 43–49.

- Susilo, H. (2019). Analisis Potensi Budidaya Tanaman Transgenik di Indonesia. Jurnal Universitas Banten, 2(1), 65–74.
- Suwardike, P. (2019). Pangan Produk Rekayasa Genetik Di Indonesia. Jurnal Agrikultural, 2(1), 58–63.
- Yusnita. (2015). Kultur Jaringan Tanaman Sebagai Teknik Penting Bioteknologi Untuk Menunjang Pembangunan Pertanian. Aura Publishing.