

## LITERATURE REVIEW TINJAUAN BIOETIKA DAN REGULASI HUKUM TERHADAP XENOTRANSPLANTATION DAN ORGAN BUATAN: TREN GLOBAL DAN KESIAPAN REGULASI

Putu Sanisca Aggie Puspaciwi<sup>1</sup>, Meivy Isnoviana<sup>2</sup>

Departemen Bioetik Medikolegal dan Ilmu Kedokteran Forensik Fakultas Kedokteran Universitas

Wijaya Kusuma Surabaya<sup>1,2</sup>

Email: [Saniscaaggie070@gmail.com](mailto:Saniscaaggie070@gmail.com)<sup>1</sup>, [meivyisnoviana@uwks.ac.id](mailto:meivyisnoviana@uwks.ac.id)<sup>2</sup>

Informasi	Abstract
Volume : 3	<p><i>Xenotransplantation and artificial organs are developing medical innovations aimed at overcoming the shortage of human organ donors. Advances in technologies such as genome editing, CRISPR-Cas9, and bioengineering provide new hope for managing end-stage organ failure. However, these developments also raise various bioethical and legal concerns, including xenozoonosis risk, animal welfare, informed consent, and justice in healthcare access. This study aims to analyze the bioethical and legal regulatory aspects of xenotransplantation and artificial organs within the context of global trends and Indonesia's regulatory preparedness. The study used a literature review method with a qualitative descriptive and ethical analysis approach. Data were obtained from national and international journals through Google Scholar, PubMed, and ResearchGate published between 2022–2026. The findings show that xenotransplantation has progressed toward the early stage of clinical application in several countries, although ethical, legal, and biosafety challenges remain significant. In Indonesia, specific regulations regarding xenotransplantation are still limited; therefore, stronger legal regulations, bioethical oversight, and multidisciplinary collaboration are needed to ensure safe and ethical implementation of this technology.</i></p> <p><b>Keyword:</b> <i>xenotransplantation, artificial organs, bioethics, legal regulation, xenozoonosis</i></p>
Nomor : 6	
Bulan : Juni	
Tahun : 2026	
E-ISSN : 3062-9624	

### Abstrak

*Xenotransplantation dan organ buatan merupakan inovasi medis yang berkembang sebagai solusi terhadap keterbatasan donor organ manusia. Kemajuan teknologi seperti genome editing, CRISPR-Cas9, dan bioengineering memberikan harapan baru dalam penatalaksanaan gagal organ terminal. Namun, perkembangan tersebut juga menimbulkan berbagai persoalan bioetika dan regulasi hukum, seperti risiko xenozoonosis, kesejahteraan hewan, informed consent, serta keadilan akses layanan kesehatan. Penelitian ini bertujuan menganalisis aspek bioetika dan regulasi hukum terhadap xenotransplantation dan organ buatan dalam konteks tren global serta kesiapan regulasi di Indonesia. Metode penelitian yang digunakan adalah literature review dengan pendekatan kualitatif deskriptif dan ethical analysis. Data diperoleh dari jurnal nasional dan internasional melalui Google Scholar, PubMed, dan ResearchGate tahun 2022–2026. Hasil kajian menunjukkan bahwa xenotransplantation telah berkembang menuju tahap awal penerapan klinis di berbagai negara, namun masih menghadapi tantangan etik, hukum, dan keamanan biologis. Di Indonesia, regulasi khusus terkait xenotransplantation masih terbatas sehingga diperlukan penguatan regulasi, pengawasan bioetika, dan kerja sama multidisipliner agar penerapan teknologi ini dapat dilakukan secara aman dan etis.*

**Kata Kunci:** *xenotransplantation, organ buatan, bioetika, regulasi hukum, xenozoonosis*

## A. PENDAHULUAN

Kebutuhan transplantasi organ terus meningkat seiring bertambahnya angka kejadian gagal organ terminal, sementara ketersediaan donor organ manusia masih sangat terbatas. Ketidakseimbangan antara kebutuhan dan jumlah donor menyebabkan banyak pasien harus menunggu dalam waktu lama bahkan mengalami kematian sebelum mendapatkan organ yang sesuai. Kondisi ini mendorong berkembangnya berbagai inovasi di bidang kedokteran, salah satunya melalui *xenotransplantation* dan pengembangan organ buatan sebagai alternatif untuk mengatasi krisis donor organ (Hurst et al., 2026).

Perkembangan teknologi rekayasa genetika, seperti *CRISPR-Cas9*, telah meningkatkan peluang keberhasilan *xenotransplantation* dengan memodifikasi organ hewan agar lebih kompatibel dengan tubuh manusia. Selain itu, kemajuan bioengineering dan teknologi organ buatan juga memberikan harapan baru dalam penanganan gagal organ terminal. Meskipun demikian, penerapan teknologi tersebut masih menghadapi berbagai tantangan ilmiah, terutama terkait risiko penolakan imun dan penularan penyakit lintas spesies atau *xenozoonosis* (George, 2024).

Di samping manfaatnya, *xenotransplantation* menimbulkan berbagai persoalan bioetika, seperti kesejahteraan hewan, validitas informed consent, keadilan distribusi layanan kesehatan, serta batas moral dalam penggunaan rekayasa genetika. Oleh karena itu, penerapan prinsip bioetika seperti *autonomy*, *beneficence*, *non-maleficence*, dan *justice* menjadi aspek yang sangat penting agar inovasi tersebut tetap menghormati hak pasien dan nilai-nilai kemanusiaan (Sade & Mukherjee, 2022).

Selain aspek etika, kesiapan regulasi hukum juga menjadi faktor penting dalam implementasi *xenotransplantation* dan organ buatan. Beberapa negara telah mulai menyusun regulasi khusus untuk menjamin keamanan dan pengawasan teknologi ini, sedangkan di Indonesia pengaturan mengenai *xenotransplantation* masih belum diatur secara spesifik. Oleh karena itu, diperlukan kajian mengenai bioetika dan regulasi hukum dalam konteks tren global serta kesiapan regulasi nasional sebagai dasar pengembangan kebijakan yang aman, etis, dan bertanggung jawab (Hawthorne, 2024; Nazar et al., 2022).

## B. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penulisan ini adalah studi kepustakaan (*literature review*) dengan pendekatan kualitatif deskriptif. Proses pencarian literatur dilakukan melalui penelusuran berbagai sumber ilmiah yang relevan menggunakan mesin pencari akademik

seperti Google Scholar, PubMed, dan ResearchGate, serta melalui akses terhadap repository jurnal nasional maupun internasional yang memiliki reputasi ilmiah yang baik.

Strategi pencarian difokuskan pada kata kunci yang berkaitan dengan topik penelitian, antara lain: “Tinjauan Bioetika dan Regulasi Hukum Terhadap *Xenotransplantation* dan Organ Butan: Tren Global dan Kesiapan Regulasi.” Artikel yang diseleksi mencakup publikasi dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris dengan rentang waktu lima tahun terakhir (2022–2026), memiliki teks lengkap dan DOI untuk memastikan validitas serta kredibilitas ilmiah.

**C. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Tabel 1. Hasil studi literatur**

No.	Penulis, tahun, dan judul	Metode	Temuan dan kesimpulan
1.	Hurst, Bobier, & Padilla (2026) – <i>Liver Xenotransplantation: Ethical and Societal Implications</i>	Artikel kajian etik dan analisis konseptual	Penelitian membahas implikasi etik dan sosial pada transplantasi hati babi ke manusia. Ditemukan bahwa xenotransplantasi hati berpotensi mengurangi angka kematian pada daftar tunggu transplantasi. Namun terdapat tantangan etik berupa keadilan distribusi organ, seleksi pasien, stigma terhadap pasien penyakit hati, dan risiko zoonosis. Disimpulkan bahwa regulasi etik dan kebijakan distribusi organ perlu disiapkan sebelum penerapan klinis luas.
2.	George (2024) – <i>Ethics, Virtues and Xenotransplantation</i>	Literature review berbasis pendekatan virtue ethics	Penelitian meninjau xenotransplantasi dari perspektif etika kebajikan ( <i>virtue ethics</i> ). Ditemukan bahwa isu utama meliputi kesejahteraan hewan, risiko infeksi zoonosis, keadilan distribusi organ, dan identitas manusia-hewan. Kesimpulan penelitian menyatakan bahwa pengembangan xenotransplantasi memerlukan nilai moral seperti kebijaksanaan, keadilan, keberanian, dan tanggung jawab ilmiah.
3.	Rodger, Hurst, &	<i>Historical review dan</i>	Penelitian mengkaji

	Cooper (2023) - <i>Xenotransplantation: An Historical-Ethical Account of Viewpoints</i>	<i>ethical review</i>	perkembangan historis xenotransplantasi serta perubahan pandangan etik masyarakat. Ditemukan bahwa penerimaan masyarakat meningkat seiring kemajuan teknologi rekayasa genetika dan keberhasilan transplantasi modern. Namun isu kesejahteraan hewan, agama, dan keamanan publik tetap menjadi perhatian utama. Kesimpulannya, perkembangan teknologi harus diiringi dialog etik dan sosial yang berkelanjutan.
4.	Hurst, Bobier, & Padilla (2026) - <i>Ethical Issues Involved in Solid Organ Xenotransplantation</i>	Artikel dan etika analisis	Penelitian membahas empat isu etik utama yaitu penggunaan hewan donor, risiko xenozoonosis, seleksi pasien uji klinis, dan pentingnya keterlibatan publik. Ditemukan bahwa keberhasilan klinis xenotransplantasi tidak hanya bergantung pada teknologi, tetapi juga penerimaan sosial dan regulasi etik. Kesimpulannya, pengawasan etik dan edukasi publik menjadi faktor penting dalam implementasi xenotransplantasi.
5.	Hawthorne (2024) - <i>Ethical and Legislative Advances in Xenotransplantation for Clinical Translation</i>	<i>Literature Review</i>	Penelitian membahas perkembangan etik dan regulasi hukum xenotransplantasi di berbagai negara. Ditemukan bahwa kerja sama WHO, International Xenotransplantation Association (IXA), dan The Transplantation Society berperan penting dalam pembentukan standar internasional xenotransplantasi. Kesimpulannya, harmonisasi regulasi global diperlukan untuk menjamin keamanan dan keberhasilan uji klinis xenotransplantasi.

6.	Sade & Mukherjee (2022) – <i>Ethical Issues in Xenotransplantation: The First Pig-to-Human Heart Transplant</i>	<i>Editorial dan ethical commentary</i>	Artikel membahas transplantasi jantung babi pertama pada manusia tahun 2022. Ditemukan bahwa xenotransplantasi berpotensi mengatasi kekurangan donor organ, tetapi memunculkan masalah etik baru seperti zoonosis dan informed consent. Kesimpulannya, keamanan pasien dan perlindungan masyarakat harus menjadi prioritas utama dalam penelitian klinis xenotransplantasi.
7.	Alobaidi (2025) – <i>Xenotransplantation of Solid Organs: Revolutionizing Transplantation through Innovation, Ethics, and Global Solutions</i>	<i>Literature Review</i>	Penelitian meninjau perkembangan CRISPR-Cas9 dan modifikasi genetik pada babi donor. Ditemukan bahwa teknologi genome editing mampu mengurangi reaksi penolakan imun dan meningkatkan kompatibilitas organ. Namun tantangan etik dan regulasi terkait keamanan jangka panjang masih menjadi perhatian utama. Kesimpulannya, kolaborasi internasional dibutuhkan untuk pengembangan xenotransplantasi yang aman dan etis.
8.	Denner (2026) – <i>Is There an Ethical Dilemma in Xenotransplantation?</i>	Etika analisis	Penelitian membahas dilema antara hak pasien untuk menarik diri dari penelitian dan kewajiban monitoring seumur hidup akibat risiko zoonosis. Ditemukan bahwa pasien xenotransplantasi memerlukan pengawasan kesehatan jangka panjang seperti pasien transplantasi biasa. Kesimpulannya, perlindungan kesehatan publik harus diseimbangkan dengan penghormatan terhadap otonomi pasien.
9.	Hurst et al. (2024) – <i>Pediatric Cardiac Xenotransplantation and Expanded Access: Ethical Considerations</i>	Etika analisis	Penelitian membahas aspek etik <i>xenotransplantation</i> jantung pada anak. Ditemukan bahwa keterbatasan donor jantung

			<p>anak menyebabkan <i>xenotransplantation</i> menjadi alternatif potensial, tetapi terdapat tantangan terkait informed consent, biosurveillance, dan perlindungan keluarga pasien. Kesimpulannya, diperlukan regulasi etik khusus untuk <i>xenotransplantation</i> pediatrik.</p>
10.	Silverman & Odonkor (2022) - <i>Ethical Framework for Future Clinical Xenotransplantation Trials</i>	Etika analisis	<p>Penelitian membahas kerangka etik untuk uji klinis <i>xenotransplantation</i>. Ditemukan bahwa pemilihan pasien, informed consent, dan pengawasan zoonosis merupakan komponen utama dalam penelitian klinis. Kesimpulannya, transparansi dan akuntabilitas penting untuk meningkatkan kepercayaan publik terhadap <i>xenotransplantation</i>.</p>
11.	Merlocco & Hurst (2025) - <i>Challenges in Paediatric Xenotransplantation</i>	Literatur review dan etika analisis	<p>Penelitian membahas tantangan etik <i>xenotransplantation</i> pada anak seperti risiko psikologis, ukuran organ, dan infeksi. Ditemukan bahwa anak memiliki kerentanan khusus sehingga membutuhkan pendekatan bioetika yang berbeda dari orang dewasa. Kesimpulannya, <i>xenotransplantation</i> pediatrik memerlukan pengawasan multidisipliner yang lebih ketat.</p>
12	Camenzind (2024) - <i>Xenotransplantation in the Age of Genome Editing</i>	Literature review dan etika analisis	<p>Penelitian membahas implikasi genome editing pada hewan donor <i>xenotransplantation</i>. Ditemukan bahwa teknologi CRISPR meningkatkan keberhasilan transplantasi, tetapi memperkuat perdebatan mengenai kesejahteraan hewan dan martabat makhluk hidup. Kesimpulannya, regulasi <i>xenotransplantation</i> harus</p>

			mempertimbangkan animal ethics secara serius.
13.	Hurst et al. (2025) - <i>Religious Perspectives Regarding the Ethical Issues Associated With Clinical Xenotransplantation</i>	Literature review dan etika analisis	Penelitian membahas isu etik mendesak sebelum dimulainya uji klinis <i>xenotransplantation</i> . Ditemukan bahwa perlindungan pasien, risiko zoonosis, perlindungan masyarakat, dan persepsi publik merupakan prioritas utama. Kesimpulannya, konsensus etik internasional diperlukan sebelum <i>xenotransplantation</i> diterapkan secara luas.
14	Hurst et al. (2025) - <i>Religious Perspectives Regarding the Ethical Issues Associated With Clinical Xenotransplantation</i>	Literature review dan etika analisis	Penelitian mengevaluasi pandangan agama terhadap <i>xenotransplantation</i> . Ditemukan bahwa sebagian besar agama tidak menolak <i>xenotransplantation</i> apabila bertujuan menyelamatkan nyawa manusia. Namun, isu kesejahteraan hewan dan keamanan pasien tetap menjadi perhatian. Kesimpulannya, perspektif agama penting dalam mendukung penerimaan masyarakat terhadap <i>xenotransplantation</i> .
15.	Oliveira et al. (2024) - <i>Xenotransplantation Ethical and Legal Challenges</i>	Literature review	Penelitian membahas tantangan etik dan hukum <i>xenotransplantation</i> di Brazil dan dunia internasional. Ditemukan bahwa <i>xenotransplantation</i> dapat menjadi solusi terhadap kekurangan donor organ, tetapi masih menghadapi kendala regulasi dan keamanan biologis. Kesimpulannya, diperlukan kebijakan hukum yang jelas untuk mendukung pengembangan <i>xenotransplantation</i> .
16.	Nazar, Sensu, & Sjaiful (2022) - <i>Perspektif Xenotransplantasi Ditinjau dari Hukum Islam</i>	Literature review	Penelitian membahas <i>xenotransplantation</i> dari perspektif hukum Islam dan regulasi Indonesia. Ditemukan bahwa Indonesia

			belum memiliki regulasi khusus mengenai <i>xenotransplantation</i> , tetapi telah memiliki dasar hukum transplantasi organ dalam UU No. 36 Tahun 2009 dan PP No. 53 Tahun 2021. Kesimpulannya, <i>xenotransplantation</i> dapat diperbolehkan dalam kondisi darurat sesuai prinsip syariah.
17.	Yualia & Sayyaf (2022) – <i>Studi Komparatif Metode Istinbath Dār al-Iftā al-Miṣhiriyyah dan MUI Tentang Xenotransplantasi Babi</i>	Etika analisis	Penelitian membahas fatwa xenotransplantasi babi menurut MUI dan Dār al-Iftā al-Miṣhiriyyah. Ditemukan bahwa kedua lembaga menggunakan pendekatan kemaslahatan dan kedaruratan dalam menentukan hukum xenotransplantasi. Kesimpulannya, xenotransplantasi diperbolehkan dalam kondisi darurat untuk menyelamatkan nyawa pasien apabila tidak terdapat alternatif lain yang halal dan aman.
18.	Sari & Syamsurizal (2024) – <i>Problematika Xenotransplansi Organ Babi ke Manusia Menurut Perspektif Hukum Islam: Systematic Literature Review</i>	Literature review	Penelitian membahas xenotransplantasi organ babi dari perspektif hukum Islam menggunakan pendekatan PRISMA. Ditemukan bahwa organ babi memiliki kemiripan fisiologis dengan manusia dan berpotensi menjadi solusi terhadap kekurangan donor organ. Kesimpulannya, penggunaan organ babi diperbolehkan hanya dalam kondisi darurat dan apabila tidak tersedia alternatif lain yang halal.
19.	Sabjan et al. (2024) – <i>Konsep Pemindehan Organ Haiwan kepada Manusia: Kajian Perspektif Usul Fiqh, Fatwa, Etika dan Kerohanian</i>	Literature review dan etika analisis	Penelitian membahas pemindahan organ hewan ke manusia dari perspektif usul fiqh, fatwa, etika, dan spiritualitas Islam. Ditemukan bahwa transplantasi organ merupakan upaya menjaga

			nyawa manusia ( <i>maqasid al-syariah</i> ), namun penggunaan organ hewan najis seperti babi memerlukan pertimbangan etik dan syariat yang ketat. Kesimpulannya, xenotransplantasi dapat diterima apabila dilakukan dalam keadaan mendesak dan bertujuan menyelamatkan kehidupan pasien.
20.	Sabjan et al. (2024) – <i>Hukum Pemindehan Organ Haiwan Kepada Manusia</i>	Etika analisis	Penelitian membahas hukum transplantasi organ hewan kepada manusia dalam perspektif Islam. Ditemukan bahwa transplantasi organ hewan pada dasarnya diperbolehkan, tetapi dapat menjadi haram apabila melibatkan hewan najis seperti babi kecuali dalam kondisi darurat. Kesimpulannya, prinsip kedaruratan menjadi dasar utama dalam memperbolehkan xenotransplantasi demi keselamatan pasien.
21.	Hurst et al. (2024) – <i>Close Contacts of Xenograft Recipients: Ethical Considerations Due to Risk of Xenozoonosis</i>	Etika analisis	Penelitian membahas risiko xenozoonosis terhadap keluarga, caregiver, dan kontak dekat pasien penerima xenograft. Ditemukan bahwa tidak hanya pasien, tetapi juga orang di sekitarnya berpotensi terpapar infeksi lintas spesies sehingga memerlukan pengawasan kesehatan jangka panjang. Kesimpulannya, informed consent, monitoring infeksi, dan kemungkinan karantina perlu dipertimbangkan dalam regulasi xenotransplantasi klinis.
22.	Kaiser et al. (2024) – <i>Is Europe Ready for Xenotransplantation?</i>	Etika analisis	Penelitian membahas kesiapan Eropa dalam menghadapi perkembangan xenotransplantasi. Ditemukan bahwa

			perkembangan gene editing seperti CRISPR-Cas9 meningkatkan peluang keberhasilan transplantasi organ babi ke manusia, namun risiko xenosis dan potensi pandemi tetap menjadi perhatian utama. Kesimpulannya, xenotransplantasi memerlukan dialog publik yang luas serta regulasi internasional yang ketat sebelum diterapkan secara luas
23.	Palacios-González (2025) - <i>Xenotransplantation and the Way Forward</i>	Etika analisis	Penelitian membahas arah perkembangan xenotransplantasi dan tantangan etik masa depan. Ditemukan bahwa pemilihan pasien, kerentanan pasien terminal, informed consent, dan keadilan akses menjadi isu penting dalam uji klinis xenotransplantasi. Kesimpulannya, penelitian lebih lanjut mengenai etika uji klinis dan perlindungan pasien sangat diperlukan sebelum xenotransplantasi menjadi terapi rutin.
24.	Kwisda (2023) - <i>Ethical and Regulatory Aspects Regarding Xenotransplantation</i>	Etika analisis	Penelitian membahas aspek etik dan regulasi xenotransplantasi, termasuk penggunaan hewan transgenik dan human-animal chimera. Ditemukan bahwa regulasi internasional mengenai xenotransplantasi masih terfragmentasi dan belum mampu mengakomodasi seluruh perkembangan teknologi terbaru. Kesimpulannya, diperlukan harmonisasi regulasi global serta penguatan bioetika dalam pengembangan xenotransplantasi modern.
25.	Zhang & Li (2024) - <i>The Dilemma of Ethical Recipients of Xenotransplantation</i>	Etika analisis	Penelitian membahas dilema etik penerima xenotransplantasi dari perspektif biopsikososial.

	<p><i>under the Biopsychosocial Medical Model</i></p>		<p>Ditemukan bahwa penerima xenotransplantasi dapat mengalami perubahan psikologis, masalah adaptasi sosial, stigma masyarakat, dan ketidakadilan akses layanan kesehatan. Kesimpulannya, pendekatan biopsikososial diperlukan agar xenotransplantasi tidak hanya berhasil secara biologis tetapi juga secara psikologis dan sosial.</p>
--	---	--	--

**PEMBAHASAN**

Xenotransplantation dan organ buatan merupakan inovasi yang berkembang untuk mengatasi keterbatasan donor organ manusia yang masih menjadi permasalahan global. Kemajuan teknologi rekayasa genetika, khususnya melalui penggunaan CRISPR-Cas9, telah meningkatkan kompatibilitas organ hewan dengan tubuh manusia sehingga membuka peluang penerapan klinis yang lebih luas. Selain itu, perkembangan bioengineering dan artificial organs memberikan alternatif terapi bagi pasien gagal organ terminal, meskipun efektivitas dan keamanan jangka panjangnya masih terus diteliti (George, 2024; Alobaidi, 2025).

Di sisi lain, perkembangan teknologi tersebut memunculkan berbagai persoalan bioetika yang harus menjadi perhatian utama. Prinsip autonomy, beneficence, non-maleficence, dan justice harus diterapkan dalam setiap tahapan penelitian maupun implementasi klinis untuk menjamin keselamatan pasien dan keadilan dalam pelayanan kesehatan. Risiko xeno-zoonosis, kesejahteraan hewan, informed consent, serta tingginya biaya teknologi menjadi tantangan yang dapat memengaruhi penerimaan masyarakat terhadap xenotransplantation (Sade & Mukherjee, 2022; Hurst et al., 2026).

Dari aspek regulasi hukum, berbagai negara telah mulai menyusun kebijakan khusus mengenai xenotransplantation sebagai bentuk antisipasi terhadap perkembangan teknologi tersebut. Namun, di Indonesia regulasi yang ada masih berfokus pada transplantasi organ manusia sehingga belum mampu mengakomodasi penggunaan organ hasil rekayasa genetika maupun transplantasi lintas spesies. Oleh karena itu, diperlukan penguatan regulasi yang disertai pengawasan bioetika dan kolaborasi multidisipliner agar penerapan xenotransplantation dan organ buatan dapat dilakukan secara aman, etis, dan sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan (Hawthorne, 2024; Nazar et al., 2022).

#### D. KESIMPULAN

*Xenotransplantation* dan organ buatan merupakan inovasi medis yang memiliki potensi besar dalam mengatasi keterbatasan donor organ dan meningkatkan kualitas hidup pasien dengan gagal organ terminal. Kemajuan teknologi rekayasa genetika telah mempercepat perkembangan bidang ini, namun implementasinya masih dihadapkan pada tantangan ilmiah, bioetika, dan regulasi hukum yang kompleks.

Penerapan *xenotransplantation* harus berlandaskan prinsip-prinsip bioetika, yaitu *autonomy*, *beneficence*, *non-maleficence*, dan *justice*, agar hak pasien, kesejahteraan hewan, serta keselamatan masyarakat tetap terjamin. Risiko *xenozoonosis*, *informed consent*, dan keadilan akses terhadap teknologi menjadi isu utama yang memerlukan perhatian dalam pengembangan kebijakan dan praktik klinis.

Di Indonesia, belum adanya regulasi khusus mengenai *xenotransplantation* menunjukkan bahwa kesiapan hukum masih perlu diperkuat. Oleh karena itu, diperlukan penyusunan regulasi yang komprehensif, pengawasan bioetika yang ketat, serta kerja sama antara pemerintah, akademisi, dan tenaga kesehatan agar penerapan teknologi ini dapat berlangsung secara aman, etis, dan bertanggung jawab di masa depan.

#### E. DAFTAR PUSTAKA

- Camenzind, S. (2024). *Xenotransplantation in the Age of Genome Editing: Results From the Expert Report for the Federal Ethics Committee on Nonhuman Biotechnology With a Special Focus on Animal Ethics*. <https://doi.org/10.1111/xen.70008>
- Denner, J. (2026). *Is There an Ethical Dilemma in Xenotransplantation?* 1–4. <https://doi.org/10.1111/xen.70135>
- George, A. J. T. (2024). *Ethics, virtues and xenotransplantation*. 39(2), 334–343. <https://doi.org/10.1177/02676591221140767>
- Hawthorne, W. J. (2024). *Ethical and legislative advances in xenotransplantation for clinical translation: focusing on cardiac, kidney and islet cell xenotransplantation*. February, 1–11. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2024.1355609>
- Hurst, D. J., Ali, M., & Brown, S. M. (2025). *Religious Perspectives Regarding the Ethical Issues Associated With Clinical Xenotransplantation*. 1–10. <https://doi.org/10.1111/xen.70036>
- Hurst, D. J., Bobier, C., Merlocco, A., & Cleveland, J. D. (2024). *Pediatric Cardiac Xenotransplantation and Expanded Access: Ethical Considerations*. 1–6. <https://doi.org/10.1111/petr.14876>

- Hurst, D. J., & Cooper, D. K. C. (2024). Pressing ethical issues relating to clinical pig organ transplantation studies. January, 1–5. <https://doi.org/10.1111/xen.12848>
- Hurst, D. J., Cooper, D. K. C., Rodger, D., & Schiff, T. (2024). Close contacts of xenograft recipients : Ethical considerations due to risk of xenozoonosis Luz Padilla 2. January, 1–5. <https://doi.org/10.1111/xen.12847>
- Hurst, D. J., & Padilla, L. A. (2026). Ethical Issues Involved in Solid Organ Xenotransplantation. 55–59. <https://doi.org/10.1002/ca.70036>
- Hurst, D. J., Padilla, L. A., & Merlocco, A. (2026). Liver Xenotransplantation : Ethical and Societal Implications. <https://doi.org/10.1111/xen.70116>
- Merlocco, A., & Hurst, D. J. (2025). Challenges in Paediatric Xenotransplantation : Ethical Components Requiring Distinct Attention in Children and Obligations to Patients and Society. 345–358. <https://doi.org/10.1007/s11673-024-10377-5>
- Nazar, M., Senu, L., & Sjaiful, M. (2022). Perspektif Xenotransplantasi ( Transplantasi Organ Hewan ke Manusia ) Ditinjau dari Hukum Islam Xenotransplantation Perspective ( Animal to Human Organs Transplantation ) from Islamic Law. 6(2), 164–175.
- Rodger, D., Hurst, D. J., & Cooper, D. K. C. (2024). Xenotransplantation: An Historical-Ethical Account of Viewpoints. 30(2). <https://doi.org/10.1111/xen.12797>
- Sabjan. (2024). [ The Concept of Transferring Animal Organ to Human : A Study from the Perspectives. 7(1), 186–198.
- Sade, R. M., & Mukherjee, R. (2022). Ethical Issues in Xenotransplantation: The First Pig-to-Human Heart Transplant. *The Annals of Thoracic Surgery*, 113(3), 712–714. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2022.01.006>
- Sami. (2025). Xenotransplantation of Solid Organs : Revolutionizing Transplantation through Innovation , Ethics , and Global Solutions. 418–431. <https://doi.org/10.1159/000546031>
- Saraiva, T. S. (2024). Xenotransplantation ethical and legal challenges Xenotransplante desafios éticos e jurídicos Desafíos éticos y legales de los xenotransplantes. 1–22. <https://doi.org/10.55905/cuadv16n10-137>
- Sari. (2024). JSI : Jurnal Studi Islam Vol . 13 No . 1 Juli 2024 P ISSN 2302-853X E ISSN-2809 2740 PROBLEMATIKA XENOTRANSPLANSI ORGAN BABI KE MANUSIA MENURUT PERSPEKTIF HUKUM ISLAM : SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW Windy Permata Sari , S. Syamsurizal. 13(1). <https://doi.org/10.33477/jsi.v13i1.6511>
- Silverman. (2022). Reevaluating the Ethical Issues in Porcine-to-Human. October.

<https://doi.org/10.1002/hast.1419>

Yualia, A. M. (2022). STUDI KOMPARATIF METODE ISTINBATH D A` R AL IFT A` AL- MI S, HIRIYYAH DAN MUI TENTANG XENOTRANSPLANTASI BABI Universitas Muhammadiyah Malang , Jawa Timur , Indonesia Abstrak dan harapan-harapan baru bagi umat manusia . Semisal teknologi telekomunikasi. 16(6), 2274–2287.

Zhang, X., Li, G., Model, B. M., & Dilemma, E. (2024). The Dilemma of Ethical Recipients of Xenotransplantation under the Biopsychosocialmedical Model. 4, 104–111. <https://doi.org/10.23977/phpm.2024.040116>