

DILEMA BIOETIKA ANTARA INOVASI DAN MORALITAS DALAM PENGEMBANGAN TERAPI GEN

Nasywa Yumna Zainah¹⁾, Nursyafira Asma Humairah²⁾, Zahra Nur Fadillah³⁾, Tri Cahyanto⁴⁾

Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati Bandung
 email : zainahnasywa@gmail.com¹⁾, nursyafiraah@gmail.com²⁾, znurfadillah2@gmail.com³⁾, trichayanto@uinsgd.ac.id⁴⁾

Abstrak

Terapi gen merupakan teknik untuk mengoreksi gen-gen cacat yang bertanggung jawab terhadap suatu penyakit. Pendekatan terapi gen secara umum biasanya dengan menambahkan gen-gen normal ke dalam sel yang mengalami ketidaknormalan. Terapi gen menimbulkan berbagai pertanyaan etika dan sosial yang cukup rumit. Salah satu yang paling sulit adalah apakah kita harus mencoba mengubah sel-sel germinal (seperti sel telur) dengan harapan memperbaiki kelainan genetik untuk generasi mendatang. Tujuan penulisan artikel ini adalah untuk menganalisis berbagai dilema etika yang muncul seiring perkembangan terapi gen, terutama ketika inovasi di bidang ini berhadapan dengan pertimbangan moral dan nilai-nilai kemanusiaan.

Sejarah Artikel

Submitted: 28 Desember 2024

Accepted: 3 Januari 2025

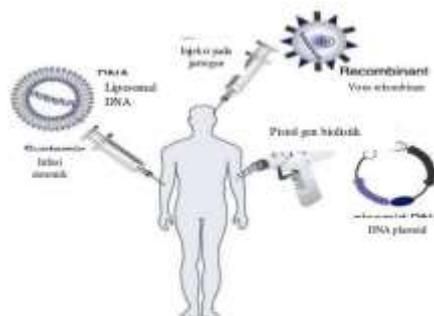
Published: 4 Januari 2025

Kata Kunci

Terapi Gen, Bioetika, Moral

PENDAHULUAN

Terapi gen saat ini telah berkembang secara pesat, terapi gen ini diperkenalkan pertama kali pada tahun 1990. Terapi gen merupakan teknik untuk mengoreksi gen gen cacat yang bertanggung jawab terhadap suatu penyakit. Pendekatan terapi gen secara umum biasanya dengan menambahkan gen gen normal ke dalam sel yang mengalami ketidaknormalan (Malik., 2005). Salah satu terapi pengembangan obat atau gen alternatif untuk mengobati luka adalah dengan memanfaatkan sel punca. Sel punca merupakan sel yang belum berdiferensiasi atau dapat dibilang sel kosong dan sel punca ini dapat berdiferensiasi menjadi berbagai sel lainnya (Yuliana & Suryani, 2012). Proses diferensiasi ini dipicu oleh adanya sinyal dari dalam dan luar sel. Gen DNA mempengaruhi sinyal dari dalam, gen DNA ini membawa kode untuk struktur dan fungsi sel. Kemudian sinyal dari luar yang berperan pada diferensiasi sel adalah zat kimia yang disekresi oleh sel lain, kemudian akan melakukan kontak fisik dengan sel sebelumnya, dan berinteraksi juga dengan molekul tertentu dalam lingkungan mikro di sekitar sel punca tersebut. Interaksi antar sinyal selama proses diferensiasi menyebabkan DNA mengalami perubahan epigenetik yang menyebabkan perubahan ekspresi DNA yang akan berdiferensiasi menjadi sel tertentu. Perubahan epigenetik ini dapat diturunkan melalui pembelahan sel (Yuliana & Suryani, 2012).



Gambar 1. Metode terapi gen in vivo (Miesfeld, 2000)

Terapi gen pada manusia didefinisikan sebagai transfer asam nukleat berupa DNA ke sel somatik pasien sehingga gen tersebut memiliki efek pengobatan terhadap penyakit

pasien, baik dengan mengoreksi ketidaknormalan gen maupun overekspresi protein yang dikode oleh gen tersebut. Menurut Johnson (2017), terapi gen sudah banyak digunakan untuk pengobatan kanker, penyakit kardiovaskuler, penyakit infeksius, penurunan fungsi metabolisme tubuh, penyakit limfatik, hingga cedera akibat radiasi dan penyembuhan pascabedah. Namun, tidak menutup kemungkinan berkembangnya terapi gen untuk mengobati jenis penyakit lainnya.

Menurut sahin aksoy bioetika merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari berbagai konflik moral dan menawarkan pemecahan permasalahan tersebut, yang mana permasalahan tersebut timbul dalam tindakan, praktik kedokteran dan ilmu hayati (Tien, 2007). Bioetika ini bertitik tolak dari analisis tentang data-data ilmiah, biologis dan medis. Nilai transendental manusia yang mana disoroti dalam kaitan dengan Sang Pencipta sebagai nilai mutlak. Bioetika juga mempelajari moralitas tentang perilaku manusia dalam bidang ilmu pengetahuan tentang hidup yang mencakup etika medis, namun dari sisi lain melampaui masalah-masalah moral klasik dalam bidang pengobatan dan masalah-masalah etis mencakup ilmu biologi.

Perdebatan mengenai bioetika mengalami perkembangan pesat pada dekade terakhir abad ke-20, didorong oleh dua faktor utama. Pertama, ada perubahan fokus dalam isu-isu yang dibahas; pada awal 1990-an, diskusi bioetika banyak berpusat pada genetika klinis, dipengaruhi oleh proyek seperti *Human Genome Diversity Project*. Topik-topik seperti konseling genetik, screening dan tes genetik, diskriminasi berdasarkan genetik, serta potensi terapi gen menjadi perhatian utama. Kedua, dengan kemajuan teknologi dari waktu ke waktu, perhatian mulai bergeser ke esensi genetika itu sendiri, peningkatan genetika (*genetic enhancement*), dan isu-isu etis yang terkait dengan topik tersebut.

Terapi gen menimbulkan berbagai pertanyaan etika dan sosial yang cukup rumit. Salah satu yang paling sulit adalah apakah kita harus mencoba mengubah sel-sel germinal (seperti sel telur) dengan harapan memperbaiki kelainan genetik untuk generasi mendatang. Pada percobaan dengan tikus, misalnya, memasukkan gen asing kedalam sel germinal kini sudah menjadi prosedur umum. Para ilmuwan telah menciptakan tikus dengan anemia sel sabit (*sickle cell*), yang sangat berguna untuk mempelajari penyakit ini lebih mendalam. Mereka memasukkan gen hemoglobin manusia, termasuk dua alel sel sabit, ke dalam tikus yang gennya sudah dihapus. Dengan banyak tantangan teknis yang sudah teratasi, kemungkinan rekayasa genetik semacam ini juga bisa dilakukan pada manusia di masa depan. Ini berarti, kita perlu memikirkan apakah perubahan gen pada sel germinal atau embrio manusia adalah tindakan yang bijaksana dalam situasi tertentu (Harun, 2003).

Tujuan dari artikel ini adalah untuk menganalisis berbagai dilema etika yang muncul seiring perkembangan terapi gen, terutama ketika inovasi di bidang ini berhadapan dengan pertimbangan moral dan nilai-nilai kemanusiaan.

METODE

Penelitian menggunakan pendekatan studi literatur (*literature review*) dengan tujuan untuk mengeksplorasi dan memahami perspektif serta perkembangan terkini mengenai topik yang dikaji yaitu perspektif etika dan Islam mengenai terapi genetik. Literatur yang dikumpulkan mencakup artikel ilmiah, buku, jurnal internasional dan nasional dengan rentang tahun publikasi 10 tahun terakhir untuk artikel dan jurnal, serta sumber-sumber lain yang memuat pandangan ulama. Setiap literatur kemudian dianalisis untuk penarikan kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Terapi Gen Sebagai Inovasi

Terapi gen melibatkan modifikasi genetik untuk mengobati atau mencegah penyakit. Sejak diperkenalkan pertama kali pada tahun 1989, terapi gen sudah berkembang pesat, dengan berbagai pendekatan baru yang terus dieksplorasi untuk meningkatkan efektivitas dan keamanan. Misalnya, penggunaan vektor virus seperti adenovirus dan lentivirus dalam pengiriman gen terapeutik telah menunjukkan hasil yang cukup baik dalam uji klinis (Wijaya dan Muchtaridi, 2017). Penelitian terbaru menunjukkan bahwa terapi gen dapat memberikan harapan baru bagi pasien kanker dengan meningkatkan kelangsungan hidup dan kualitas hidup mereka. Hingga saat ini, metode terapi gen untuk pengobatan kanker masih berada dalam tahap penelitian, namun telah dicapai kemajuan yang signifikan dalam beberapa uji klinis. Seperti penelitian Lestari (2019), meskipun banyak tantangan yang harus diatasi, metode terapi gen telah menunjukkan efektivitas yang baik sebagai pengobatan bagi beberapa pasien kanker.

Matriks Etika Dalam Kasus Terapi Gen

Matriks etika adalah skema konseptual yang dirancang untuk membantu para pengambil keputusan (sebagai individu atau bekerja dalam kelompok) mencapai penilaian atau keputusan yang tepat tentang penerimaan etika dan/atau kontrol regulasi yang optimal terhadap sebuah teknologi. Konsep ini pertama kali diperkenalkan oleh Ben Mepham (2006) dan menyangkut beberapa prinsip dasar diantaranya menghormati kesejahteraan, otonomi, dan keadilan. Ketiga prinsip tersebut membentuk kolom-kolom matriks etika. Sedangkan baris-baris terdiri dari pihak-pihak yang berpotensi terpengaruh yang relevan dengan masalah yang diangkat. Kelompok-kelompok ini dapat mencakup berbagai kelompok manusia, lingkungan, bahkan yang bukan manusia, seperti hewan uji. Penataan prinsip dan kelompok kepentingan dalam sebuah tabel, yang membentuk matriks etika, memudahkan referensi silang dalam pertimbangan dan refleksi selanjutnya tentang suatu masalah.

Matriks etika awalnya dirancang untuk memfasilitasi pertimbangan etika oleh orang-orang yang memiliki pengetahuan dan minat khusus dalam bioteknologi baru, namun mereka memiliki keterbatasan dalam teori etika akademis atau hanya memiliki pengalaman terbatas dalam menerapkan teori tersebut pada isu-isu konkret. Tujuan dari matriks etika adalah untuk membantu penggunaannya mengidentifikasi isu-isu etika yang timbul akibat penggunaan teknologi baru untuk sampai pada keputusan yang dapat dipertanggungjawabkan secara intelektual (Mepham, 2006).

Terapi gen yang termasuk dalam bioteknologi yang akan berkembang dinilai perlu untuk dianalisis pertimbangan menurut pandangan etikanya melalui matriks etika yang dimuat ke dalam Tabel 1. berikut.

Tabel 1. Matriks Etika dalam Kasus Pengembangan Terapi Gen

	Kesejahteraan	Otonomi	Keadilan
Pasien	<ul style="list-style-type: none"> • Memastikan bahwa terapi gen memberikan manfaat kesehatan yang signifikan dan meminimalkan risiko efek samping. • Mempertimbangkan dampak jangka panjang dari terapi gen terhadap kesehatan individu. • Berkomitmen untuk tidak melakukan tindakan yang dapat merugikan individu, seperti penggunaan vektor yang berisiko. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengharuskan proses persetujuan yang diinformasikan (informed consent) sebelum prosedur dilakukan. • Menghormati pilihan individu mengenai partisipasi dalam uji klinis dan penggunaan terapi gen. • Memastikan bahwa pasien memahami semua risiko dan manfaat sebelum membuat keputusan 	<ul style="list-style-type: none"> • Menjamin akses yang adil terhadap terapi gen bagi semua individu, tanpa memandang status sosial atau ekonomi. • Menghindari diskriminasi terhadap individu yang tidak memiliki akses ke teknologi terbaru dalam perawatan kesehatan. • Mengembangkan kebijakan untuk memastikan bahwa kelompok rentan tidak terpinggirkan dalam penelitian dan penerapan terapi gen.

<p>Masyarakat</p> 	<ul style="list-style-type: none">● Menganalisis dampak terapi gen pada kesehatan masyarakat secara keseluruhan.● Mempertimbangkan efek sosial dari penerapan terapi gen seperti stigma masyarakat atau bahkan diskriminasi terhadap individu pasien yang menjalani terapi gen.	<ul style="list-style-type: none">● Melibatkan komunitas dalam diskusi tentang manfaat dan risiko terapi gen.● Memberikan ruang bagi suara komunitas dalam pengambilan keputusan terkait penerapan teknologi baru.	<ul style="list-style-type: none">● Memastikan bahwa semua komunitas memiliki kesempatan untuk mendapatkan manfaat dari kemajuan dalam terapi gen.● Mendorong kolaborasi antara berbagai pemangku kepentingan untuk menciptakan kebijakan yang adil dan inklusif.
--	--	---	--

<p>Hewan Uji</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Memastikan kesejahteraan hewan uji selama penelitian, termasuk perlakuan yang sesuai dan lingkungan yang mendukung. • Mempertimbangkan dampak stres dan rasa sakit pada hewan uji akibat prosedur eksperimental. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menghormati kebutuhan dan kesejahteraan hewan uji dengan memberikan perlakuan yang etis selama eksperimen. • Memberikan informasi kepada peneliti tentang pentingnya kesejahteraan hewan uji dalam penelitian biomedis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menjamin perlakuan adil terhadap hewan uji, termasuk akses ke perawatan dan lingkungan yang layak selama penelitian. • Menghindari eksploitasi hewan uji dan memastikan bahwa penelitian dilakukan dengan prinsip 3R (replacement, reduction, refinement).
-------------------------	---	--	---

Terapi Gen Dalam Pertimbangan Etika

Meskipun potensi terapi gen sangat besar, terdapat sejumlah pertimbangan etis yang perlu diperhatikan. Pertama, ada kekhawatiran tentang keamanan jangka panjang dari terapi ini. Modifikasi genetik dapat memiliki efek yang tidak terduga pada individu yang dirawat, termasuk kemungkinan mutasi baru atau efek samping yang serius. Selain itu, ada isu mengenai aksesibilitas dan keadilan dalam distribusi terapi gen; apakah semua pasien memiliki akses yang sama terhadap teknologi ini? Hal ini menjadi semakin penting mengingat biaya yang tinggi untuk melakukan terapi gen.

Kedua, terdapat dilema terkait "Permainan Tuhan" di mana intervensi manusia terhadap genetika dapat memicu debat tentang batasan etis dalam modifikasi manusia. Hal ini menciptakan perdebatan di antara kelompok pro dan kontra mengenai etika dari praktik tersebut. Dalam penelitian Xiang dkk (2015), lebih dari separuh responden (53,76%) memberikan tanggapan netral terhadap pertanyaan tentang pengaruh keyakinan agama mereka terhadap sikap terhadap terapi gen. Sebagian responden (32,26%) menyatakan bahwa kepercayaan agama mereka tidak mempengaruhi pandangan mereka, sementara proporsi terkecil (13,98%) merasa bahwa keyakinan agama berpengaruh. Mahasiswa yang mengaku religius cenderung lebih setuju dengan pernyataan, "Selalu salah untuk mengubah gen seseorang sebelum mereka lahir, bahkan jika tujuannya adalah menyembuhkan penyakit."

Beberapa ahli bioetika berpendapat bahwa modifikasi genetik pada manusia dapat menyebabkan ketidaksetaraan sosial baru atau bahkan menciptakan "manusia super," yang dapat memperlebar kesenjangan antara mereka yang mampu mengakses teknologi

ini dan mereka yang tidak, terutama terkait dengan modifikasi genetik pada embrio manusia. Ada kekhawatiran bahwa teknologi ini bisa dimanfaatkan untuk tujuannon-medis, seperti peningkatan sifat fisik atau kemampuan intelektual, yang pada gilirannya dapat memicu ketidaksetaraan sosial.

Seperti dalam penelitian tentang pandangan dokter dan mahasiswa kedokteran di Indonesia terhadap teknologi penyuntingan genom, para responden juga menyatakan kekhawatiran terkait keamanan dan biaya terapi gen yang telah disetujui. Temuan ini sejalan dengan studi lain di Tiongkok, di mana 16,4% dari 13.201 dokter menyoroti keamanan sebagai perhatian utama (Wang dkk, 2017). Selain itu, sebagai negara dengan populasi Muslim terbesar, sebanyak 15% responden di Indonesia menilai bahwa teknologi ini bertentangan dengan nilai-nilai agama dan kodrat alam. Hasil penelitian lain juga mendukung kesimpulan dari studi di Amerika Serikat dan Kanada dengan 467 responden, yang menemukan bahwa kurang dari 20% responden menganggap terapi gen merupakan konflik dengan alam dan keyakinan agama mereka sebagai kekhawatiran utama (Xiang dkk, 2015).

Terapi Gen Menurut Perspektif Hukum Islam

Mayoritas ulama Muslim dan ilmuwan biomedis memiliki pandangan bahwa studi tentang gen dan genom manusia adalah upaya yang terpuji. Upaya pembelajaran studi tersebut menghasilkan pengetahuan akan sifat-sifat manusia untuk mengenal spesiesnya lebih dalam. Di sisi lain bioteknologi penyuntingan genom dikategorikan sebagai praktik etis. Dalam implementasinya, teknologi *genom editing* memerlukan dua prinsip yang biasanya digunakan untuk memenuhi syarat apakah teknologi ini dapat diimplementasikan ke manusia. Prinsip pertama adalah penggunaannya

harus menghormati martabat manusia. Sehingga setiap penelitian yang dapat membahayakan martabat subjeknya seperti mengekspos subjek pada eksperimen yang berisiko dan tidak aman bahkan melakukan penelitian tanpa persetujuan dianggap tidak etis (Ghaly, 2019).

Prinsip kedua menekankan bahwa seluruh penelitian ilmiah termasuk genomik harus mematuhi hukum agama dan sistem religio-etika Islam secara syariat. Ketika ada upaya sebuah penelitian melanggar nilai-nilai syariat, penelitian tersebut dianggap tidak etis meskipun aman dan tidak melibatkan risiko bagi fisik subjeknya. Salah satu isu berulang yang marak diperbincangkan di kalangan cendekiawan Muslim adalah hal-hal yang melibatkan hubungan kekerabatan akibat adanya perkawinan. Lembaga perkawinan menjadi pihak yang dihormati sebagai satu-satunya perantara yang melaluinya sebuah keluarga dapat dibangun. Oleh sebab itu tidak boleh ada keturunan yang dilahirkan tanpa adanya hubungan perkawinan sah antara calon orang tua kandung (Ghaly, 2019).

Perspektif Islam terkait penyuntingan genom dapat terdapat perbedaan tergantung konteks dan keadaannya. Secara umum penilaian etika didasarkan pada dua aspek yaitu jenis sel yang akan disunting dan tujuan dari penyuntingan tersebut. Perdebatan ilmiah dan etika tentang penyuntingan genom skala global biasanya membuat perbedaan standar antara penyuntingan sel somatik dan sel germinal. Perbedaan ini juga memiliki konsekuensi penting ketika penyuntingan genom ditinjau dari perspektif etika islam. Dalam kasus penyuntingan sel somatik, sel yang disunting hanya akan mempengaruhi individu yang memiliki sel tersebut, dan dengan demikian ruang lingkup kemungkinan manfaat atau bahayanya akan terbatas. Setelah mendapatkan persetujuan pasien, mengevaluasi secara ketat potensi manfaat dan bahayanya, dan memastikan bahwa privasi tidak akan dilanggar, jenis penyuntingan genom ini tidak akan menimbulkan masalah etika yang serius, terutama ketika digunakan untuk tujuan penelitian atau pengobatan (Ghaly, 2019).

Manusia tidak benar-benar memiliki hak kepemilikan terhadap tubuhnya sendiri karena menurut perspektif Islam pemilik sebenarnya adalah Tuhan yang menciptakan tubuh tersebut. Akan tetapi Tuhan mempercayakan manusia dengan tugas untuk merawat tubuh mereka. Dengan demikian manusia tetap dapat membuat keputusan terhadap tubuhnya selama tidak melanggar petunjuk dan syariat yang telah ditetapkan serta tidak mengekspos tubuhnya pada risiko yang tidak diperlukan. Penyuntingan genom garis keturunan menimbulkan beberapa masalah etika di kalangan cendekiawan agama Muslim. Setidaknya untuk saat ini, para cendekiawan ini berpendapat, penyuntingan genom garis keturunan harus dihentikan karena masalah yang terkait dengan keamanan dan khasiat. Tidak seperti penyuntingan sel somatik, penyuntingan sel germinal tidak hanya akan memengaruhi orang yang memiliki sel tersebut, tetapi juga keturunannya. Di mata para ilmuwan ini, cakupan efek yang lebih luas dan sifat jangka panjangnya mengharuskan penerapan prosedur yang lebih hati-hati. Di sisi lain, para ilmuwan tidak menemukan adanya bahaya dalam penggunaan teknologi tersebut untuk tujuan penelitian atau untuk uji coba pada hewan (Ghaly, 2019).

Fiqh Islam mendekati topik terapi gen mempertimbangkan beberapa prinsip utama dan pedoman etika yang berakar pada ajaran Islam. Fiqh Islam secara umum mendukung intervensi medis yang bertujuan untuk melestarikan dan meningkatkan kehidupan, dengan syarat tidak bertentangan dengan nilai-nilai Islam. Terapi gen, yang berpotensi untuk mengobati kelainan genetik, dipandang secara positif dan harus melibatkan prosedur medis yang sejalan dengan standar etika Islam. Hal ini termasuk memastikan bahwa terapi tersebut tidak menimbulkan bahaya, eksploitasi, atau mengubah sifat manusia dengan cara yang tidak dapat diterima dalam Islam. Niat di balik penggunaan terapi gen sangat penting jika tujuannya adalah untuk meringankan penderitaan dan meningkatkan kesehatan, maka terapi ini lebih mungkin diterima, namun, jika untuk peningkatan atau tujuan non-terapeutik dapat menimbulkan masalah etika (Junaidi dkk., 2022). Keputusan mengenai terapi gen harus melibatkan konsultasi dengan para cendekiawan Islam yang berpengetahuan luas untuk memastikan bahwa praktiknya sesuai dengan fiqh Islam (Samori & Badran, 2018).

Ulama Islam memperingatkan bahwa manipulasi genetik yang bertujuan mengubah sifat atau potensi manusia dianggap sebagai tindakan menyerupai peran Tuhan, yang dalam beberapa kasus dianggap haram. Hal ini karena melibatkan intervensi manusia dalam menentukan sifat keturunan yang seharusnya merupakan domain ketetapan ilahi. Islam menekankan pentingnya keragaman dalam ciptaan Tuhan dan mempertahankan integritas manusia sebagaimana diciptakan. Usaha untuk menciptakan standar genetik tertentu melalui eugenika atau manipulasi yang membentuk "manusia sempurna" dikhawatirkan menimbulkan diskriminasi dan ketidaksetaraan sosial. Islam mengimbau agar teknologi genetik, termasuk terapi gen, digunakan secara bertanggung jawab dan sejalan dengan nilai-nilai moral serta kemanusiaan (Amalia dkk., 2024).

KESIMPULAN

Terapi gen merupakan teknik untuk memperbaiki gen-gen yang cacat, namun menimbulkan berbagai pertanyaan etis, khususnya terkait keamanan jangka panjang, aksesibilitas, dan kemungkinan dampak sosial. Perdebatan bioetika berfokus pada isu apakah manusia harus mengubah sel-sel germinal untuk menghindari kelainan genetik pada generasi mendatang, serta kekhawatiran terkait intervensi genetik yang dapat dianggap sebagai "Permainan Tuhan." Perspektif Islam mengungkap bahwa sebagian besar ulama mendukung penelitian yang bertujuan untuk memperbaiki kesehatan manusia, asalkan sesuai dengan syariat dan menghormati martabat manusia. Manipulasi genetik dianggap etis bila tidak bertentangan dengan prinsip keagamaan, namun

modifikasi yang mengubah sifat atau potensi manusia secara mendasar dapat dianggap melanggar kehendak ilahi. Pandangan ini menekankan pentingnya penggunaan teknologi genetik secara bertanggung jawab agar tidak merugikan individu atau masyarakat. Kesimpulannya, terapi gen memiliki potensi besar dalam dunia medis, tetapi implementasinya harus memperhatikan keseimbangan antara inovasi dan pertimbangan moral, terutama dalam aspek keamanan, keadilan, dan etika sesuai nilai-nilai kemanusiaan dan agama.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, A. Z., Hilmi, N., & Mangkurat, L. (2024). Etika Pengobatan / Rekayasa Genetik dalam Islam sebagai Implikasi untuk Terapi Gen dan Teknologi DNA serta Tantangan Kontemporer. Vol 2 (4): 56–64.
- Ghaly, Mohammed. (2019). Islamic Ethical Perspectives on Human Genome Editing. *Issues in Science and Technology* 35, (3): 45–48.
- Harun Rasyid., (2003). Teknologi DNA antara bioetika, kepentingan, dan keselamatan umat manusia. *Jurnal Ilmiah Bestari*, No. 35, hal.158.
- Johnson, R. G. (2017). *Will gene therapy and gene editing change your life?* Retrieved from <http://www.lopc.org/wp-content/uploads/2017/03/Gene-Therapy.pdf>.
- Junaidi, M., Nurhayati, N., & Budiwati, S. (2022). The Use of Stem Cells for Beauty Therapy Islamic Law Perspective. *Budapest International Research and Critics Institute-Journal*, 5, 23624–23631. <https://doi.org/10.33258/birci.v5i3.6377>
- Lestari, D., Sari, E. R., & Arifah, H. (2019). Dynamics of a mathematical model of cancer cells with chemotherapy: *Journal of Physics*. doi:10.1088/1742- 6596/1320/1/01202.
- Malik A., 2005. RNA Therapeutic, Pendekatan Baru Dalam Terapi Gen. *Majalah Ilmu Kefarmasian*, 2(2), hal.51–61.
- Samori, Z., & Badran, I. (2018). Somatic gene therapy: Ethical consideration and Islamic Fiqhi perspective. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(12), 4353–4361. <https://doi.org/10.3923/jeasci.2018.4353.4361>
- Miesfeld, R. L. (2000). *Gene therapy*. Retrieved from <http://cbc.arizona.edu/classes/bioc471/pages/Lecture24.html>
- Tien R. Muhtadi. (2007). “Perkembangan Bioetika Nasional,” *Seminar Etika Penelitian di Bidang Kesehatan Reproduksi*, Surabaya: Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga.
- Wang JH, Wang R, Lee JH, dkk. (2017). Public Attitudes Toward Gene Therapy in China. *Mol. Ther. Methods Clin. Dev.* 6, 40–42.
- Wijaya, C. A., & Muchtaridi, M. (2017). Pengobatan Kanker Melalui Metode Gen Terapi. *Farmaka*, 15(1), 53-68. doi:<https://doi.org/10.24198/jf.v15i1.12285>.
- Xiang L, Xiao L, Gou Z, dkk. (2015). Survey of Attitudes and Ethical Concerns Related to Gene Therapy Among Medical Students and Postgraduates in China. *Hum. Gene Ther.* 26(12), 841–849.
- Yuliana dan Suryani 2012. Terapi Sel Punca pada Infark Miokard Stem Cell Therapy in Myocardial Infarction. *Bioteknologi*, 11(2), hal.176–190.