

FIKIH BIOTEKNOLOGI

Istinbath Hukum Interkonektif antara Qur'an,
Hadis, dan Sains Bioteknologi



Kemajuan bioteknologi telah membawa perubahan besar dalam kehidupan manusia, mulai dari sektor pangan hingga kesehatan. Namun, seiring dengan perkembangan tersebut, muncul berbagai pertanyaan mengenai bagaimana Islam memandang inovasi seperti rekayasa genetika, daging buatan, dan penggunaan enzim hewani dalam vaksin. Buku ini hadir untuk menjawab berbagai persoalan tersebut melalui pendekatan yang menghubungkan Qur'an, hadis, serta fatwa ulama kontemporer.

Buku ini mengulas konsep bioteknologi dari perspektif Islam dengan pembahasan yang mencakup berbagai cabang bioteknologi, seperti Gold, Red, Green, hingga Dark Biotechnology. Selain itu, buku ini juga menjelaskan prinsip-prinsip fikih yang relevan dalam menilai dampak teknologi modern terhadap aspek halal-haram serta nilai-nilai etika dalam Islam.

Dengan analisis mendalam dan bahasa yang mudah dipahami, buku ini memberikan panduan bagi pembaca untuk memahami isu-isu penting seputar bioteknologi dalam bingkai hukum Islam. Berbagai kajian ilmiah dipadukan dengan dalil-dalil syar'i, sehingga menghasilkan perspektif yang seimbang dan komprehensif.

Buku "Fikih Bioteknologi" ini sangat direkomendasikan bagi akademisi, ulama, mahasiswa, serta masyarakat umum yang ingin memahami keterkaitan antara sains dan Islam. Bacaan ini menjadi referensi penting dalam menghadapi tantangan etis dan hukum yang muncul di era modern tanpa meninggalkan nilai-nilai syariat Islam. Selamat Membaca !!!



Diro RT 58 Jl. Amarta, Pendowoharjo
Sewon, Bantul, Yogyakarta 55185
telp/fax. (0274)6466541
Email: ideapres.now@gmail.com



FIKIH BIOTEKNOLOGI

Istinbath Hukum Interkonektif antara Qur'an,
Hadis, dan Sains Bioteknologi

Anif Yuni Muallifah, M.Biotech
Dr. Ali Imron, M.S.I



Editor: Dr. Habib, S.Ag., M.Ag.



FIKIH BIOTEKNOLOGI

Istinbath Hukum Interkonektif antara Qur'an,
Hadis, dan Sains Bioteknologi

Anif Yuni Muallifah, M.Biotech

Dr. Ali Imron, M.S.I

Perpustakaan Nasional RI Data Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Dr. Ali Imron, M.S.I, Anif Yuni Muallifah, dan M.Biotech.

FIKIH BIOTEKNOLOGI Istinbath Hukum Interkonektif antara Qur'an, Hadis, dan Sains Bioteknologi -- Dr. Ali Imron, M.S.I, Anif Yuni Muallifah, dan M.Biotech. - Cet 1- Idea Press Yogyakarta, Yogyakarta 2024-- viii + 102 hlm--14.5 x 20 cm ISBN: 978-623-484-162-6

1. Fiqih

2. Judul

@ Hak cipta Dilindungi oleh undang-undang
Memfotocopy atau memperbanyak dengan cara apapun sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa seizin penerbit, adalah tindakan tidak bermoral dan melawan hukum.

FIKIH BIOTEKNOLOGI
Istinbath Hukum Interkonektif antara Qur'an, Hadis, dan Sains Bioteknologi

Penulis: Dr. Ali Imron, M.S.I,
Anif Yuni Muallifah, M.Biotech
Editor: Dr. Habib, S.Ag., M.Ag.
Setting Layout: Nashir
Desain Cover: Muhyidin
Cetakan Pertama: November 2024
Penerbit: Idea Press Yogyakarta

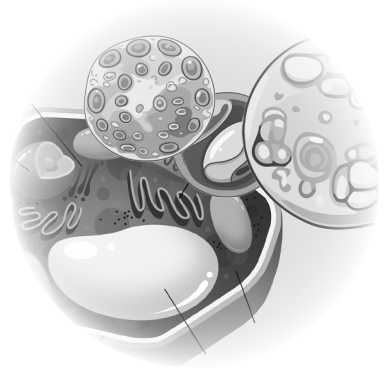
Diterbitkan oleh:
Penerbit IDEA Press Yogyakarta
Jl. Amarta Diro RT 58 Pendowoharjo Sewon Bantul Yogyakarta
Email: ideapres.now@gmail.com/ idea_press@yahoo.com

Anggota IKAPI DIY
No.140/DIY/2021

Copyright ©2024 Penulis
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
All right reserved.

CV. IDEA SEJAHTERA

Kata Pengantar



Alhamdulillah, penelitian yang berjudul *Merumuskan Fiqih Bioteknologi Rahmatan lil Alamin* ini telah selesai. Penelitian ini dibiayai LPPM (Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat) UIN Sunan Kalijaga tahun 2020.

Dalam kesempatan ini, kami mengucapkan terimakasih kepada Prof. Al Makin selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga, Dr. Zainal Arifin selaku Ketua Lembaga Penelitian UIN Sunan Kalijaga atas kepercayaan dan fasilitas pembiayaan penelitian ini, serta Dekan dan Pembantu Dekan Fakultas Ushuluddin dan Pemikiran Islam UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Tak lupa pula kami ucapkan terimakasih kepada seluruh jajaran struktur Fakultas Ushuluddin dan Pemikiran Islam UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, dari Kabag Tata Usaha, para Kasubbag, dan para staf.

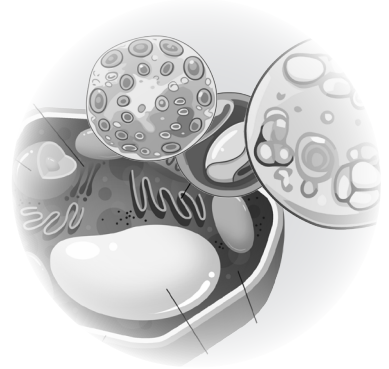
Tak ada gading yang tidak retak. Penelitian ini masih jauh dari sempurna dan banyak kekurangan walaupun para peneliti telah melakukannya dengan usaha maksimal. Oleh

karena itu, kritik dan saran membangun akan kami terima dengan lapang dada demi tercapainya penelitian yang baik.

Yogyakarta, 30 Desember 2024
Ketua Tim Penelitian

Dr. Ali Imron, S.Th.I, M.SI

Daftar Isi



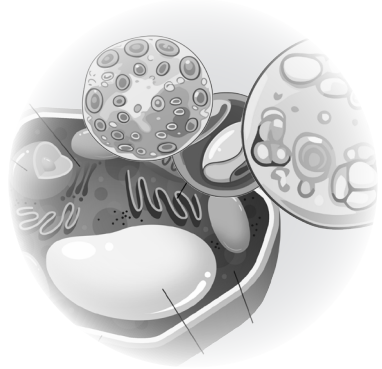
Kata Pengantar.....	iii
Daftar Isi.....	v
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Kajian Pustaka	5
E. Kerangka Teori	6
F. Metode Penelitian	8
G. Sistematika Pembahasan	9
BAB II SEKILAS TENTANG BIOTEKNOLOGI	11
A. Definisi dan Tujuan Ilmu Bioteknologi	11
B. Sejarah Bioteknologi	12
1. Bioteknologi Klasik	12
2. Bioteknologi Modern	13
3. Ereky Káro sebagai Bapak Bioteknologi	14
C. Jenis-jenis atau Cabang-cabang Bioteknologi	18
1. <i>Gold biotechnology</i>	18
2. <i>Red Biotechnology</i>	20

3. <i>White Biotechnology</i>	21
4. <i>Yellow Biotechnology</i>	22
5. <i>Green Biotechnology</i>	24
6. <i>Blue Biotechnology</i>	25
7. <i>Dark Biotechnology</i>	27
8. <i>Violet Biotechnology</i>	28
BAB III EPISTEMOLOGI FIKIH BIOTEKNOLOGI	31
A. Beberapa Pengertaian Penting Seputar Fikih, Syariat Islam, dan Hukum Islam	31
1. Pengertian Fikih	31
2. Pengertian Syariat	34
3. Hukum Islam	37
B. Fikih Bioteknologi: Definisi dan Tempatnya dalam Diskusi Sains dan Keislaman	38
C. Qur'an-Hadis dan Realita Kekinian sebagai Basis Fikih Bioteknologi	39
D. Qur'an-Hadis dan Sumber-sumber lain dalam Fikih Bioteknologi	41
BAB IV BENTUK PENERAPAN FIKIH BIOTEKNOLOGI	53
A. Hukum Rekayasa Genetika Tanaman Pangan atau GMO (<i>Genetically Modified Organism</i>)	54
1. Proses Rekayasa Genetika GMO	54
2. Alasan Penolakan GMO	56
3. Fatwa MUI tentang Hukum GMO	59
B. Hukum Daging Buatan (<i>Artificial Meat</i>)	61
1. Latar Belakang Munculnya Daging Buatan	61
2. Penilaian NU tentang Daging Buatan	62

3. Teknis Prores Produksi Daging Buatan	68
4. Kaidah Kehalalan Daging dalam Qur'an dan Hadith	70
5. Titik Kritis Kehalalan Daging Buatan	73
C. Hukum Keterlibatan Enzim Tripsin Babi dalam Pembuatan Vaksin	78
1. Apa itu Vaksin	79
2. Proses Pembuatan Vaksin	80
3. Peran Enzim Tripsin dalam Proses Produksi Vaksin	81
4. Enzim Tripsin sebagai Titik Kritis Kehalalan Vaksin	82
BAB V PENUTUP	87
A. Kesimpulan	87
B. Saran	88
DAFTAR PUSTAKA	89

BAB 1

Pendahuluan



A. Latar Belakang

Berita besar muncul pada Selasa, 10 September 2019 kemarin. Hari itu, harian Tempo (juga kanal-kanal berita yang lain) mengabarkan tentang keberhasilan ilmuwan China dalam melakukan transplantasi atau pencangkokan kornea babi kepada seorang wanita bernama Huang Yuangzhen. Wanita ini mengalami kecelakaan hingga mata kanannya rusak pada 2010. Setelah menjalani pencangkokan kornea, kini penglihatan Huang nyaris pulih 100 %. Ia bahkan kembali bisa memasukkan benang ke lubang jarum, membaca koran dengan lancer.¹ Kabar ini membawa secercah harapan bagi umat manusia, namun masih menjadi ganjalan bagi umat Islam.

Menurut WHO, kerusakan kornea adalah penyebab kebutaan terbesar kedua setelah katarak di dunia. Kerusakan kornea ini bisa berbentuk: [1] trakoma (yakni infeksi bakteri yang menyebabkan munculnya jaringan parut pada kornea dan vaskularisasi); [2] okular trauma dan ulkus kornea. Kedua jenis

¹ <https://dunia.tempo.co/read/1245707/penerima-transplantasi-kornea-babipertama-di-dunia-dapat-melihat/full&view=ok>, diakses 19 September 2019).

kerusakan ini menyebabkan penambahan sebanyak 1,5-2 juta kasus kebutaan baru setiap tahun. Namun, tak semua pasien kerusakan kornea dapat ditransplantasi.

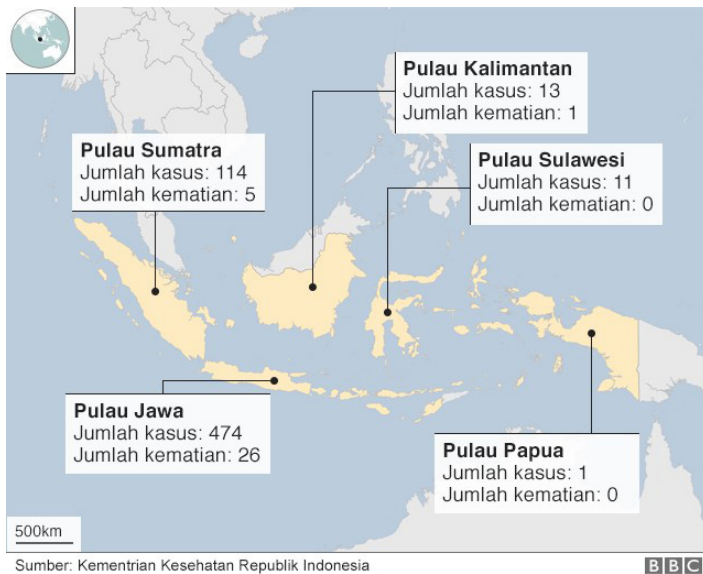
Mereka harus lama mengantri karena jumlah donor yang sangat sedikit. Padahal sebesar 80 persen kerusakan penglihatan dan kebutaan dapat dicegah, termasuk kebutaan akibat kerusakan kornea dengan transplantasi, papar Tjahjono D. Gondhowiardjo, ketua organisasi Bank Mata Indonesia.²

Indonesia sendiri masih mengimpor kornea dari Amerika dan Belanda. Tiap tahun, daftar tunggu operasi transplantasi kornea di Indonesia berjumlah lebih dari 20 ribu orang, sementara yang mau mendonorkan kornea hanya belasan orang. Di tengah langkanya pendonor ini, maka berita tentang keberhasilan transplantasi kornea babi ke manusia tentu menjadi kabar bagus. Masalahnya, bagi masyarakat di negara-negara Muslim seperti Indonesia, babi adalah hewan yang bukan hanya haram, tetapi juga najis.

Dilema seperti ini bukan hanya terjadi dalam kasus tranplantasi kornea seperti di atas, tetapi juga terjadi dalam kasus-kasus lain seperti vaksinasi/imunisasi, rekayasa genetika di bidang makanan, pembuahan buatan (artificial insemination) untuk wanita tanpa rahim, dan lain sebagainya. Ketiadaan rumusan fikih bioteknologi yang komprehensif membuat umat Islam terasa gagap dalam menghadapi pesatnya kemajuan bioteknologi ini.

² <https://tirto.id/menjajaki-kornea-babi-sebagai-solusi-kebutaan-manusia- cLss>, diakses 19 September 2019)

Pada kasus imunisasi/vaksinasi, misalnya. Gencarnya kampanye kelompok antivaksin telah menurunkan jumlah cakupan imunisasi di Indonesia. Di antara isu yang digencarkan kelompok ini adalah bahwa imunisasi mengandung unsur babi, sehingga haram dan haram dilakukan. Bahkan beberapa penceramah agama malah mengeluarkan statemen dan fatwa yang mendukung kampanye kelompok antivaksin. Dampaknya, Indonesia pun dilanda ledakan penyakit menular difteri pada tahun 2017, hingga memakan banyak korban nyawa yang meninggal dunia (perhatikan data gambar di bawah). Padahal wabah seperti ini dapat dicegah dengan imunisasi.



Gambar 1:
Sebaran ledakan penyakit menular difteri di Indonesia tahun 2017
 (Sumber: <https://www.bbc.com/indonesia/majalah-42215042>, diakses 19 September 2019)

Memperhatikan fakta di atas, maka kehadiran sebuah kerangka utuh dan rumusan tentang fikih bioteknologi akan memberikan sumbangsih besar bagi umat Islam Indonesia (bahkan juga dunia pada umumnya) dalam merespon perkembangan zaman. Untuk keperluan tersebutlah penelitian ini penting untuk dilakukan.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah bentuk rumusan kerangka fikih bioteknologi terutama dari segi landasan filosofisnya dalam menjawab problem- problem krusial yang dihadapi masyarakat muslim Indonesia.
2. Bagaimanakah bentuk riil dari penerapan fikih bioteknologi ini dalam kasus- kasus krusial yang menyangkut dunia medis, industri, dan pangan?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk

1. Merumuskan bentuk kerangka fikih bioteknologi terutama dari segi landasan filosofisnya, prinsip-prinsip dasarnya, dan kaidah-kaidah operasional dalam praktiknya, sehingga mampu menjawab problem-problem krusial yang dihadapi masyarakat muslim Indonesia yang terkait dengan bidang bioteknologi.
2. Menjelaskan bentuk riil dari penerapan fikih bioteknologi ini dalam kasuskasus krusial yang dihadapi masyarakat Indonesia (baik di dunia medis, industri, dan pangan).

D. Kajian Pustaka

Tulisan-tulisan yang terkait dengan penelitian ini dapat dikelompoknya menjadi tiga kelompok besar. *Pertama*, tulisan-tulisan yang terkait secara konseptual dengan kerangka ilmu fikih klasik (seperti fikih nikah, fikih zakat, dll.), dan lebih khusus lagi ilmu-ilmu fikih kontemporer (misalnya fikih lingkungan, fikih sosial, dan lain sebagainya). *Kedua*, tulisan-tulisan yang pembahasannya memadukan antara bioteknologi dan agama Islam.

Untuk kategori tulisan kelompok pertama, di antaranya adalah Ahmad

Thohari yang menulis *Epistemologi Fikih Lingkungan: Revitalisasi Konsep Masalahah* (2013), juga Hartini yang menulis *Eksistensi Fikih Lingkungan di Era Globalisasi*, (2013) dan juga A. Qadir Gassing yang menulis *Fiqih Lingkungan: Telaah Kritis tentang penerapan Hukum Taklifi dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup* (2013).

Selain itu, ada pula Zubaedi yang menulis *Membangun Fikih Yang Berorientasi Sosial: Dialektika Fikih dengan Realitas Empirik Masyarakat* (2006), dan juga Majelis Tarjih dan Tajdid Muhammadiyah yang menulis *Fikih Air* (2018). Judul yang disebut terakhir ini adalah hasil Musyawarah Nasional Tarjih Ke-28 di Palembang pada awal tahun 2014, yang kemudian di-*tandfidz* (ditetapkan) oleh Pimpinan Pusat Muhammadiyah. Belakangan, Muhammadiyah juga dikabarkan akan segera menerbitkan buku *Fikih Difabel*. tulisan yang termasuk kategori kelompok ketiga, contohnya adalah Risky Mayza Kaningtiyas dkk. yang menulis *Tinjauan Fiqh Muamalah*

Terhadap Jual Beli Inseminasi Buatan Sapi Di Balai Inseminasi Buatan (BIB) Lembang Kabupaten Bandung Barat (Prosiding Hukum Ekonomi Syariah, Vol. 4, No. 2, Tahun 2018, hlm. 661--668). Juga ada La Jamaa yang menulis Kloning Manusia Perspektif Hukum Islam Di Indonesia dalam *Salam; Jurnal Sosial & Budaya Syar'i* (Vol. 3 No. 1, 2016, pp.57-74). Ada juga Muhammad Fahmi yang menulis Rekayasa Genetika Dalam Pandangan Islam: Tinjauan Atas Teknologi Kloning dalam Jurnal al-Adâlah, Volume 14 Nomor 1, Juni 2011, hlm. 121-34.

Tulisan-tulisan di atas, baik kategori kelompok pertama maupun kedua, meski sudah menyinggung tentang fikih dan bioteknologi, tetapi kebanyakan bentuknya masih berupa kepingan-kepingan puzzle yang belum disusun menjadi kerangka utuh. Belum terlihat penjelasan yang komprehensif mengenai dasar filosofis, nilai-nilai dasar, dan kaidah-kaidah fikih bioteknologi di sana. Penelitian ini akan mengambil posisi sebagai perangkum dan penyusun kepingan-kepingan tersebut menjadi sebuah kerangka rumusah fikih bioteknologi yang utuh tadi.

E. Kerangka Teori

Penelitian ini akan memakai beberapa teori sekaligus, yakni [1] teori filsafat ilmu, [2] teori ilmu fikih, [3] teori ilmu bioteknologi, [4] teori integrasiinterkoneksi.

Pertama, teori filsafat ilmu. Filsafat Ilmu merupakan cabang filsafat yang membahas berbagai hal yang berkenaan ilmu pengetahuan. Filsafat Ilmu ini berusaha menempatkan ilmu pengetahuan sebagai obyek kajiannya secara rasional (kritis, logis, dan sistematis), menyeluruh dan mendasar.

Secara garis besar, filsafat ilmu membagi kontruksi sebuah ilmu pengetahuan kedalam tiga bagian utama, yakni ontologi, epistemologi, dan aksiologi (Wahana, 2016: 3). Ontologi membahas tentang hakikat ilmu, epistemologi membahas tentang sumber dan metode ilmu pengetahuan, dan aksiologi membahas tentang nilai-nilai yang ada dalam ilmu pengetahuan, baik nilai etis maupun estetis. Di sini epistemologi Islam Abid al-Jabiri yang membagi epistologi ilmu-ilmu keislaman menjadi tiga: bayani, burhani, dan irfani akan dipakai dalam merumuskan kerangka fikih bioteknologi. *Bayani* adalah sistem epistemologi yang mendasarkan diri pada teks atau dalil, dan `irfani mendasarkan diri pada intuisi pengalaman spiritual, sedangkan burhani menyandarkan diri pada kekuatan akal melalui dalil-dalil logika. Prinsip-prinsip inilah yang menjadi acuan sehingga dalil-dalil agama hanya dapat diterima sepanjang sesuai dengan prinsip ini (Lathief, 2014).

Kedua, teori ilmu fikih. fikih adalah ilmu yang membahas tentang berbagai aturan hukum baik dalam hubungan manusia dengan Allah (ibadah ritual) maupun hubungan dengan sesama manusia (mu'amalah). Hukum fikih secara garis besar dibagi menjadi lima: Wajib, sunnah, mubah, makruh, dan haram. M. Muntahhari menjelaskan bahwa sejatinya azas-azas fikih merupakan hasil kerja ilmu pengetahuan yang melibatkan proses-proses penelitian yang akurat atas berbagai dalil (teks al-Qur'an-hadis) dan kondisi obyektif obyek hukum. Selama dalam proses menghasilkan pemahaman fikih tersebut, seharusnya seseorang tetap berpegang dengan azas-azas logika (Zulfata, 2016: 134).¹

Ketiga, teori ilmu bioteknologi. Bioteknologi adalah ilmu tentang penerapan prinsip-prinsip biologi untuk kepentingan kesejahteraan dan kebaikan umat manusia. Bioteknologi memadukan ilmu pengetahuan alam dan ilmu rekayasa, yang berupa organisme hidup, sel, bagian dari organisme hidup, dan/atau analog molekuler untuk menghasilkan barang dan jasa. Adapun 4 prinsip dasar dalam bioteknologi, yaitu: Penggunaan agen biologi, menggunakan metode tertentu, produk, dan keterlibatan banyak disiplin ilmu. Secara garis besar, bioteknologi dipetakan menjadi empat jenis bidang, yakni bioteknologi medis, bioteknologi pangan, bioteknologi industri, bioteknologi lingkungan, dan bioteknologi militer (senjata biologi).

Keempat, teori interkoneksi. Teori yang dicetuskan Amin Abdullah ini didasarkan pada prinsip dasar bahwa untuk menjawab sebuah masalah, maka tidak cukup hanya mengandalkan satu bidang keilmuan. Tetapi harus melibatkan berbagai keilmuan yang lain. Dalam konteks studi Islam, maka al-Qur'an dan hadis menjadi pusat perhatian yang kemudian dikelilingi berbagai ilmu lain yang satu sama lain saling terhubung sehingga membentuk jaring labalaba.

Keempat teori di atas akan dikerahkan dalam penelitian ini untuk merumuskan kerangka Fikih Bioteknologi secara komprehensif.

F. Metode Penelitian

Metode yang akan dipakai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut. Data akan dikumpulkan dari sumber-sumber kepustakaan/dokumen, wawancara ahli, maupun FGD. Data

primer akan diambil dari alQur'an dan kitab-kitab tafsir, kitab-kitab hadis beserta kitab-kitab syarahnya, dan juga kitab-kitab fikih yang ada. Sedangkan data skunder akan diambil dari buku-buku fikih maupun bioteknologi, artikel-artikel di jurnal ilmiah dalam maupun luar negeri, prosedingproseding seminar, dan artikel-artikel lain yang terkait penelitian ini.

Data yang terkumpul kemudian dilakukan validasi dengan cara triangulasi, lalu diolah secara kualitatif, kemudian dianalisa secara filosofiskritis dengan penyimpulan-penyimpulan melalui prinsip-prinsip deduktif dan induktif. Hasil penelitiannya akan disajikan dalam bentuk deskriptif-analitis kritis sesuai standar jurnal-jurnal ilmiah yang ada di Indonesia.

G. Sistematika Pembahasan

Hasil penelitian ini akan disusun dalam sistematika sebagai berikut. Bab I adalah pendahuluan yang berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, tinjauan pustaka, kerangka teori, metode penelitian, dan sistematika pembahasan.

Bab II akan membahas tentang rumusan kerangka fikih bioteknologi baik dari segi landasan filosofisnya, prinsip-prinsip dasarnya, dalil-dalilnya, dan kaidah-kaidah operasional dalam praktik dan pemanfaatannya dalam menjawab problem-problem krusial yang dihadapi masyarakat muslim Indonesia.

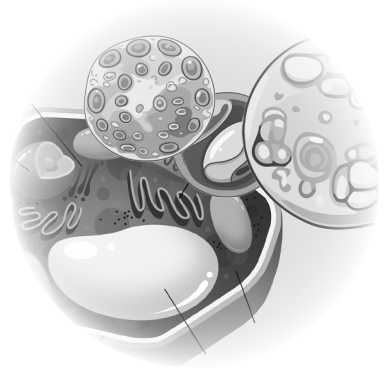
Bab III akan membahas tentang bentuk riil dari penerapan fikih bioteknologi ini dalam kasus-kasus krusial yang dihadapi masyarakat Indonesia (baik di dunia medis, seperti vaksinasi,

transplantasi kornea babi, dll) industry (penggunaan gelatin babi, enzim tripsin, dll), dan pangan (seperti rekayasa genetika tanaman, dan lain-lain).

Bab IV adalah Penutup yang berisi kesimpulan dan saran.

BAB 2

Sekilas Tentang Bioteknologi



A. Definisi dan Tujuan Ilmu Bioteknologi

Bioteknologi berasal dari kata “*Bio*” yang artinya hidup dan “*Teknologi*” yang artinya suatu cara atau alat untuk memudahkan manusia dalam memecahkan masalah atau membuat produk yang berguna. Bioteknologi dapat didefinisikan sebagai penggunaan organisme atau bagian dari organisme untuk membuat suatu produk atau jasa sehingga dapat mensejahterakan manusia.

Pramashinta dkk (2014) mengutip FAO, mendefinisikan bioteknologi sebagai semua aplikasi teknologi yang menggunakan sistem biologi, organisme hidup untuk membuat atau memodifikasi produk atau proses untuk kegunaan khusus.¹

Sementara kamus online Britanica.com mendefinisikan bioteknologi dengan denifisi sebagai berikut: “*Biotechnology, the use of biology to solve problems and make useful products. The most prominent area of biotechnology is the production of therapeutic proteins and other drugs through genetic engineering*”

¹ Alice Pramashinta dkk, “Bioteknologi Pangan: Sejarah, Manfaat dan Potensi Risiko” dalam Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan 3 (1) 2014

(Bioteknologi, penggunaan biologi untuk memecahkan masalah dan membuat produk yang berguna. Bidang bioteknologi yang paling menonjol adalah produksi protein terapeutik dan obat-obatan lain melalui rekayasa genetika).²

Tujuan utama pengembangan bioteknologi adalah meningkatkan Kesehatan, keselamatan, dan kesejahteraan manusia. Bioteknologi menggunakan sel makhluk hidup maupun materi-materi seluler makhluk hidup untuk membuat bahan-bahan Farmasi untuk pengobatan, mendiagnosa penyakit, kebutuhan agrikultur atau pangan manusia, Kesehatan lingkungan hidup, dan produk-produk lain yang membawa manfaat bagi umat manusia. Bioteknologi juga digunakan untuk mempelajari dan memberi informasi genetik tentang hewan kepada manusia untuk mencari obat atas penyakit-penyakit tertentu yang dialami manusia yang bisa dilakukan pemodelan sebelumnya melalui binatang atau hewan percobaan.

B. Sejarah Bioteknologi

1. Bioteknologi Klasik

Sejarah bioteknologi sudah di mulai semenjak munculnya peradaban umat manusia. Masyarakat Mesir kuno sudah biasa membuat ragi untuk memproduksi roti. Sementara orang Cina zaman dahulu kala sudah menggunakan teknik fermentasi untuk membuat minuman maupun keju. Di belahan dunia yang lain, suku Aztec sudah menggunakan Alga spiriluna untuk membuat cake atau roti. Masyarakat Arab sebelum Islam

² <https://www.britannica.com/technology/biotechnology>, 15 September 2022

juga sudah menggunakan ragi untuk memproduksi khamr atau minuman yang belakangan diharamkan Islam maupun untuk membuat cuka makanan dalam sebuah hadits disebutkan bahwa Nabi Muhammad pernah menyatakan bahwa lauk yang baik itu ada pada cuka.

Dengan demikian bioteknologi sudah diterapkan oleh masyarakat Arab pada saat itu titik untuk konteks Indonesia bioteknologi juga sudah dipakai masyarakat untuk keperluan pembuatan makanan. Contohnya adalah pembuatan tape (baik tape singkong maupun tape ketan) oleh masyarakat Jawa atau peyem oleh masyarakat Sunda demikian pula minuman tuak yang sudah ada sejak zaman kerajaan-kerajaan di Jawa, Bali, Kalimantan, maupun Sumatra. Itulah bioteknologi yang digunakan oleh masyarakat dunia pada saat itu.

Secara teori, masyarakat saat itu itu belum mengenal berbagai makhluk mikroorganisme yang menjadi aktor utama dalam proses bioteknologi yang mereka lakukan, namun secara praktikal mereka sudah terbiasa menggunakannya inilah yang kemudian kita sebut dengan bioteknologi klasik yang belakangan kemudian berkembang menjadi bioteknologi modern.

2. Bioteknologi Modern

Bioteknologi mulai berkembang pesat pada tahun 1857, setelah Louis Pasteur menemukan fermentasi yang oleh pada 1920 proses fermentasi mikroorganisme sudah banyak dibuat untuk membuat larutan kimia seperti alkohol. Pada era itulah manusia mengetahui bahwa ada makhluk-makhluk kecil yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang yang memiliki

peran penting dalam proses pembuatan alcohol, cuka, dan lain sebagainya.

Louis Pasteur bahkan menemukan teknik bagaimana cara membunuh makhluk-makhluk kecil tak kasat mata tersebut dengan metode pemanasan selama beberapa waktu tertentu dengan prosedur dan perlakuan-perlakuan tertentu. Teknik ini kemudian kelak kita kenal dengan nama *Pasteurisasi*.

Era Louis Pasteur inilah yang kemudian menjadi penanda masuknya era baru, yakni era bioteknologi modern.

Sepeninggal Louis Pasteur, ilmu bioteknologi terus berkembang seiring perkembangan zaman dan ilmu pengetahuan. Bioteknologi kini bukan sekedar makhluk kecil tak kasat mata, tetapi juga melibatkan biologi molekuler dan rekayasa genetika. Bioteknologi modern ini tidak terlepas dari penemuan enzim-enzim yang membantu dalam proses rekayasa genetika. Melalui teknik rekayasa genetika, para ahli dapat menyusun pola gen atau DNA sedemikian rupa sehingga menghasilkan organisme yang sifat-sifatnya sesuai dengan yang diharapkan, misalnya melalui rekayasa genetika dapat dihasilkan ikan yang memiliki ukuran lebih besar dari ukuran normal.

3. Ereky Káro sebagai Bapak Bioteknologi

Meski secara praktikal bioteknologi sudah dipraktikkan oleh masyarakat kuno sejak dulu kala dan Louis Pasteur menjadi tokoh penting dalam perkembangan bioteknologi modern, namun istilah bioteknologi sendiri baru muncul pada tahun 1919 oleh seorang ilmuwan Hungaria bernama Karoly Ereky (1878-1952 M) seorang insinyur pertanian

Dalam tulisannya yang berjudul *Biotechnologie der Fleisch-, Fett, und Milcherzeugung daging buatanlandwirtschaftlichen Grossbetriebe* (Bioteknologi Daging, Lemak dan Produksi Susu di Pertanian Skala Besar).³

Ereký Károly, kita lahir pada 18 Oktober 1878 di kota Hongaria, dengan nama kecil Wittmann Károly. Pada tahun 1893 ia merubah namanya menjadi Ereký Károly. Ereký menyelesaikan sekolah Dasar di Sümeg dan Székesfehérvár, kemudian, belajar di Universitas Teknik Budapest dan mengambil gelarnya insinyur teknik pada tahun 1900. Ia bekerja sampai tahun 1905 sebagai karyawan perusahaan yang berbeda, merancang mesin untuk industri kertas dan makanan di Wina, Austria. Dia kemudian pindah kembali ke Budapest, menjadi asisten profesor di József Technical University.

Karya klasiknya, “*Biotechnologie*” yang muncul di Berlin pada tahun 1919, mendefinisikan munculnya disiplin ilmu baru. Buku ini mencapai sukses besar di Jerman dengan beberapa ribu eksemplar terjual hanya dalam beberapa minggu dan dibahas oleh beberapa ilmuwan terkemuka Die Naturwissenschaften, majalah umum Jerman, Hugo Pringsheim, ahli mikrobiologi yang luar biasa memuji upaya Ereký untuk meletakkan dasardasar bioteknologi. Di Hungaria, politik dan ekonomi situasinya bahkan lebih bergejolak daripada di Jerman. Itu situasi revolusioner tidak kondusif.

Meskipun demikian pada bulan Oktober 1919 ketika Ereký sempat menjadi menteri gizi, terbitlah sebuah ulasan

³ Fári, M.G. & Kralovánszky, U. P., “The founding father of biotechnology: Károly (Karl) Ereký” dalam *International Journal of Horticultural Science* 2006, 12 (1): 9–12

melalui majalah pertanian berkala terkemuka di negara itu “Köztelek”, oleh direktur The Experimental Station of Animal Physiology and Feeding, István Weiser.

Pada tahun 1920/21 *Bioteknologi* mendapat pengakuan lebih lanjut di Belanda dan Inggris. Seorang editor Belanda meminta izin Ereky untuk menerbitkan karyanya dalam bahasa Belanda. Pada Maret 1921, Experimental Department of the Agricultural dari University of Cambridge, Inggris, memberikan penghargaan yang tinggi kepada Ereky. Hampir tiga dekade kemudian, pada tahun 1947, buku *Biotechnologie* disebut-sebut sebagai karya ilmiah tertinggi Ereky prestasi (Fehér, 1947).

Pada tahun 1922 Ereky menerbitkan karya kedua, tentang bagaimana mekanisme klorofil bekerja. dia berharap bisa membuka era baru hewan dalam studi makanan makan. Tiga tahun kemudian, dia menruskan pengembangan ini dengan menulis buku tentang pemanfaatan protein daun sebagai sumber pangan potensial. Ia tidak akan menjadi ahli teori belaka dan bahkan meluncurkan produk komersial. Pada 1930-an ia akan mempromosikan penggunaan daun sebagai sumber serat baru.

Setelah berakhirnya Perang Dunia II, informasi tentang kehidupan Ereky menjadi teka-teki. Namun pada 19 September 1946 Károly Ereky dihukum 12 tahun penjara oleh Pengadilan setelah dinyatakan bersalah karena ide-idenya yang menentang revolusi dalam kehidupan publik selama dan setelah jatuhnya Dewan Komunis Uni Soviet di Hongaria. Tak hanya itu, di sana juga jngatannya dilenyapkan. Károly Ereky menghabiskan

delapan tahun terakhir kehidupannya di penjara Vác dimana meninggal pada usia 74 tahun, pada tanggal 17 Juni 1952.

Ereky sendiri telah meletakkan dasar-dasar penting dalam ilmu bioteknologi. Ia telah mengembangkan karya-karya yang berisi teori-teori yang merupakan pengembangan dari para ilmuwan lain dari berbagai bidang keilmuan sebelumnya, seperti manajemen, filsafat, ekonomi, biologi, dan kimia. Pada masanya, ia telah mengantisipasi kemungkinan riset di tingkat molekuler, kajian yang intens terhadap Asam Nukleat (DNA) semua organisme hidup. Ia mengatakan, “Kita melihat bahwa semua makhluk hidup, baik dunia hewan maupun tumbuhan, mengandung Asam Amino yang sama. DNA itu seumur hidup ada di tubuh manusia, sekaligus memberikan substansi kehidupan.”

Ereky juga memiliki gagasan besar untuk menanggulangi kelaparan yang mengancam umat manusia. Ia berobsesi membangun suatu pabrik pangan yang besar, dipimpin oleh orang yang memiliki keahlian mutakhir, dan digerakkan oleh mesin-mesin yang modern. Ereky yakin bahwa kesejahteraan ekonomi manusia bisa dicapai dengan penerapan ilmu alam, teknologi, dan ilmu ekonomi.

Dia berusaha untuk mengeksplorasi cara bagaimana surplus pangan dapat dibuat di Hongaria dan juga di seluruh dunia, dan kelaparan dapat dihapuskan. Ia memiliki gagasan bahwa masyarakat maju tidak dapat disuplai dengan makanan melalui sistem dan alat-alat petani yang sudah usang. Sebagai gantinya ilmu pengetahuan alam dan teknologi harus dengan diterapkan pada pabrik pertanian modern. Karena gagasan-

gagasan inilah Eereky datang dengan membawa ide tentang prinsip-prinsip bioteknologi di bidang pangan.⁴

C. Jenis-jenis atau Cabang-cabang Bioteknologi

Para ahli sejauh ini telah membedakan dan mengelompokkan sains bioteknologi berdasarkan obyek dan penggunaan sains bioteknologi itu sendiri menjadi beberapa jenis. Ada yang membaginya menjadi empat jenis atau cabang, ada yang membaginya menjadi lima cabang, dan yang membaginya menjadi enam cabang, dan ada pula yang membaginya menjadi tujuh cabang. Secara garis besar, pengelompokan-pengelompokan ini sebenarnya sama, hanya ada terdapat perbedaan-perbedaan kecil di sana. Di sini penulis mengambil pendapat yang membagi cabang bioteknologi menjadi tujuh cabang sebagaimana dilakukan oleh <https://www.conserve-energyfuture.com/>. Namun yang menarik, para ilmuwan bioteknologi menggunakan warna-warna tertentu untuk jenis-jenis bioteknologi ini. Berikut ini adalah cabang-cabang bioteknologi berikut lambang-lambang warnanya.⁵

1. Gold biotechnology (Bioteknologi Emas)

Bioteknologi emas, atau yang dikenal juga sebagai bioinformatika, merupakan suatu bidang yang mengintegrasikan konsep-konsep biologi dengan teknik komputasi untuk menyelesaikan berbagai masalah kehidupan.

⁴ Fári, M.G. & Kralovánszky, U. P., “The founding father of biotechnology: Károly (Karl) Ereky” dalam *International Journal of Horticultural Science* 2006, 12 (1): 9–12

⁵ <https://www.conserve-energy-future.com/biotechnology-types-examplesapplications.php>, diakses 25 Oktober 2022

Dalam konteks ini, bioinformatika memungkinkan pengorganisasian, pemodelan, dan analisis data biologis secara efisien. Salah satu contoh penerapan bioinformatika adalah penggunaan perangkat lunak untuk menganalisis data DNA, yang memanfaatkan algoritma dan metode statistik untuk menginterpretasikan hasil dari eksperimen biologi molekuler (Gómez-Vela and García-Torres 2020, 1230).⁶

Lebih jauh lagi, database seperti GOLD (Genome OnLine Database) menyediakan informasi terkini mengenai proyek pengurutan genom yang relevan dengan bioteknologi, termasuk produksi biofuel dan penelitian terkait lainnya (Pizarro-Tobías, Genève, and Fernández 2008, 273-274).⁷ Dengan memanfaatkan data dari database ini, peneliti dapat melakukan analisis yang lebih mendalam mengenai variasi genetik dan respons obat, yang sangat penting dalam pengembangan terapi yang lebih efektif dan personalisasi pengobatan (Agioutantis, Loutrari, and Kolisis 2020, 623).

Secara keseluruhan, integrasi teknik komputasi dalam bioteknologi, terutama dalam analisis data biologis, membuka jalan bagi inovasi yang lebih besar dalam penelitian dan aplikasi medis. Hal ini mencakup penggunaan metode analisis data yang canggih untuk memahami kompleksitas biologis dan meningkatkan hasil penelitian (Juan and Huang 2023; Singh et al. 2013).

⁶ Gómez-Vela F. and García-Torres M.. Computational methods for the analysis of genomic data and biological processes. *Genes* 2020;11(10):1230. <https://doi.org/10.3390/genes11101230>

⁷ Pizarro-Tobías P., Genève J., & Fernández M. Mining gold and new model organisms in biotechnology. *Microbial Biotechnology* 2008;1(4):273-274. <https://doi.org/10.1111/j.1751-7915.2008.00039.x>

2. Red Biotechnology

Bioteknologi merah, atau biopharma, merupakan cabang bioteknologi yang berfokus pada aplikasi medis, pengembangan obat-obatan, dan produk veteriner. Dalam konteks ini, bioteknologi merah berperan penting dalam pengembangan vaksin, terapi regeneratif, produksi antibiotik, teknik diagnostik molekuler, serta rekayasa genetika untuk penyembuhan penyakit melalui manipulasi genetik (Kiss 2024). Dengan kemajuan teknologi, bioteknologi merah telah menjadi salah satu sektor paling inovatif, seperti yang terlihat dalam upaya pengembangan vaksin untuk pandemi COVID-19 dan pengembangan obat anti-kanker yang dinamis (Kiss 2024).

Salah satu contoh penerapan bioteknologi merah adalah dalam pengembangan vaksin. Vaksin yang dihasilkan melalui teknik bioteknologi dapat meningkatkan efektivitas dan keamanan dibandingkan dengan metode tradisional. Misalnya, teknik rekayasa genetika memungkinkan produksi vaksin yang lebih cepat dan efisien, serta dapat disesuaikan dengan berbagai patogen (Kiss 2024). Selain itu, bioteknologi merah juga berkontribusi dalam pengembangan terapi regeneratif yang memanfaatkan sel-sel punca untuk memperbaiki jaringan yang rusak (Kiss 2024).

Penggunaan antibiotik yang dihasilkan melalui bioteknologi juga menunjukkan potensi besar dalam mengatasi masalah resistensi antibiotik yang semakin meningkat. Dengan teknik rekayasa genetika, peneliti dapat mengembangkan antibiotik baru yang lebih efektif dan memiliki spektrum aksi yang lebih luas (Kiss 2024). Selain itu, teknik diagnostik

molekuler yang dikembangkan dalam bioteknologi merah memungkinkan deteksi dini penyakit, yang sangat penting untuk pengobatan yang tepat waktu dan efektif (Kiss 2024).

Secara keseluruhan, bioteknologi merah tidak hanya berkontribusi pada pengembangan produk medis, tetapi juga membuka jalan bagi inovasi dalam pengobatan dan perawatan kesehatan. Dengan terus berkembangnya penelitian dan teknologi dalam bidang ini, diharapkan akan ada lebih banyak terobosan yang dapat meningkatkan kualitas hidup manusia (Kiss 2024).

3. White Biotechnology

Bioteknologi putih, atau white biotechnology, adalah cabang bioteknologi yang berfokus pada aplikasi industri, dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan dalam proses produksi. Bioteknologi putih memanfaatkan mikroorganisme, enzim, dan proses biokimia untuk menghasilkan produk yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan dibandingkan dengan metode konvensional. Beberapa contoh penerapan bioteknologi putih mencakup produksi tekstil berkualitas tinggi melalui penggunaan enzim, serta pembangunan pembangkit listrik bertenaga sampah yang memanfaatkan mikroorganisme untuk menghasilkan gas metana Kordi et al.

Salah satu contoh penerapan bioteknologi putih dalam industri tekstil adalah penggunaan enzim dalam proses pemrosesan serat. Enzim seperti selulase dan amilase digunakan untuk meningkatkan kualitas serat, mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya, dan mengurangi limbah

yang dihasilkan selama proses produksi. Penggunaan enzim ini tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi, tetapi juga menghasilkan produk akhir yang lebih ramah lingkungan (Mukherjee and Koller 2022, 49-60).

Di sisi lain, pembangunan pembangkit listrik bertenaga sampah merupakan contoh lain dari bioteknologi putih yang memanfaatkan mikroorganisme untuk menghasilkan energi. Dalam proses ini, mikroorganisme tertentu digunakan untuk mendegradasi limbah organik, menghasilkan gas metana sebagai produk sampingan. Gas metana ini kemudian digunakan sebagai bahan bakar untuk menggerakkan turbin listrik, sehingga menghasilkan energi yang dapat digunakan secara berkelanjutan. Pendekatan ini tidak hanya membantu mengurangi limbah, tetapi juga menyediakan sumber energi alternatif yang lebih bersih (Farid, Silong, Ismail, and Sarkar 2012).

Secara keseluruhan, bioteknologi putih menawarkan solusi inovatif untuk tantangan industri modern, dengan fokus pada keberlanjutan dan efisiensi. Dengan terus berkembangnya penelitian dan teknologi dalam bidang ini, diharapkan akan ada lebih banyak aplikasi yang dapat meningkatkan proses produksi dan mengurangi dampak lingkungan (Kim and Punnapayak 2017).

4. Yellow Biotechnology

Bioteknologi kuning, atau yellow biotechnology, adalah cabang bioteknologi yang dikembangkan untuk kepentingan teknologi pangan, misalnya penggunaan mikroba tertentu dalam pembuatan anggur, keju, dan bir melalui proses

fermentasi. Selain itu, bioteknologi kuning juga mencakup pengembangan protein tertentu untuk pengemulsi lemak dan produk organik yang dapat memperpanjang umur simpan makanan (Arini 2017, 1-11).

Salah satu contoh penerapan bioteknologi kuning adalah penggunaan mikroba dalam fermentasi untuk menghasilkan produk makanan seperti anggur dan keju. Proses fermentasi ini melibatkan bakteri dan ragi yang berperan penting dalam mengubah bahan mentah menjadi produk akhir yang lebih kompleks dan bernutrisi (Arini 2017, 1-11). Selain itu, produk-produk yang dihasilkan melalui bioteknologi kuning sering kali memiliki sifat fungsional yang dapat meningkatkan kesehatan, seperti meningkatkan daya tahan tubuh melalui asupan vitamin dan mineral yang seimbang (Ernawati 2014).

Pengembangan produk organik yang dapat memperpanjang umur simpan makanan juga merupakan aspek penting dari bioteknologi kuning. Misalnya, penggunaan pengemulsi yang dihasilkan dari protein tertentu dapat membantu menjaga kualitas dan kesegaran makanan, sehingga mengurangi limbah makanan (Arini 2017, 1-11). Selain itu, penelitian menunjukkan bahwa beberapa produk organik dapat meningkatkan penyerapan nutrisi oleh tubuh, yang sangat penting untuk kesehatan secara keseluruhan (Rahardiantini 2022, 149-153).

Secara keseluruhan, bioteknologi kuning memainkan peran penting dalam pengembangan teknologi pangan yang lebih efisien dan berkelanjutan. Dengan memanfaatkan mikroorganisme dan proses biokimia, bioteknologi kuning

tidak hanya meningkatkan kualitas produk pangan, tetapi juga berkontribusi pada kesehatan masyarakat dengan menyediakan makanan yang lebih bergizi dan aman (Asiah, Yogisutanti, and Purnawan 2020, 6-11).

5. Green Biotechnology

Bioteknologi hijau, atau green biotechnology, adalah cabang bioteknologi yang menekankan pada masalah pertanian, termasuk penciptaan varietas tanaman baru untuk kepentingan pertanian melalui perlakuan pemaparan sinar gamma, pembuatan biopestisida berbasis mikroba, dan penggunaan pupuk hayati. Bidang bioteknologi hijau menjadi pembicaraan hangat terkait isu tanaman transgenik (modifikasi genetik), di mana gen tambahan dapat dimasukkan ke dalam DNA tanaman, baik dari spesies yang sama maupun spesies yang berbeda (Hidayat, Sapalina, Pane, and Handayani 2022, 198-203).

Salah satu contoh penerapan bioteknologi hijau adalah penggunaan pupuk hayati yang dapat meningkatkan kesuburan tanah dan hasil pertanian. Penelitian menunjukkan bahwa pupuk hayati yang mengandung mikroorganisme tertentu dapat memperbaiki pertumbuhan tanaman dan meningkatkan hasil panen, seperti yang terlihat dalam studi tentang pengaruh pupuk hayati terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah (Setiawati et al. 2023, 255; Suwandi, Sopha, and Yufdy 2016, 208). Selain itu, penggunaan biopestisida berbasis mikroba juga telah terbukti efektif dalam mengendalikan hama dan penyakit tanaman, sehingga mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia yang berbahaya bagi lingkungan

(Pakpahan 2020, 1-8; Sondang, Siregar, and Anty 2019, 202-209).

Pengembangan varietas tanaman baru melalui teknik pemuliaan yang melibatkan sinar gamma juga merupakan aspek penting dari bioteknologi hijau. Perlakuan ini dapat menghasilkan mutasi yang menguntungkan, yang dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap hama, penyakit, dan kondisi lingkungan yang ekstrem (Aldiansyah 2024, 38-44; “Pengaruh Media Tanam dan Pupuk Hayati terhadap Pertumbuhan dan Produksi Rimpang Jahe Merah (*Zingiber officinale* Rosc. Var. *Rubrum*)” 2022, 8-13). Dengan demikian, bioteknologi hijau tidak hanya berkontribusi pada peningkatan produktivitas pertanian, tetapi juga mendukung keberlanjutan dan keamanan pangan global (Wilujeng, Ismiani, and Adnan 2022, 102).

Secara keseluruhan, bioteknologi hijau menawarkan solusi inovatif untuk tantangan yang dihadapi dalam sektor pertanian modern, dengan fokus pada peningkatan efisiensi dan keberlanjutan. Dengan terus berkembangnya penelitian dan aplikasi dalam bidang ini, diharapkan akan ada lebih banyak varietas tanaman dan teknologi yang dapat meningkatkan hasil pertanian dan menjaga keseimbangan ekosistem (Sukmasari, Wijaya, Umyati, and Harti 2022, 581-586; Setiawati et al. 2022, 299-310).

6. Blue Biotechnology

Bioteknologi biru, atau blue biotechnology, adalah cabang bioteknologi yang secara khusus mengkaji dan mengembangkan temuan-temuan yang berasal dari penggunaan sumber daya

laut untuk menciptakan produk berdaya guna tinggi, serta menerapkannya di berbagai sektor untuk mendapatkan keuntungan. Contohnya termasuk penemuan jenis rumput laut tertentu yang kaya nutrisi, seperti spirulina, ganggang laut, atau bahkan spesies ikan laut tertentu yang dapat diadaptasikan dan dibudidayakan di perairan darat Wang and ZhangPapalia, Sidari, and Panuccio 2019, 2810).

Salah satu contoh penggunaan bioteknologi biru adalah pemanfaatan spirulina, yang dikenal karena kandungan nutrisinya yang tinggi dan potensi sebagai suplemen makanan. Spirulina mengandung berbagai nutrisi penting, termasuk protein, vitamin, dan antioksidan, yang menjadikannya pilihan yang baik untuk meningkatkan nilai gizi makanan (“Preparation of functional drinks using spirulina algae” 2022; Dobretsov 2019, 48). Penelitian menunjukkan bahwa spirulina tidak hanya bermanfaat bagi kesehatan manusia, tetapi juga dapat digunakan dalam pakan ternak untuk meningkatkan kualitas produk hewani, seperti telur dan daging (Al-Qahtani 2021, 1801-1807; Thompson et al. 2018).

Contoh lain dari varian bioteknologi biru adalah pengembangan produk berbasis ganggang laut yang dapat digunakan dalam industri makanan dan kosmetik. Ganggang laut memiliki sifat fungsional yang dapat meningkatkan kualitas produk, serta memberikan manfaat kesehatan tambahan, seperti meningkatkan sistem kekebalan tubuh dan mengurangi peradangan (Ricigliano and Simone-Finstrom 2020, 898-910; Shao et al. 2019, 292). Dengan memanfaatkan sumber daya laut, bioteknologi biru berpotensi untuk menciptakan produk yang

lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan, serta memberikan kontribusi positif terhadap ekonomi lokal dan global (Goddard et al. 2015, 285-289).

Secara keseluruhan, bioteknologi biru menawarkan peluang besar untuk inovasi dalam berbagai sektor, termasuk pangan, kesehatan, dan lingkungan. Dengan terus berkembangnya penelitian dan teknologi dalam bidang ini, diharapkan akan ada lebih banyak inovasi yang dapat meningkatkan kualitas hidup umat manusia secara keberlanjutan (Pagnussatt et al. 2014, 296-304; Raczky et al. 2022, 355).

7. Dark Biotechnology

Bioteknologi kegelapan, atau *dark biotechnology*, adalah cabang ilmu bioteknologi yang mempelajari penggunaan makhluk hidup untuk tujuan jahat, sering kali terkait dengan bioterorisme dan senjata biologis. Dalam konteks ini, bioteknologi kegelapan mencakup penggunaan agen hayati seperti bubuk penyakit antraks, virus mematikan, atau racun berbahaya untuk melakukan aksi teror. Contoh lainnya termasuk penggunaan hewan tertentu untuk mencemari sumber air dengan bakteri mematikan atau melepaskan nyamuk yang membawa virus berbahaya ke dalam populasi manusia.

Salah satu aspek penting dari bioteknologi kegelapan adalah potensi penyalahgunaan teknologi bioteknologi untuk tujuan yang merugikan. Misalnya, senyawa yang dihasilkan dari mikroorganisme dapat digunakan sebagai senjata biologi, yang dapat menyebabkan kerusakan besar pada kesehatan masyarakat dan lingkungan. Penelitian menunjukkan bahwa

agen patogen seperti *Bacillus anthracis*, penyebab antraks, dapat dimanfaatkan dalam konteks bioterorisme, sehingga memerlukan perhatian khusus dalam pengembangan kebijakan biosekuriti.

Cakupan pembahasan dalam Dark Biotechnology ini beririsan dengan kriminologi dan kajian tentang terorisme. Secara keseluruhan, bioteknologi kegelapan menyoroti pentingnya pengawasan dan regulasi dalam penelitian bioteknologi untuk mencegah penyalahgunaan yang dapat membahayakan kesehatan masyarakat dan keamanan global.

8. Violet Biotechnology

Bioteknologi violet, atau *violet biotechnology*, adalah cabang ilmu bioteknologi yang berkaitan dengan aturan-aturan agama, hukum-hukum positif di sebuah negara, hukum-hukum internasional, serta konsensus global. Cabang ini membahas masalah etika dan sisi-sisi filosofis seputar bioteknologi (Kedraka 2020, 469-481). Dalam konteks ini, bioteknologi violet berperan penting dalam mengatur penggunaan teknologi bioteknologi dengan mempertimbangkan nilai-nilai moral dan prinsip-prinsip etika yang ada dalam masyarakat.

Salah satu aspek utama dari bioteknologi violet adalah bioetika, yang melibatkan analisis kritis terhadap isu-isu etis yang muncul dari kemajuan dalam biologi dan kedokteran. Bioetika berada di persimpangan beberapa bidang ilmiah, termasuk biologi, genetika, bioteknologi, dan biomedis, serta filosofi, hukum, dan teologi (Kedraka 2020, 469-481). Hal ini menunjukkan bahwa pengembangan bioteknologi tidak hanya bergantung pada aspek ilmiah, tetapi juga harus

mempertimbangkan dampak sosial dan etika dari inovasi yang dihasilkan.

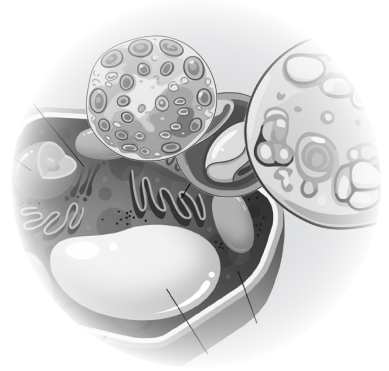
Selain itu, bioteknologi violet juga mencakup isu-isu hukum yang berkaitan dengan hak kekayaan intelektual dan regulasi internasional. Misalnya, peraturan mengenai paten dan perlindungan inovasi bioteknologi sangat penting untuk memastikan bahwa penemuan baru dapat digunakan secara etis dan tidak disalahgunakan (Kumar 2024, 145-162). Dengan demikian, penting bagi para peneliti dan pembuat kebijakan untuk bekerja sama dalam mengembangkan kerangka hukum yang dapat mengatur penggunaan bioteknologi dengan cara yang bertanggung jawab dan beretika.

Secara keseluruhan, bioteknologi violet menyoroti pentingnya integrasi antara ilmu pengetahuan dan nilai-nilai etika dalam pengembangan dan penerapan teknologi bioteknologi. Dengan mempertimbangkan aspek-aspek ini, diharapkan bahwa inovasi bioteknologi dapat memberikan manfaat yang lebih besar bagi masyarakat tanpa mengorbankan prinsip-prinsip moral dan etika yang ada (Kedra 2020, 469- 481).

Demikianlah penjelasan tentang bioteknologi secara umum. Dari uraian tentang cabang-cabang bioteknologi di atas, maka dapat disimpulkan bahwa pembahasan tentang fikih bioteknologi dapat dimasukkan dalam cabang Violet Biotechnology. Hal ini dikarenakan pembahasan dalam fikih bioteknologi sangat didominasi oleh pembahasan-pembahasan dari sisi hukum Islam.

BAB 5

Penutup



A. Kesimpulan

Demikianlah pembahasan singkat tentang fikih bioteknologi. Dari uraian bab-bab di atas dapat disimpulkan bahwa bentuk kerangka fikih bioteknologi dilihat dari landasan filosofisnya, adalah sebagai berikut.

1. Dari sisi ontologis, fikih bioteknologi adalah cabang baru dalam ilmu fikih yang mempelajari dan membahas hukum-hukum perbuatan manusia dalam memanfaatkan sumberdaya hayati untuk menunjang kehidupannya di muka bumi dilihat dari aspek hukum Islam yang bersumber dari al-Qur'an, hadis, ijma' qiyas maupun sumber-sumber hukum yang lain.
2. Dari sisi epistemologis, fikih bioteknologi menempatkan dua obyek utama, yakni nash-nash agama (al-Qur'an dan hadis) dan semua pengetahuan teoritis maupun praktis di bidang bioteknologi.
3. Dalam diskusi tentang jenis-jenis bioteknologi secara umum, fikih bioteknologi dapat dimasukkan dalam kelompok violet bio-teknology, yakni cabang

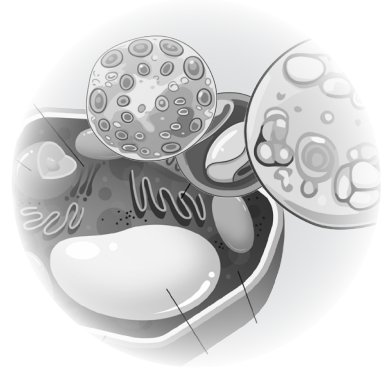
bioteknologi berkaitan dengan aturan-aturan agama, hukum-hukum positif di sebuah negara, hukum-hukum internasional, maupun consensus-konsensus global dunia.

4. Bentuk penerapan fikih bioteknologi di lapangan adalah saling terkait antara hukum Islam dengan keilmuan yang lain. Penerapan fikih bioteknologi sejatinya adalah pembahasan yang mengabungkan banyak ilmu.

B. Saran

Meski penelitian ini telah dilakukan dengan serius, namun bagaimanapun juga penulis menyadari bahwa konsep Fikih Bioteknologi sendiri adalah istilah baru yang masih asing dan belum banyak dikenal oleh masyarakat luas, bahkan di kalangan para sarjana dan peneliti, baik dari kalangan agamawan maupun saintis. Untuk itu, masih diperlukan penelitian yang Panjang untuk mengembangkan riset maupun konsep ini.

Daftar Pustaka



- al-Amidi, *al-Ihkam fi Ushul al-Ahkam*, Juz 1, Beirut: al-Maktab al-Islami, tt., h. 6
- al-Alusi. (n.d.). الألووسي تفسير | 6:145 | القرآن الباحث. Retrieved October 20, 2021, from <https://tafsir.app/alaloosi/6/145>
- al-Asfihani, R. (n.d.). القرآن الباحث | نجس | القرآن ألفاظ مفردات. Retrieved October 20, 2021, from <https://tafsir.app/mufradat-ragheb/%D9%86%D8%AC%D8%B3>
- al-Asqalani, I. H. (n.d.). Hadis tentang ربي زخن ال dalam kitab Fathul Bari Ibnu Hajar. Retrieved October 20, 2021, from https://carihadis.com/Fathul_Bari_Ibnu_Hajar/= %D8%A7%D9%84%D9%92%D8%AE%D9%90%D9%86%D9%92%D8%B2%D9%90%D9%8A%D9%92%D8%B1%D9%90
- Ahmad. (n.d.). Hadis tentang لنا ميثان dalam kitab Musnad Ahmad. Retrieved October 10, 2021, from https://carihadis.com/Musnad_Ahmad/= لنا ميثان
- al-Baihaqi. (n.d.-a). Hadis tentang حية فهو ميت dalam kitab Sunan Baihaqi Kabir. Retrieved October 10, 2021, from https://carihadis.com/Sunan_Baihaqi_Kabir/= حية فهو ميت
- al-Baghawi. (n.d.). البغوي تفسير | 6:145 | القرآن الباحث. Retrieved October 20, 2021, from <https://tafsir.app/baghawi/6/145>

- تعريف و شرح و معنى متنحس بالعربي في معاجم اللغة العربية معجم المعاني
al-Baihaqi. (n.d.-b). *Hadis tentang لنا ميتتان dalam kitab Sunan Baihaqi Kabir*. Retrieved October 10, 2021, from https://carihadis.com/Sunan_Baihaqi_Kabir/=لَنَا مَيِّتَان
- al-Bukhari. (n.d.). *Hadis tentang كُلُّ ذِي نَابٍ dalam kitab Shahih Bukhari*. Retrieved October 10, 2021, from https://carihadis.com/Shahih_Bukhari/=كُلُّ ذِي نَابٍ
- al-Daraquthni. (n.d.). *Hadis tentang الحلال ميتته dalam kitab Sunan Daraquthni*. Retrieved October 10, 2021, from https://carihadis.com/Sunan_Daraquthni/=الحلال ميتته
- al-Darimi. (n.d.-a). *Hadis tentang الحلال ميتته dalam kitab Musnad Darimi*. Retrieved October 10, 2021, from https://carihadis.com/Musnad_Darimi/=الحلال ميتته
- al-Darimi. (n.d.-b). *Hadis tentang ذكاة الجنين dalam kitab Musnad Darimi*. Retrieved October 10, 2021, from https://carihadis.com/Musnad_Darimi/=ذكاة الجنين
- al-Hakim. (n.d.). *Hadis tentang حية فهو ميت dalam kitab Mustadrak Hakim*. Retrieved October 10, 2021, from https://carihadis.com/Mustadrak_Hakim_Arab/=حية فهو ميت
- al-Nasai. (n.d.). *Hadis tentang الحلال ميتته dalam kitab Sunan Nasai*. Retrieved October 10, 2021, from https://carihadis.com/Sunan_Nasai/=الحلال ميتته
- al-Qari, A. (n.d.). *Hadis tentang لنا ميتتان dalam kitab Mirqatul Mafatih Ali Al Qari*. Retrieved October 10, 2021, from https://carihadis.com/Mirqatul_Mafatih_Ali_Al_Qari/=لَنَا مَيِّتَان
- al-Qurthuby. (n.d.). *al-Qurthuby. Tafsir al-Qurthubi*. | 2:173 | الباحث القرآني. Retrieved October 10, 2021, from <https://furqan.co/qurtubi/2/173>
- al-Syafi'i. (n.d.). *Hadis tentang لنا ميتتان dalam kitab Musnad Syafii*. Retrieved October 10, 2021, from https://carihadis.com/Musnad_Syafii/=لَنَا مَيِّتَان

- al-Syaukani. (n.d.). *Fathu al-Qadir* | الباحث القرآن ي |. Retrieved October 10, 2021, from <https://furqan.co/fath-alqadeer/2/173>
- al-Thabarani. (n.d.). *Hadis tentang حية فهو ميت dalam kitab Mujam Thabarani Kabir*. Retrieved October 10, 2021, from https://carihadis.com/Mujam_Thabarani_Kabir/= حية فهو ميت
- al-Tirmidzi, A. I. (n.d.). *Hadis tentang ذكاة الجنين dalam kitab Sunan Tirmidzi*. Retrieved October 10, 2021, from https://carihadis.com/Sunan_Tirmidzi/= ذكاة الجنين
- Benjaminson, M. A., Gilchrist, J. A., & Lorenz, M. (2002). In vitro edible muscle protein production system (MPPS): Stage 1, fish. *Acta Astronautica*, 51(12), 879–889. [https://doi.org/10.1016/S0094-5765\(02\)00033-4](https://doi.org/10.1016/S0094-5765(02)00033-4)
- Chen-Konak, L., Fine, A., & Levenberg, S. (2011). Embryonic stem cells. In *Stem Cells and Revascularization Therapies*. <https://doi.org/10.2165/00124363200620020-00004>
- Choi, K. H., Yoon, J. W., Kim, M., Lee, H. J., Jeong, J., Ryu, M., Jo, C., & Lee, C. K. (2021). Muscle stem cell isolation and in vitro culture for meat production: A methodological review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(1), 429–457. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12661>
- Chriki, S., & Hocquette, J. F. (2020). The Myth of Cultured Meat: A Review. *Frontiers in Nutrition*, 7 (February), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00007>
- Daud, A. (n.d.-a). *Hadis tentang ذكاة الجنين dalam kitab Sunan Abu Daud*. Retrieved October 10, 2021, from https://carihadis.com/Sunan_Abu_Daud/= ذكاة الجنين
- Daud, A. (n.d.-b). *Hadis tentang كل ذي نابٍ dalam kitab Sunan Abu Daud*. Retrieved October 10, 2021, from https://carihadis.com/Sunan_Abu_Daud/= كل ذي نابٍ

- Dawud, A. (n.d.). Hadis tentang babi dalam kitab Sunan Abu Daud. Retrieved October 20, 2021, from https://carihadis.com/Sunan_Abu_Daud/=babi
- Faris, I. (n.d.). القرآن الباحت | نجس | اللغة مقاييس .Retrieved October 20, 2021, from <https://tafsir.app/maqayees/%D9%86%D8%AC%D8%B3>
- Elo, S., Kääriäinen, M., Kanste, O., Pölkki, T., Utriainen, K., & Kyngäs, H. (2014). Qualitative Content Analysis. *SAGE Open*, 4(1), 215824401452263. <https://doi.org/10.1177/2158244014522633>
- Farzaneh, M., Attari, F., Mozdziak, P. E., & Khoshnam, S. E. (2017). The evolution of chicken stem cell culture methods. *British Poultry Science*, 58(6), 681–686. <https://doi.org/10.1080/00071668.2017.1365354>
- Fári, M.G. & Kralovánszky, U. P., “The founding father of biotechnology: Károly (Karl) Ereky” dalam *International Journal of Horticultural Science* 2006, 12 (1): 9–12
- Faustman, C., Hamernik, D., Looper, M., & Zinn, S. A. (2020). Cell-based meat: The need to assess holistically. *Journal of Animal Science*, 98(8), 1–7. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa177>
- Fernandes, A. M., Fantinel, A. L., Souza, Â. R. L. de, & Révillion, J. P. P. (2019). Trends in cultured meat. *Brazilian Journal of Information Science: Research Trends*, 13(3), 56–67. <https://doi.org/10.36311/1981-1640.2019.v13n3.06.p56>
- Fernandes, A. M., Teixeira, O. de S., Révillion, J. P., & Souza, Â. R. L. de. (2021). Panorama and ambiguities of cultured meat: an integrative approach. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 0(0), 1–11. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1885006>
- Fong, D., Duceppe, N., & Hoemann, C. D. (2017). Mesenchymal stem cell detachment with trace trypsin is superior to EDTA for in vitro chemotaxis and adhesion assays. *Biochemical*

- and Biophysical Research Communications*, 484(3), 656–661. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2017.01.171>
- Geiker, N. R. W., Bertram, H. C., Mejbourn, H., Dragsted, L. O., Kristensen, L., Carrascal, J. R., Bügel, S., & Astrup, A. (2021). Meat and human health— current knowledge and research gaps. *Foods*, 10(7), 1–17. <https://doi.org/10.3390/foods10071556>
- Guurink, M., & Werker, C. (2020). *The Development of a Responsible Cultured Meat Innovation System in The Netherlands*.
- Ghasemiyeh, P., Mohammadi-Samani, S., Firouzabadi, N., Dehshahri, A., & Vazin, A. (2021). A focused review on technologies, mechanisms, safety, and efficacy of available COVID-19 vaccines. *International Immunopharmacology*, 100, 108162. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2021.108162>
- Hakim, L. I., Nur, N. M., Tahir, S. M., & Ibitoye, E. B. (2020). Effect of halal and non-halal slaughtering methods on bacterial contamination of poultry meat. *Sains Malaysiana*, 49(8), 1947–1950. <https://doi.org/10.17576/jsm-20204908-16>
- Hamdan, M. N., & Ramli, M. A. (2016). Cultured meat in islamic perspective: An analysis to the use of escs as source of stem cell. *Global Journal Al-Thaqafah*, 6(2), 129–141. <https://doi.org/10.7187/gjat11920160602>
- Hamdan, M. N., Ramli, M. A., Rahman, A. A., & Lecturer, S. (2019). The Use of Stem Cells in Cultured Meat: Analysis According to Islamic Law Perspective. *Journal of Fatwa Management and Research*, 18(1).
- Hamdan, M. N., Ramli, M. A., Zaman Huri, N. M. F., Abd Rahman, N. N. H., & Abdullah, A. (2021). Will Muslim consumers replace livestock slaughter with cultured meat in the market? *Trends in Food Science and Technology*, 109(June 2020), 729–732. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.034>

- Hamidi, A., Hoeksema, F., Velthof, P., Lemckert, A., Gillissen, G., Luitjens, A., Bines, J. E., Pullagurla, S. R., Kumar, P., Volkin, D. B., Joshi, S. B., Havenga, M., Bakker, W. A. M., & Yallop, C. (2021). Developing a manufacturing process to deliver a cost effective and stable liquid human rotavirus vaccine. *Vaccine*, 39(15), 2048–2059. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2021.03.033>
- Hehsan, A., Hassan, A. M., Ghazali, M. A., & Haron, Z. (2020). Fatwa Debate On Porcine Derivatives In Vaccine From The Concept Of Physical And Chemical Transformation (Istihalah) In Islamic Jurisprudence And Science. *Journal of Critical Reviews*, 7(7).
- Hughes, A. B. (2009). *Amino Acids, Peptides and Proteins in Organic Chemistry, Modified Amino Acids, Organocatalysis and Enzymes (Vol. 2)*. John Wiley & Sons. Indonesia, C.
- Hibban, I. (n.d.). *Hadis tentang كَلَّ ذِي نَابٍ dalam kitab Shahih Ibnu Hibban*. Retrieved October 10, 2021, from https://carihadis.com/Shahih_Ibnu_Hibban_Arab/=كَلَّ ذِي نَابٍ
- Hong, T. K., Shin, D. M., Choi, J., Do, J. T., & Han, S. G. (2021). Current issues and technical advances in cultured meat production: A review. *Food Science of Animal Resources*, 41(3), 335–372. <https://doi.org/10.5851/KOSFA.2021.E14>
- Husain, Abu *Mu'jam Maqayis al-Lughah*, juz 4 (Bairut: Dar Al-Jail, 1981), h. 442
- Ibnu Khuzaimah. (n.d.). *Hadis tentang الحلال ميتته dalam kitab Shahih Ibnu Khuzaimah*. Retrieved October 10, 2021, from https://carihadis.com/Shahih_Ibnu_Khuzaimah/=الحلال ميتته
- Ismail, I., Hwang, Y. H., & Joo, S. T. (2020). Meat analog as future food: A review. *Journal of Animal Science and Technology*, 62(2), 111–120. <https://doi.org/10.5187/jast.2020.62.2.111>
<https://www.britannica.com/technology/biotechnology>, 15

- September 2022 <https://www.conserve-energy-future.com/biotechnology-types-examplesapplications.php>, diakses 25 Oktober 2022 <https://kbbi.web.id/fikih> <https://www.britannica.com/topic/fiqh>, diakses 29 September 2021
- Kadim, I. T., Mahgoub, O., Baqir, S., Faye, B., & Purchas, R. (2015). Cultured meat from muscle stem cells: A review of challenges and prospects. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 222–233. [https://doi.org/10.1016/S20953119\(14\)60881-9](https://doi.org/10.1016/S20953119(14)60881-9)
- Kashim, Mohd. Izhar Arif Mohd, et al. (2017). Plasma Darah dalam Makanan daripada Perspektif Islam dan Sains. *Sains Malaysiana*, 46(10), 1779–1787. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17576/jsm-2017-4610-15> Plasma
- Kenigsberg, J. A., & Zivotofsky, A. Z. (2020). A Jewish Religious Perspective on Cellular Agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3(January), 1–6. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00128>
- Khara, T., Riedy, C., & Ruby, M. B. (2021). A cross cultural meat paradox: A qualitative study of Australia and India. *Appetite*, 164(April 2020), 105227. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2021.105227>
- Koksal, Ismail, *Taghayyir al-Ahkam fi al-Syariah al-Islamiyyah*, Beirut: Resalah Publisher, h. 24
- Kumar, P., Sharma, N., Sharma, S., Mehta, N., Verma, A. K., Chemmalar, S., & Sazili, A. Q. (2021). In-vitro meat: A promising solution for sustainability of meat sector. In *Journal of Animal Science and Technology* (Vol. 63, Issue 4). <https://doi.org/10.5187/jast.2021.e85>
- B. B. (2005). Edisi ketiga. Jakarta: Balai Pustaka.
- Jatim, M. (2021, 10 20). MUI Jatim Halalkan Vaksin AstraZeneca, Ini Dasar Hukumnya. Retrieved from <https://muijatim.org/2021/03/22/mui-jatim-halalkan-vaksinastrozeneca-inidasar-hukumnya> 10

- Katsir, I. (n.d.). كثير ابن تفسير | 5:3 | القرآن الباحث. Retrieved October 20, 2021, from <https://tafsir.app/ibn-katheer/5/3>
- Kemenkes, I., WHO, UNICEF. (2020). Survei Penerimaan Vaksin COVID-19 di Indonesia— Hasil Kajian. Covid19.Go.Id. <https://covid19.go.id/p/hasil-kajian/covid-19vaccineacceptance-survey-indonesia>
- Kementerian Agama, R. I. (2014). Al-Quran dan Terjemahnya. Jakarta: PT. Hati Emas.
- P. M. (2015). Jasad Renik dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains. Jakarta: Kementerian Agama RI.
- Lanza, R., & Atala, A. (2013). Essentials of Stem Cell Biology: Third Edition. *Essentials of Stem Cell Biology: Third Edition*, 1–713. <https://doi.org/10.1016/C2012-0-06957-8>
- Lee, S. Y., Kang, H. J., Lee, D. Y., Kang, J. H., Ramani, S., Park, S., & Hur, S. J. (2021). Principal protocols for the processing of cultured meat. *Journal of Animal Science and Technology*, 63(4), 673–680. <https://doi.org/10.5187/jast.2021.e40>
- Majah, I. (n.d.). Hadis tentang لنا مَيْتَانِ dalam kitab Sunan Ibnu Majah. Retrieved October 10, 2021, from https://carihadis.com/Sunan_Ibnu_Majah/=لَنَا مَيْتَانِ
- Marian, A. J. (2021). Current state of vaccine development and targeted therapies for COVID-19: Impact of basic science discoveries. *Cardiovascular Pathology*, 50, 107278. <https://doi.org/10.1016/j.carpath.2020.107278>
- Moleong, L. J. (2021). Metodologi penelitian kualitatif. PT Remaja Rosdakarya.
- Muallifah, A. Y. (2017). Mengurai Hadis Tahnik dan Gerakan Anti Vaksin. *Jurnal Living Hadis*, 2(2), 253–269. <https://doi.org/10.14421/livinghadis.2017.1334>
- MUI. (2021, August 24). Apa Status Kehalalan Vaksin Pfizer dan Moderna? Majelis Ulama Indonesia. <https://mui.or.id/tanya->

jawab-keislaman/31316/apa-status-kehalalan-vaksinpfizer-dan-moderna/

- Murakami, H., Kobayashi, M., Hachiya, M., Khan, Z. S., Hassan, S. Q., & Sakurada, S. (2014). Refusal of oral polio vaccine in northwestern Pakistan: A qualitative and quantitative study. *Vaccine*, 32(12), 1382–1387. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2014.01.018>
- Muslim, I. (n.d.). Hadis tentang babi dalam kitab Shahih Muslim. Retrieved October 20, 2021, from https://carihadis.com/Shahih_Muslim/=babi
- Muslim. (n.d.). *Hadis tentang كُلُّ ذِي نَابٍ* dalam kitab *Shahih Muslim*. Retrieved October 10, 2021, from https://carihadis.com/Shahih_Muslim/=كُلُّ ذِي نَابٍ Long, Z., Wei, C., Dong, X., Li, X., Yang, H., Deng, H., Ma, X., Yin, S., Qi, Y., & Bo, T. (2021). Simultaneous quantification of spike and nucleocapsid protein in inactivated COVID-19 vaccine bulk by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography B*, 1181, 122884. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2021.122884>
- al-Minawi. (n.d.). Hadis tentang رِي زَخْنٍ اَلْ dalam kitab *Faidhul Qadir*. Retrieved October 20, 2021, from https://carihadis.com/Faidhul_Qadir/=D8%A7%D9%84%D9%92%D8%A E%D9%90%D9%86%D9%92%D8%B2%D9%90%D9%8A%D9%92%D8%B1%D9%90 Al-Qur'an,
- Noviantari, A., Febrianti, T., Biomedis dan Teknologi Dasar Kesehatan, P., Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, B., Kesehatan, K. R., & Percetakan, J. (2021). Kajian: Alternatif Pengganti Trypsin pada Kultur Sel Punca Mesenkim. *Seminar Nasional Riset Kedokteran (SENSORIK II, Sensorik Ii*, 2021.
- N. A., Ibrahim, I., & Raof, N. A. (2014). The Need for Legal Intervention within the Halal Pharmaceutical Industry.

- Procedia - Social and Behavioral Sciences, 121, 124–132. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.1114>
- N. N. (n.d.). Ahli Bicara soal Halal Kandungan Vaksin Covid-19 AstraZeneca. *Teknologi*. Retrieved October 20, 2021, from <https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20210319130851-199-619559/ahlibicarasoal-halal-kandungan-vaksin-covid-19-astrazeneca> Indonesia,
- Nedjai, R., & Ouinez, K. (n.d.). Fiqh Istihlak And Istihalah On Covid-19 Vaccine. *Committee Members*, 6. Norazmi, M. N., & Lim, L. S. (2015). Halal pharmaceutical industry: Opportunities and challenges. *Trends in Pharmacological Sciences*, 36(8), 496–497. <https://doi.org/10.1016/j.tips.2015.06.006>
- Offit, Ong, S., Choudhury, D., & Naing, M. W. (2020). Cell-based meat: Current ambiguities with nomenclature. *Trends in Food Science and Technology*, 102(January), 223–231. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.010>
- Parte, S., Patel, H., Sriraman, K., & Bhartiya, D. (2014). Isolation and characterization of stem cells in the adult mammalian ovary. In *Methods in Molecular Biology* (Vol. 1235). https://doi.org/10.1007/978-1-4939-17853_16
- Perera, E., Rodríguez-Viera, L., Perdomo-Morales, R., Montero-Alejo, V., Moyano, F. J., Martínez-Rodríguez, G., & Mancera, J. M. (2015). Trypsin isozymes in the lobster *Panulirus argus* (Latreille, 1804): from molecules to physiology. *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology*, 185(1), 17–35. <https://doi.org/10.1007/s00360-014-0851-y>
- Pramashinta, Alice dkk, “Bioteknologi Pangan: Sejarah, Manfaat dan Potensi Risiko” dalam *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 3 (1) 2014

- P. A., & Bell, L. M. (2003). *Vaccines: What You Should Know*. John Wiley & Sons.
- Palmer, T., & Bonner, P. L. (2007). *Enzymes: Biochemistry, biotechnology, clinical chemistry*. Elsevier.
- Piirainen, L., Roivainen, M., Litmanen, L., Eskola, J., Beuvery, E. C., & Hovi, T. (1997). Immunogenicity of a pilot inactivated poliovirus vaccine with trypsintreated type 3- component. *Vaccine*, 15(2), 237–243. [https://doi.org/10.1016/S0264-410X\(96\)00119-3](https://doi.org/10.1016/S0264-410X(96)00119-3)
- Plotkin, S. A. (2013). *Vaccine fact book*. Pennsylvania: University of Pennsylvania.
- 11 Rijali, A. (2019). Analisis data kualitatif. Al-Qurthubi. (n.d.). القرآني الباحث | 2:173 | القرطبي تفسير. Retrieved October 20, 2021, from <https://tafsir.app/qurtubi/2/173>
- al-Razi, F. (n.d.). الرازي تفسير | 6:145 | القرآني الباحث . Retrieved October 20, 2021, from <https://tafsir.app/alrazi/6/145>
- Ramani, S., Ko, D., Kim, B., Cho, C., Kim, W., Jo, C., Lee, C. K., Kang, J., Hur, S., & Park, S. (2021). Technical requirements for cultured meat production: A review. *Journal of Animal Science and Technology*, 63(4), 681–692. <https://doi.org/10.5187/jast.2021.e45>
- Rorhein, A., Mannino, A., Baumann, T., & Caviola, L. (2016). Cultured meat: an ethical alternative to industrial animal farming. *Policy Paper by Sentience Politics*, 1, 1–14. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174018308799%0Ahttp://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224417300821%0Ahttp://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081005934000175%0Ahttp://www.sciencedirect.com/science/article/>
- Rubio, N., Datar, I., Stachura, D., Kaplan, D., & Krueger, K. (2019). Cell-Based Fish: A Novel Approach to Seafood Production and an Opportunity for Cellular Agriculture. *Frontiers*

- in *Sustainable Food Systems*, 3(June), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00043>
- Salameh, M. A., Soares, A. S., Hockla, A., & Radisky, E. S. (2008). Structural basis for accelerated cleavage of bovine pancreatic trypsin inhibitor (BPTI) by human mesotrypsin. *Journal of Biological Chemistry*, 283(7), 4115–4123. <https://doi.org/10.1074/jbc.M708268200>
- Sato, K. (2020). *Cultured Meat Production Technology: Challenges and Future Development*. November, 1–6. <https://www.gfi.org/marketresearch>
- Sell, S. (2003). Stem Cells Handbook. In *Stem Cells Handbook*. <https://doi.org/10.1385/1592594115>
- Stephens, N., & Ruivenkamp, M. (2016). Promise and Ontological Ambiguity in the In vitro Meat Imagescape: From Laboratory Myotubes to the Cultured Burger. *Science as Culture*, 25(3), 327–355. <https://doi.org/10.1080/09505431.2016.1171836>
- Swartz, E. (2019). Meeting the Needs of the Cell-Based Meat Industry. *Chemical Engineering Progress*, 115(10), 41–45. www.aiche.org/cep
- Tan, C. Y., Song, M., Kai, J. H., Jian, L., Yap, K., & Natsume, T. (2020). Food Tech: Alternative Protein Opportunities in Asia Project. *Project for Private Equity: Venture, Growth & Buyout Investing*, October, 1–23. <https://www.insead.edu/sites/default/files/assets/dept/centres/gpei/docs/foodtech-alternative-protein-opportunities-in-asia.pdf>
- at-Tirmidzi, S. (n.d.). Hadis tentang babi dalam kitab Sunan Tirmidzi. Retrieved October 20, 2021, from https://carihadis.com/Sunan_Tirmidzi/=babi Aziz,
- Shah, S. F. A., Ginossar, T., & Weiss, D. (2019). “This is a Pakhtun disease”: Pakhtun health journalists’ perceptions of the barriers and facilitators to polio vaccine acceptance among the high-risk Pakhtun community in Pakistan. *Vaccine*, 37(28), 3694–

3703. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2019.05.029> al-Suyuthi, al-M. (n.d.). الجلالين تفسیر | 6:145 | القرآني الباحث .Retrieved October 20, 2021, from <https://tafsir.app/jalalayn/6/145> Al-Thabari, I. J. (n.d.). الطبري تفسیر | 5:3 | القرآني الباحث .Retrieved October 20, 2021, from <https://tafsir.app/tabari/5/3>
- Thompson, P. (2014). Artificial Meat. *Ethics and Emerging Technologies*, 516– 530. https://doi.org/10.1057/9781137349088_34
- Thomas, S., & Prendergast, G. C. (2016a). Vaccine Design. Springer.
- Thomas, S., & Prendergast, G. C. (2016b). Vaccine Design: Methods and Protocols, Volume 1: Vaccines for Human Diseases. Springer.
- Treich, N. (2021). Cultured Meat: Promises and Challenges. *Environmental and Resource Economics*, 79(1), 33–61. <https://doi.org/10.1007/s10640-02100551-3>
- Wahbah, A. (2010). Fiqih Islam Wa adillatuhu (Jakarta). Gema Insani Press. //opac.fidkom.uinjkt.ac.id/index.php?p=show_detail&id=10111
- Wrenzycki, C. (2018). In vitro production of (farm) animal embryos. In *Animal Biotechnology 1: Reproductive Biotechnologies*. https://doi.org/10.1007/9783-319-92327-7_12
- Yin, H., Price, F., & Rudnicki, M. A. (2013). Satellite cells and the muscle stem cell niche. *Physiological Reviews*, 93(1), 23–67. <https://doi.org/10.1152/physrev.00043.2011>
- Zahrah, Abu, *Ushul Al-Fiqh* (Mesir: Dâr Al-Fikr Al-‘Arabi, t.th.), h. 7. al-Zabati, F. (n.d.). القرآني الباحث | نجس | التمييز ذوي بصائر .Retrieved October 20, 2021, from <https://tafsir.app/basair-tamyeez/%D9%86%D8%AC%D8%B3> Zidarič, T., Milojević, M., Vajda, J., Vihar, B., & Maver, U. (2020). Cultured Meat: Meat Industry Hand in Hand with Biomedical Production Methods. *Food Engineering Reviews*, 12(4), 498–519. <https://doi.org/10.1007/s12393-02009253-w>

