



Peran Teknologi Kultur Daging dalam Percepatan Ketahanan Pangan Global

Puput Fuji Aslamiah^{1*}, Raden Elfa Shafira Maulina²,
Yasmin Pajrin Maulani³, Tri Cahyanto⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Biologi, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung, Indonesia

*Penulis Korespondensi: puttfaslamiah@gmail.com

Abstract. *Rapid global population growth has led to climate change and agricultural land degradation, posing significant challenges to the stability of global food security. The traditional livestock sector is known to absorb high levels of greenhouse gas emissions that can accelerate natural resource degradation and require innovative and sustainable approaches to meet the demand for animal protein. This study aims to analyze the contribution of cultured meat technology as an ethical and environmentally friendly alternative to improving global food security. This study uses a desk study method that addresses the technical, social, economic, and ethical aspects of cultured meat production. The analysis results indicate that the application of this technology has the potential to reduce land use and carbon emissions by up to 70% compared to conventional livestock systems, in addition to reducing animal suffering and the risk of zoonotic disease transmission. However, its application still faces several obstacles, such as high production costs, dependence on whey-based culture media, and difficulties in halal certification and public acceptance. These findings underscore the importance of synergy between scientists, governments, and religious authorities to ensure the safety, effectiveness, and equivalence of technology with ethical principles and socio-cultural values. With strong regulatory support and ongoing research, cultured meat technology has the potential to be a strategic solution for building a resilient, equitable, and environmentally responsible global food system.*

Keywords: *Bioethics; Biotechnology; Cultured Meat; Food Security; Sustainability.*

Abstrak. Pertumbuhan populasi dunia yang pesat telah menyebabkan perubahan iklim dan degradasi lahan pertanian, hal ini menimbulkan tantangan signifikan bagi stabilitas ketahanan pangan global. Sektor peternakan tradisional diketahui menyerap emisi gas rumah kaca tingkat tinggi yang dapat mempercepat degradasi sumber daya alam dan membutuhkan pendekatan inovatif dan berkelanjutan untuk memenuhi permintaan protein hewani. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kontribusi teknologi daging kultur sebagai alternatif yang etis dan ramah lingkungan untuk meningkatkan ketahanan pangan global. Kajian ini menggunakan metode studi pustaka yang membahas aspek teknis, sosial, ekonomi, dan etika produksi daging kultur. Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan teknologi ini berpotensi mengurangi penggunaan lahan dan emisi karbon hingga 70% dibandingkan dengan sistem peternakan konvensional, selain mengurangi penderitaan hewan dan risiko penularan penyakit zoonosis. Namun, penerapannya masih menghadapi beberapa kendala, seperti biaya produksi yang tinggi, ketergantungan pada media kultur berbasis whey, serta kesulitan dalam sertifikasi halal dan penerimaan publik. Temuan-temuan ini menggarisbawahi pentingnya sinergi antara ilmuwan, pemerintah, dan otoritas keagamaan untuk memastikan keamanan, efektivitas, dan kesetaraan teknologi dengan prinsip-prinsip etika dan nilai-nilai sosial budaya. Dengan dukungan regulasi yang kuat dan penelitian yang berkelanjutan, teknologi daging kultur berpotensi menjadi solusi strategis untuk membangun sistem pangan global yang tangguh, adil, dan bertanggung jawab terhadap lingkungan.

Kata kunci: Bioetika; Daging Kultur; Keberlanjutan; Ketahanan Pangan; Teknologi Bioteknologi.

1. LATAR BELAKANG

Pada saat ini, dunia dihadapkan dengan tantangan besar yang sangat berdampak pada ketahanan pangan. Diantaranya adalah peningkatan populasi dunia dan meningkatnya jumlah negara yang menjadi importir pangan, karena ketidakmampuan mereka untuk memenuhi kebutuhan pangan penduduknya. Menurut United Nations (2024), populasi dunia diperkirakan meningkat dari kisaran 8 miliar per tahun 2025 menjadi 10,5 miliar pada tahun 2100. Oleh karena itu, kebutuhan pangan pun meningkat secara signifikan. Pangan yang harus disediakan

untuk memenuhi kebutuhan populasi dunia yakni sebesar 70% dari produksi saat ini (Purwayantie & Saputri, 2023). Dengan peningkatan populasi tersebut, tentunya dibutuhkan pasokan pangan demi kelangsungan hidup. Namun hal ini tidak berbanding lurus dengan ketersediaan pangan yang ada (Hasibuan & Muslim, 2022).

Selain itu, degradasi lahan dan perubahan iklim juga berdampak pada ketersediaan pangan. Lahan pertanian yang tandus, permukaan tanah yang menipis, hasil panen menurun, menjadi ancaman bagi ketahanan pangan di wilayah-wilayah yang lebih rentan rawan pangan (Nguyen dkk., 2023). Perubahan iklim dapat berdampak langsung pada sektor pertanian. Contohnya ialah bencana kekeringan yang dapat menyebabkan hasil panen menurun. Perubahan suhu dapat memicu timbulnya penyakit pada tanaman pertanian, ternak, dan ikan (Newbery dkk., 2016).

Dalam konteks pemenuhan kebutuhan pangan hewani, produk peternakan masih memiliki keterbatasan dan memunculkan dilema besar. Sebagai negara agraris yang memiliki tingkat populasi ternak yang tinggi, Indonesia berkontribusi dalam peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK) (Pauzan dkk., 2024). Emisi GRK yang dihasilkan dari peternakan disebabkan oleh produksi pakan ternak, fermentasi enterik, limbah hewan, serta alih fungsi lahan. Sektor peternakan menghasilkan emisi GRK hingga 14,5% dari total emisi GRK yang dihasilkan oleh aktivitas manusia. Sapi (yang menghasilkan daging maupun susu) menyumbang sekitar dua pertiga dari total emisi tersebut (FAO, 2017).

Kemajuan teknologi yang semakin pesat memungkinkan pada ilmuwan menemukan gagasan-gagasan baru yang memiliki potensi untuk menjawab tantangan tersebut, salah satunya yaitu teknologi kultur daging. Menurut Nawaz dkk. (2022), dengan memproduksi daging secara *in vitro* di laboratorium tanpa menyakiti hewan, kultur daging menjadi teknik inovatif yang perlu dikembangkan dibandingkan metode produksi daging konvensional. Teknik ini dinilai lebih ramah lingkungan serta mudah dibudidaya dengan menggunakan sampel sel melalui bioteknologi modern (Laestadius & Caldwell, 2015).

Penelitian ini bertujuan untuk menelaah kontribusi dan implikasi etis teknologi kultur daging terhadap percepatan ketahanan pangan global. Dengan demikian, diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah yang relevan dan solusi praktis dalam menghadapi krisis ketahanan pangan dunia.

2. KAJIAN TEORITIS

Ketahanan pangan dapat diartikan sebagai kondisi ketika seluruh rumah tangga memiliki akses baik secara fisik maupun ekonomi, untuk memenuhi kebutuhan pangan seluruh anggota

keluarganya, serta ketika rumah tangga tidak terancam kehilangan kedua akses tersebut (Rumawas dkk., 2021). Konsep *food security and nutrition* menjelaskan bahwa ketahanan pangan dapat tercapai jika pangan yang tersedia cukup memadai baik dari segi kualitas, kuantitas, keamanan, maupun penerimaan sosial budaya, dan dapat diakses setiap saat oleh seluruh individu untuk menerapkan kehidupan yang sehat (Hendriadi & Ariani, 2020).

Teknologi kultur daging merupakan salah satu bentuk inovasi bioteknologi yang menawarkan solusi alternatif terhadap permasalahan pangan. Teknologi ini menghasilkan daging secara *in vitro* dalam lingkungan yang terkendali melalui rekayasa jaringan, dimana sel punca diambil dari hewan hidup atau hewan yang baru disembelih untuk dibudidayakan dalam media pertumbuhan yang mendukung proliferasi dan pertumbuhan sel tersebut menjadi gumpalan jaringan otot yang dapat dikonsumsi (Fristikawati & Nugroho, 2024). Inovasi ini melibatkan pertumbuhan sel hewan yang terkendali hingga berdiferensiasi menjadi berbagai jenis sel. Sel-sel yang telah berkembang selanjutnya dikumpulkan, diolah, dan dapat dikombinasikan dengan bahan lain untuk menghasilkan produk pangan (FDA, 2020).

Pengembangan kultur daging tidak hanya didorong oleh kemajuan di bidang teknologi, tetapi juga oleh kesadaran yang semakin tinggi terhadap dampak lingkungan dan persoalan etika yang terkait dengan produksi daging konvensional (Soleymani dkk., 2024). Inovasi ini menawarkan alternatif yang lebih berkelanjutan dibandingkan daging konvensional yang diperoleh melalui penyembelihan hewan dari peternakan konvensional (Newton & Blaustein-Rejto, 2021). Beberapa keunggulan dari inovasi ini meliputi dampak lingkungan yang lebih kecil, proses produksi yang tidak melibatkan kekerasan pada hewan, kandungan gizi yang dapat dikontrol dengan lebih baik, serta peluang untuk menekan biaya produksi. Selain itu, teknologi ini memiliki prospek untuk dikembangkan dalam skala besar untuk memenuhi kebutuhan pangan yang terus meningkat seiring dengan meningkatnya populasi dunia (Arango dkk., 2023).

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi pustaka (*literature review/library research*), yakni metode pengumpulan data dengan cara memahami dan mengkaji berbagai teori serta konsep yang relevan dengan topik penelitian. Proses pengumpulan data dilakukan dengan mencari berbagai sumber seperti buku, artikel jurnal, dan hasil penelitian sebelumnya, yang dikonstruksi kembali untuk mendukung analisis. Pengambilan kesimpulan berdasarkan data yang valid dan telah dianalisis secara mendalam,

sehingga informasi yang dihasilkan pun tidak hanya akurat dan relevan, tetapi juga mampu memberikan pemahaman terhadap isu yang dikaji.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian Teknologi kultur daging secara sederhana merupakan proses menumbuhkan jaringan otot hewan di laboratorium dengan menggunakan sel punca tanpa menyembelih hewan lebih praktis. Perkembangan ini menyebabkan peningkatan minat terhadap sumber protein alternatif di tengah peningkatan populasi dan keterbatasan lahan peternakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peternakan kultur dapat mengurangi penggunaan lahan dan emisi karbon hingga kurang lebih 70% dibandingkan dengan peternakan konvensional. Manfaat tersebut, sangat bergantung pada sumber energi yang digunakan. Jika produksi terus bergantung pada sumber daya listrik berbasis fosil, dampaknya pada lingkungan dapat sama atau bahkan lebih besar. Ini berarti bahwa teknologi kultur daging hanya dapat mempercepat ketahanan pangan jika didukung oleh proses produksi yang efisien dan energi bersih yang memang sudah dilakukan dengan uji khusus lainnya (Sinke dkk., 2023).

Proses kultur daging masih menghadapi banyak masalah secara teknis, terutama untuk media pertumbuhan sel yang harganya mahal. Membutuhkan teknologi yang mumpuni, tenaga ahli dan berasal dari *Fetal Bovine Serum* (FBS). Fakta ini menunjukkan bahwa ada perbedaan antara inovasi berkelanjutan dan praktik laboratorium yang masih bergantung pada bahan hewani. Hasil penelitian terbaru menunjukkan bahwa alternatif yang lebih baik, seperti *platelet lysate* dan faktor pertumbuhan rekombinan, dapat diterapkan untuk membuat kultur daging. Penggantian FBS dapat mempercepat pertumbuhan sel dan menurunkan biaya hingga 60%, menurut analisis dari berbagai penelitian. Oleh karena itu, pengembangan media kultur non-serum sangat penting untuk mengurangi biaya dan mempercepat produksi daging kultur secara massal dengan begitu cara ini bisa dijadikan alternatif di berbagai negara untuk mempercepat kebutuhan pangan hewani manusia (Lee dkk., 2022).

Pandangan masyarakat sosial, terdapat pro dan kontra terhadap konsumsi daging hasil laboratorium ini. Karena alasan moral dan kepedulian terhadap lingkungan, sebagian besar kelompok muda dan masyarakat urban menerimanya dengan baik. Namun, banyak pembeli lain khawatir tentang keamanan daging ini dalam jangka panjang karena menganggapnya "tidak alami" sehingga meragukan kandungan nutrisi yang terdapat dalam daging bukan hasil kultur. Menurut hasil penelitian, edukasi publik dan kejelasan label produk dapat meningkatkan tingkat kepercayaan hingga dua kali lipat kepada masyarakat atau konsumen. Oleh karena itu,

penerimaan sosial sangat penting untuk keberhasilan daging kultur dalam mengatasi krisis pangan dunia sehingga kultur daging ini menjadi solusi yang diharapkan (Bryant, 2020).

Kebijakan beberapa negara mulai memperhatikan regulasi penerapan daging yang dikultur. Salah satu peristiwa yang paling menonjol adalah Singapura, yang menjadi negara pertama di dunia yang mengesahkan penjualan daging kultur pada tahun 2020. Pada tahun 2023, Amerika Serikat, melalui kolaborasi FDA dan USDA, mengikuti jejak Singapura. Paradigma berubah dan daging kultur akan menjadi bagian dari sistem pangan masa depan. Analisis regulasi menunjukkan bahwa transisi menuju pangan berkelanjutan dapat dipercepat dengan dukungan pemerintah dan standar keamanan yang jelas. Sehingga, untuk mempercepat ketahanan pangan di seluruh dunia, kebijakan yang mendukung inovasi sangat penting sangat menunjang keberhasilan penggunaan pangan modern ini (Good Food Institute, 2019).

Masyarakat umumnya melihat daging kultur sebagai inovasi yang menarik tetapi masih ragu. Di negara maju seperti Amerika Serikat dan Singapura, sebagian orang mulai menerima daging hasil kultur karena dianggap lebih ramah lingkungan dan tidak melibatkan penyembelihan hewan. Di negara berkembang seperti Indonesia, bagaimanapun, masyarakat masih berhati-hati karena banyak pertimbangan seperti masalah agama, budaya, dan kekurangan informasi tentang keamanan dan kehalalannya. Selain itu, banyak orang percaya bahwa daging hasil laboratorium terasa "tidak alami" bisa dikatakan dari tekstur atau rasa yang memang berbeda dari daging hewan aslinya. Akibatnya, untuk membuatnya diterima luas, diperlukan pendidikan dan waktu yang cukup lama (Bryant, 2020).

Dalam sudut pandang bioetika, teknologi daging kultur dianggap bermanfaat karena berusaha menyediakan makanan yang berkelanjutan tanpa menyakiti hewan, yang memungkinkan manusia untuk memenuhi kebutuhan protein mereka tanpa mengganggu makhluk hidup yang lain. Ini sesuai dengan prinsip *beneficence*, yang berarti berbuat baik untuk kesejahteraan manusia dan lingkungan. Namun, ada prinsip *non-maleficence*, atau "tidak menimbulkan kerugian," yang mengingatkan bahwa dalam proses pengembangan teknologi ini, tidak ada masalah moral baru yang muncul. Penggunaan serum janin sapi (FBS), yang diperoleh dari sapi hamil yang disembelih, sebagai media pertumbuhan sel adalah salah satu contohnya. Cara ini menimbulkan masalah etika baru, dan para ilmuwan sedang berusaha untuk menggantinya dengan bahan yang lebih ramah lingkungan dan etis. Jadi sebenarnya terdapat manfaat dalam pelaksanaan program inovasi ini akan tetapi muncul masalah etika yang baru yang saat ini masih di teliti oleh ilmuwan dan belum ada keputusan lanjut hal ini disesuaikan dengan kebutuhan pangan di masing-masing negara (Lee dkk., 2022).

Teknologi kultur daging adalah salah satu inovasi strategis yang akan membantu meningkatkan ketahanan pangan di seluruh dunia dan di negeri kita. Penelitian menunjukkan bahwa menggunakan teknologi ini dapat mengurangi ketergantungan pada peternakan konvensional, yang menyebabkan deforestasi, kerusakan lingkungan, dan emisi gas rumah kaca. Kultur sel hewan untuk produksi daging tidak memerlukan pemeliharaan hewan dalam jumlah besar, yang menghemat lahan dan air. Hal ini sejalan dengan pandangan Chair (2025) yang menegaskan bahwa mengoptimalkan inovasi produksi dalam negeri, seperti daging kultur dan bioteknologi pangan, dapat mengurangi ketergantungan terhadap impor dan meningkatkan kemandirian pangan nasional.

Dari perspektif efisiensi sumber daya, daging hasil kultur dapat dibuat dalam waktu yang lebih singkat dan dalam kondisi yang terkendali. Proses kultur sel otot dapat menghasilkan jaringan daging dalam waktu sekitar 6 hingga 8 minggu, jauh lebih cepat daripada masa tumbuh hewan ternak, yang dapat berbulan-bulan (Ariningtyas dkk., 2025). Selain itu, kemungkinan zoonosis dan penggunaan antibiotik dapat dikurangi karena prosesnya tidak memerlukan pemeliharaan hewan hidup, mendukung sistem pangan yang lebih sehat dan berkelanjutan (Hasibuan & Muslim, 2025).

Namun, adopsi teknologi ini masih menghadapi tantangan pada aspek ekonomi, sosial, dan regulasi. Dari sisi biaya, penggunaan media kultur berbasis serum masih menjadi komponen paling mahal, sehingga pengembangan media bebas serum (*serum-free*) menjadi fokus penelitian lanjutan. Dari perspektif sosial dan hukum, isu kehalalan dan penerimaan masyarakat menjadi faktor penting. Beberapa kajian menyebutkan bahwa daging kultur perlu dikaji lebih lanjut berdasarkan prinsip *halalan thayyiban* serta kejelasan asal bahan sel dan media kultur yang digunakan (Fristikawati & Nugroho, 2023). Dalam konteks *fikih Syafi'iyah*, daging kultur dapat dikategorikan halal apabila bahan sel dan media yang digunakan berasal dari sumber yang suci dan proses produksinya tidak menyalahi prinsip syariat (Samalanga & Muhajir, 2024).

Selain itu, untuk mempercepat komersialisasi produk daging kultur di Indonesia, regulasi dan penelitian nasional masih diperlukan. Agar produk inovatif ini dapat diproduksi secara efisien dan diterima masyarakat luas, kolaborasi antara lembaga riset, pemerintah, dan industri pangan harus ditingkatkan. Selain itu, Hasibuan dan Muslim (2025) menekankan bahwa dalam pengembangan teknologi pangan modern, sains dan etika Islam harus bekerja sama, sehingga inovasi tidak hanya berfokus pada efisiensi ekonomi tetapi juga pada nilai moral dan keberlanjutan lingkungan.

Secara keseluruhan, teknologi daging kultur memiliki potensi besar untuk meningkatkan ketahanan pangan Indonesia dan dunia. Ini dapat dicapai melalui alternatif sumber protein masa depan yang aman, beretika, dan sesuai dengan nilai budaya dan agama masyarakat Indonesia dengan dukungan riset berkelanjutan, kejelasan regulasi, dan edukasi publik.

Peran teknologi kultur daging harus diperiksa dari sudut pandang sosial, moral, dan keagamaan, terutama di negara-negara dengan mayoritas penduduk Muslim seperti Indonesia. Dianggap sebagai solusi untuk masalah keterbatasan lahan dan peningkatan kebutuhan protein hewani, daging kultur dianggap sebagai inovasi potensial. Namun, penerimaannya di masyarakat sangat dipengaruhi oleh nilai-nilai budaya dan religius (Qotadah dkk., 2024). Dalam konteks Islam, konsep kemaslahatan atau kemaslahatan digunakan untuk menentukan seberapa baik teknologi ini—yakni apakah lebih banyak menawarkan manfaat daripada kerusakan bagi manusia dan lingkungan.

Menurut penelitian oleh Qotadah, Al Anshory, dan Achmad (2024), produksi daging kultur mampu menyediakan sumber protein secara berkelanjutan tanpa merusak ekosistem dan tanpa melibatkan penyembelihan massal hewan. Namun, status kehalalan daging kultur masih diperdebatkan, terutama terkait sumber sel yang digunakan dan media kultur yang dapat berasal dari bahan non-ha. Oleh karena itu, kunci untuk menjamin kepercayaan masyarakat Muslim terhadap produk ini adalah transparansi proses produksi. Studi lain oleh Qudsiyah dan Tsania (2024) menemukan bahwa agar daging kultur dapat dikategorikan halal, proses pengambilan sel dari hewan harus dilakukan sesuai dengan prinsip penyembelihan sesuai syariat. Jika sel diambil dari hewan yang masih hidup tanpa disembelih, statusnya akan diragukan. Selain itu, media kultur tidak boleh mengandung serum hewan atau zat turunan yang tidak suci (Qudsiyah & Tsania, 2024). Perspektif ini menunjukkan bahwa kemajuan teknologi daging kultur di Indonesia bergantung pada kemajuan bioteknologi dan komitmen terhadap prinsip halal dan *thayyib*, yang merupakan dasar konsumsi makanan masyarakat.

Dari perspektif etika, Rahmawati (2024) mengatakan bahwa daging kultur dapat menjadi solusi yang etis karena akan mengurangi penderitaan hewan dan eksploitasi peternakan massal, yang selama ini menjadi masalah besar dalam kesejahteraan hewan. Namun, perlu diingat bahwa meskipun teknologi seperti ini mungkin mengurangi jumlah hewan yang disembelih, tetap diperlukan regulasi yang memastikan bahwa bahan sel, media, dan prosesnya sesuai dengan standar etika dan kesejahteraan hewan. Selain itu, studi oleh Jumiono (2024) menunjukkan bahwa menemukan titik penting kehalalan di seluruh rantai produksi, mulai dari bahan baku, proses kultur, hingga distribusi produk akhir, sangat penting. Hal ini diperlukan agar daging kultur memiliki legitimasi sosial dan keagamaan yang kuat dan menguntungkan

secara ekonomi. Oleh karena itu, penerapan teknologi kultur daging di Indonesia sangat bergantung pada kolaborasi antara kemajuan ilmiah, moral Islam, dan sistem sertifikasi halal negara.

Kebebasan memilih juga penting, masyarakat berhak untuk mengetahui bagaimana daging kultur dibuat agar mereka dapat memilih untuk mengonsumsinya atau tidak. Penghormatan terhadap hak konsumen ditunjukkan dengan memberikan informasi yang jelas tentang bahan, prosedur, dan status halalnya. Terakhir, dari perspektif keadilan, diharapkan teknologi ini membantu pemerataan pangan di negara berkembang selain negara maju.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menegaskan bahwa inovasi kultur daging merupakan terobosan bioteknologi yang berpeluang besar memperkuat ketahanan pangan dunia secara etis, efisien, dan berorientasi lingkungan. Penerapan teknologi ini dapat menekan penggunaan sumber daya lahan serta mengurangi emisi karbon, sekaligus memberikan alternatif produksi protein hewani tanpa praktik eksploitasi hewan. Meski potensinya besar, pengembangannya masih menghadapi hambatan nyata seperti biaya produksi yang tinggi, ketergantungan pada bahan kultur hewani, serta tantangan sosial dan keagamaan yang memengaruhi penerimaan masyarakat. Untuk itu, diperlukan riset berkelanjutan dalam pengembangan media kultur bebas serum, peningkatan pemahaman publik, serta perumusan regulasi yang mendorong inovasi berbasis nilai etika dan keberlanjutan. Kolaborasi yang erat antara peneliti, pemerintah, industri, dan otoritas keagamaan menjadi faktor kunci dalam mewujudkan ekosistem pangan modern yang aman, adil, dan sesuai dengan norma sosial budaya. Selain itu, penelitian berikutnya diharapkan memperluas fokus pada aspek ekonomi dan sosiokultural guna memastikan manfaat teknologi ini dapat diterapkan secara proporsional tanpa generalisasi berlebihan serta tetap berpijak pada bukti empiris yang dapat dipertanggungjawabkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sangat berterima kasih kepada Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung atas dukungan fasilitas dan Arah akademik dalam penulisan makalah ini. Terima kasih juga kepada para dosen yang telah memberikan arahan, saran, dan revisi yang bermanfaat selama penulisan naskah ini. Selain itu, setiap orang yang telah berkontribusi dalam pengumpulan data dan penyediaan referensi terkait, kami ucapkan terima kasih. Artikel ini merupakan hasil dari kegiatan penelitian

akademik mahasiswa yang berfokus pada masalah bioetika dan ketahanan pangan global, sehingga diharapkan bisa memberikan sumbangan ilmiah bagi pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang bioteknologi dan bioetika lingkungan.

DAFTAR REFERENSI

- Arango, L., Chaudhury, S. H., & Septianto, F. (2023). The role of demand-based scarcity appeals in promoting cultured meat. *Psychology & Marketing*, 40(8), 1501–1520. <https://doi.org/10.1002/mar.21821>
- Ariningtyas, N., Syarifah, U., Duhita, M. R., & Imamudin, M. (2025). Konsep halal dan thayyiban dalam produksi daging kultur dengan teknologi stem cell: Studi Al-Qur'an tematik. *Jurnal Semiotika-Q: Kajian Ilmu al-Qur'an dan Tafsir*, 5(2), 455–473.
- Bryant, C. (2020). Consumer acceptance of cultured meat: An updated review (2018–2020). *Applied Sciences*, 10(15), 5201. <https://doi.org/10.3390/app10155201>
- Chair, S. (2025). Optimalisasi produksi dalam negeri untuk mewujudkan ketahanan daging tanpa ketergantungan impor. *ARMADA: Jurnal Penelitian Multidisiplin*, 3(4), 78–86. <https://doi.org/10.55681/armada.v3i4.1613>
- Food and Agriculture Organization. (2017). *Livestock solutions for climate change*. <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1634679/>
- Fristikawati, Y., & Nugroho, F. H. E. (2023). Daging buatan hasil rekayasa genetika ditinjau dari kehalalannya dan hukum perlindungan konsumen. *Jurnal Perkotaan*, 16(1), 45–55. <https://doi.org/10.25170/perkotaan.v16i1.5733>
- Fristikawati, Y., & Nugroho, F. H. E. (2024). Daging buatan hasil rekayasa genetika ditinjau dari kehalalannya dan hukum perlindungan konsumen. *Jurnal Perkotaan*, 16(1), 65–77. <https://doi.org/10.25170/perkotaan.v16i1.5733>
- Good Food Institute. (2019). *Review and gap analysis of life cycle assessment studies of cultivated meat*. <https://gfi.org/resource/life-cycle-assessment-of-cultivated-meat/>
- Hasibuan, T. U. S., & Muslim, A. (2022). Inovasi industri daging buatan dalam perspektif fikih Syafi'i. *Jurnal Kajian Islam Interdisipliner*, 7(1), 87–108. <https://doi.org/10.14421/jkii.v7i1.1323>
- Hasibuan, T. U. S., & Muslim, A. (2025). Inovasi industri daging buatan dalam perspektif fikih Syafi'i. *Jurnal Kajian Islam Interdisipliner*, 7(1), 112–123. <https://doi.org/10.14421/jkii.v7i1.1323>
- Hendriadi, A., & Ariani, S. (2020). Pengentasan rumah tangga rawan pangan dan gizi: Besaran, penyebab, dampak, dan kebijakan. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 38(1), 13–27. <https://doi.org/10.21082/fae.v38n1.2020.13-27>
- Jumiono, A. (2024). Identifikasi titik kritis kehalalan bahan hewani dan produk turunan hewan. *Jurnal Ilmiah Pangan Halal*, 4(2), 1–10. <https://doi.org/10.30997/jiph.v4i2.9909>
- Laestadius, L. I., & Caldwell, M. A. (2015). Is the future of meat palatable? Perceptions of in vitro meat as evidenced by online news comments. *Public Health Nutrition*, 18(13), 2457–2467. <https://doi.org/10.1017/S1368980015000622>

- Lee, H., Kim, M., & Park, S. (2022). Development of serum-free media and growth factor optimization for sustainable cultured meat production. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 101423. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.101423>
- Ma'had Aly MUDI Samalanga, & Muhajjir. (2024). Status hukum konsumsi daging kultur jaringan menurut perspektif fikih Syafi'iyah. *Jurnal Al-Nadhair*, 3(1), 1–10. <https://doi.org/10.61433/alnadhair.v3i01.49>
- Nawaz, A. H., Hussain, A., Fujian, W., Zhang, W. L., Zheng, J. H., Zheng Hai, J., & Zhang, L. (2022). Future of cultured meat production: Hopes and hurdles. *Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society*, 10(4), 1–10. <https://doi.org/10.17170/kobra-202204136014>
- Newbery, F., Qi, A., & Fitt, B. D. (2016). Modelling impacts of climate change on arable crop diseases: Progress, challenges and applications. *Current Opinion in Plant Biology*, 32, 101–109. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2016.07.002>
- Newton, P., & Blaustein-Rejto, D. (2021). Social and economic opportunities and challenges of plant-based and cultured meat for rural producers in the US. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 624270. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.624270>
- Nguyen, T. T., Grote, U., Neubacher, F., Do, M. H., & Paudel, G. P. (2023). Security risks from climate change and environmental degradation: Implications for sustainable land use transformation in the Global South. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 63, 101322. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2023.101322>
- Pauzan, I., Falahudin, O., & Falahudin, A. (2024). Potensi emisi gas rumah kaca dari pengolahan limbah peternakan sapi potong pada peternakan rakyat di Kecamatan Paseh Kabupaten Sumedang. *Tropical Livestock Science Journal*, 3(1), 76–90. <https://doi.org/10.31949/tlsj.v3i1.11466>
- Purwayantie, S., & Saputri, N. E. (2023). *Tren pangan global*. Penerbit NEM.
- Qotadah, H., Al Anshory, A., & Achmad, A. D. (2024). Cultured meat for Indonesian Muslim communities: A review of masalah and prospect. *Al-Istinbath: Jurnal Hukum Islam*, 7(2), 122–134. <https://doi.org/10.29240/jhi.v7i2.5476>
- Qudsiyah, U. S., & Tsania, A. A. (2024). Halal perspective review of cultured meat stem cell method. *Journal of Agri-Food Science and Technology*, 5(2), 77–86. <https://doi.org/10.12928/jafost.v5i2.11923>
- Rahmawati, R. N. (2024). Analisis kesejahteraan hewan dan status halal daging kultur laboratorium dalam perspektif iptek dan hukum Islam. *Kaunia: Integration and Interconnection Islam and Science Journal*, 20(1), 23–34.
- Rumawas, V. V., Nayoan, H., & Kumayas, N. (2021). Peran pemerintah dalam mewujudkan ketahanan pangan di Kabupaten Minahasa Selatan. *Governance*, 1(1), 1–12.
- Sinke, P., Odegard, I., & Broeze, J. (2023). Ex-ante life cycle assessment of commercial-scale cultivated meat production. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 28(5), 877–889. <https://doi.org/10.1007/s11367-023-02184-3>
- Soleymani, S., Naghib, S. M., & Mozafari, M. R. (2024). An overview of cultured meat and stem cell bioprinting: How to make it, challenges and prospects, environmental effects, society's culture and the influence of religions. *Journal of Agriculture and Food Research*, 18, 101307. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101307>

U.S. Food and Drug Administration. (2020). *FDA seeks input on labeling of food made with cultured seafood cells*. <https://www.fda.gov/food/hfp-constituent-updates/fda-seeks-input-labeling-food-made-cultured-seafood-cells>

United Nations. (2024). *World population prospects*. <https://population.un.org/wpp/>