

KEBIMBANGAN MORAL TERHADAP APLIKASI NYAMUK AEDES DIUBAH SUAI GENETIK DARI PERSPEKTIF ETIKA

*(Moral Concerns on Genetic Modified Aedes Mosquito's Application from
Perspective of Ethics)*

¹NOOR SHARIZAD RUSLY

^{1,2}NUR ASMADAYANA HASIM*

²LATIFAH AMIN

¹AHMAD FIRDHAUS ARHAM

¹Pusat Pengajian Citra Universiti, Universiti Kebangsaan Malaysia,
43600 Bangi, Selangor, Malaysia

²Institut Islam Hadhari, Universiti Kebangsaan Malaysia,
43600 Bangi, Selangor, Malaysia

ABSTRAK

Denggi adalah penyakit virus yang disebarkan oleh nyamuk Aedes dan tiada rawatan khusus yang tersedia. Pencegahan dan pengawalan adalah langkah terbaik untuk mengatasi wabak ini. Salah satu kaedah pencegahan ialah dengan pelepasan nyamuk Aedes yang telah diubahsuai secara genetik (GM), yang dianggap sebagai pendekatan “*self-limiting*”. Teknik ini melibatkan pengubahsuaian genetik nyamuk jantan agar generasi seterusnya mati sebelum mencapai kematangan. Namun, penggunaan teknik ini menimbulkan pelbagai kebimbangan moral, termasuk isu-isu etika yang berhubungan dengan prinsip alam sekitar. Kajian ini menggunakan pendekatan kaedah kuantitatif melalui soal selidik yang diedarkan kepada 415 responden yang distratakan secara rawak mengikut daerah di kawasan Lembah Klang. Secara keseluruhan penerimaan penduduk Lembah Klang terhadap faktor kebimbangan moral ialah pada tahap sederhana iaitu min skor 3.94. Kajian ini juga mengupas kebimbangan moral terhadap aplikasi nyamuk Aedes GM dari perspektif etika, yang menekankan prinsip

* Corresponding author: Nur Asmadayana Hasim, Pusat Pengajian Citra Universiti, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600, Bangi, Selangor, Malaysia/Institut Islam Hadhari, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600, Bangi, Selangor, Malaysia,
e-mel: asmadayana@ukm.edu.my
Diserahkan: 29 Jun 2024
Diterima: 23 Ogos 2024
DOI: <http://dx.doi.org/10.17576/JH-2024-1602-02>

kesejahteraan, autonomi dan keadilan. Hasil kajian ini menekankan keperluan untuk menekankan prinsip-prinsip etika dan memberikan perhatian kepada keseimbangan moral dalam penggunaan teknologi nyamuk GM di Malaysia sekiranya kerajaan ingin memulakan semula pelepasan nyamuk GM di masa akan datang.

Kata Kunci: Denggi; Aedes; keseimbangan moral; etika; nyamuk GM

ABSTRACT

Dengue is a viral disease transmitted by the Aedes mosquito, and there is currently no specific treatment available. Therefore, prevention and control are crucial in managing this epidemic. One preventive measure involves the release of genetically modified (GM) Aedes mosquitoes, a “self-limiting” approach. This technique entails genetically altering male mosquitoes so that their offspring die before reaching maturity. However, the use of this method raises several ethical concerns, including issues related to environmental principles. This study employs a quantitative approach, using a questionnaire administered to 415 respondents who were randomly stratified by district in the Klang Valley area. Overall, the acceptance of GM Aedes mosquitoes in the Klang Valley is moderate, with a mean score of 3.94 regarding moral concerns. The study also addresses moral concerns about the application of GM Aedes mosquitoes from an ethical perspective, emphasizing the principles of well-being, autonomy, and justice. The findings highlight the importance of considering ethical principles and addressing moral concerns in the use of GM technology in Malaysia, especially if the government intends to resume the release of GM mosquitoes in the future.

Kata Kunci: *Dengue; Aedes; moral concerns; ethics; GM mosquitoes Mosquitoes*

PENGENALAN

Denggi adalah penyakit virus bawaan nyamuk Aedes dan boleh menyerang sesiapa sahaja. Menurut persatuan Kesihatan Sedunia (2008), penyebaran demam denggi adalah melalui gigitan nyamuk Aedes betina yang mempunyai virus. Semasa aktiviti menggigit, nyamuk Aedes betina ini akan menyebarkan virus semasa menghisap darah. Justeru, bagi menangani penularan wabak denggi yang berterusan, kaedah pencegahan dan pengawalan adalah kaedah terbaik memandangkan tiada rawatan yang khusus dan penggunaan antiviral yang masih dibangunkan. Maka, salah satu kaedah yang terdapat untuk mencegah ini adalah dengan pelepasan nyamuk Aedes GM yang merupakan salah satu aplikasi bioteknologi moden. Pengawalan populasi nyamuk Aedes menggunakan teknik berasaskan genetik melibatkan pengubahsuaian genetik nyamuk Aedes jantan dianggap sebagai pendekatan '*self-limiting*' (Beech et al. 2012), malahan strategi ini telah menjadi subjek kepentingan di kalangan ahli genetik semenjak beberapa dekad yang lalu.

Permulaan rekaan teknologi pengubahsuaian genetik vektor ini adalah menggunakan *Sterile Insect Technique* (SIT), yang merupakan radiasi perantara ke arah serangga, dan membebaskan populasi serangga jantan untuk menghentikan serangga jantan liar (Lee & Nazni 2012; Wilke & Marrelli 2012). Walau bagaimanapun, terdapat beberapa kebimbangan terhadap SIT terutamanya mengenai radiasi rawak yang perantara mutasi terhadap serangga jantan yang mungkin tidak membawa apa-apa kesan membunuh kepada serangga betina liar (Wilke & Marrelli 2012).

Pada 5 Oktober 2010, Lembaga Biokeselamatan Kebangsaan telah membuat keputusan untuk meluluskan (dengan terma dan syarat) terhadap aplikasi daripada *Institute of Medical Research* (IMR) untuk menjalankan percubaan lapangan yang melibatkan pembebasan nyamuk jantan transgenik. Kebenaran ini membenarkan perlepasan nyamuk jantan GM, *Aedes aegyti* OX513A (My1) dan nyamuk jantan *Aedes aegyti* non-GM (jenis liar) untuk menjalankan percubaan lapangan yang bertajuk "*Limited Mark-Release-Recapture (MRR)*". Tapak pelepasan yang dicadangkan ialah di Bentong, Pahang dan Alor Gajah, Melaka (Ramatha & Andrew 2012). Walaupun strategi pengurusan risiko dan perundingan pihak awam dijalankan, namun perlepasan teknologi ini menimbulkan pelbagai perdebatan daripada sudut moral.

Menurut Kamus Pelajar Edisi Kedua (2016), etika bermaksud prinsip moral atau nilai-nilai akhlak (adat sopan santun) yang menjadi pegangan seseorang individu atau sesuatu kumpulan manusia. Berdasarkan definisi etika ini, kebimbangan moral sangat berkait rapat dengan etika. Isu-isu etika dalam bioteknologi moden melibatkan dua kategori iaitu samada intrinsik atau ekstrinsik (Comstock 2014; Hasim et al. 2019). Bagi kategori intrinsik ianya melibatkan teknologi atau proses

itu sendiri contohnya pandangan manusia mengenai kehidupan, alam sekitar, agama, nilai dan perasaan (Zhang et al. 2016; Hasim et al. 2020). Meskipun kepesatan dan pembangunan teknologi yang melibatkan pelbagai bidang khususnya isu keselamatan dan kontroversi yang melibatkan organisma yang diubahsuai genetik dan kejuruteraan genetik, justeru perhatian dan kebimbangan masyarakat perlu diambil kira. Berdasarkan laporan oleh Wallace (2013) berkaitan isu moral yang dibangkitkan oleh Persatuan Pengguna Pulau Pinang menyifatkan bahawa akibat daripada pelepasan nyamuk *Aedes* yang diubahsuai genetik (GM) akan mendatangkan kesan dan impak kepada ekosistem dengan menjejaskan jaringan makanan dan fungsi ekologi lain yang menjadikan nyamuk sebagai sumber makanan. Dapatan kajian oleh Amin dan Hashim (2015) turut mendapati bahawa aspek kebimbangan moral masyarakat terhadap makanan GM turut menyumbang kepada kebimbangan masyarakat kepada isu moral yang dibawa oleh teknik nyamuk *Aedes* GM ini. Terdapat enam item yang dikelaskan sebagai intrinsik telah digunakan bagi mengukur aspek kebimbangan moral terhadap aplikasi nyamuk *Aedes* GM ini; (1) mengancam peraturan semulajadi, (2) melampaui batas, (3) tidak boleh diterima dari segi moral, (4) menjadi seperti 'Tuhan', (5) tidak berperikemanusiaan, dan (6) menafikan hak nyamuk untuk hidup. Berbeza dengan kategori ekstrinsik yang berkait dengan kebimbangan terhadap kesan aplikasi bioteknologi moden dan produknya seperti kesan terhadap kesihatan, haiwan, ekosistem, ekonomi dan risiko sosial (Zhang et al. 2016; Hasim et al. 2019). Bagi kajian ini item kebimbangan moral iaitu mengancam peraturan semulajadi dan menafikan hak nyamuk untuk hidup adalah merupakan ciri-ciri etika ekstrinsik. Oleh itu, adalah penting dalam menyelesaikan isu-isu kebimbangan moral ini dengan menekankan prinsip-prinsip etika kepada kalangan pihak berkepentingan. Kajian ini mengupas lima prinsip etika bioteknologi moden yang bersesuaian bagi menghadapi kebimbangan moral terhadap nyamuk *Aedes* diubahsuai genetik.

Walaupun Malaysia mempunyai Akta Biokeselamatan sebagai undang-undang utama dalam menyelesaikan isu-isu berkaitan bioteknologi moden di Malaysia, namun isu-isu yang melibatkan kebimbangan moral masih lagi kurang diambil serius. Menurut Hasim et al. (2020), Malaysia seharusnya mempunyai satu garis panduan khas mengenai etika bagi memudahkan dan menggalakkan pihak berkepentingan menjalankan aktiviti bioteknologi moden secara bermoral. Malah bioteknologi moden secara amnya diterima di dalam Islam selagi tidak bercanggah dengan lima objektif *Maqasid al-Shariah* (Ebrahimnejad 2011; Hasim et al. 2020). Lima objektif ini merangkumi pemeliharaan i) Agama, ii) Nyawa, iii) Keturunan, iv) Harta, v) Intellect. Kajian ini mengupas dan mengenal pasti prinsip-prinsip etika yang relevan disamping melihat kebimbangan moral ini dari sudut etika yang tidak bercanggah dengan *Maqasid al-Shari'ah*.

NYAMUK AEDES YANG DIUBAHSUAI GENETIK (GM)

Pengubahsuaian genetik vektor ini bukanlah satu kaedah kawalan vektor yang baharu memandangkan sebelum ini terdapat cubaan yang terbukti berkesan dalam mengawal beberapa serangga perosak contohnya lalat buah dan beberapa *Lepidoptera* (Rose 2009). Pengawalan populasi nyamuk Aedes menggunakan teknik berasaskan genetik melibatkan pengubahsuaian genetik nyamuk Aedes jantan dianggap sebagai pendekatan ‘*self-limiting*’ (Beech et al. 2012), malahan strategi ini telah menjadi subjek kepentingan di kalangan ahli genetik semenjak beberapa dekad yang lalu. Menurut Beech et al. (2012) keterbatasan diri ini disebabkan kematian anak-anak nyamuk di persekitaran pelepasan nyamuk jantan steril untuk suatu jangka masa menghasilkan. Permulaan rekaan teknologi pengubahsuaian genetik vektor ini adalah menggunakan *Sterile Insect Technique* (SIT), yang merupakan radiasi perantara ke arah serangga, dan membebaskan populasi serangga jantan untuk menghentikan serangga jantan liar (Lee & Nazni 2012; Wilke & Marrelli 2012). Walau bagaimanapun, terdapat beberapa kebimbangan terhadap SIT terutamanya mengenai radiasi rawak yang perantara mutasi terhadap serangga jantan yang mungkin tidak membawa apa-apa kesan membunuh kepada serangga betina liar (Wilke & Marrelli 2012).

Memandangkan teknik berasaskan radiasi SIT ini dianggap konvensional, justeru terdapat teknik alternatif lain yang diadaptasi daripada teknik ini menjadi fokus; dikenali sebagai “pelepasan serangga yang membawa dominan maut” (RIDL). Penghasilannya telah dibangunkan oleh *Oxford Insect Technologies* (Oxitec) dengan menggunakan teknologi DNA rekombinan untuk mencipta nyamuk GM. Teknik ini terdapat lebih banyak kelebihan berbanding teknik konvensional SIT, dari segi daya saing nyamuk jantan yang steril untuk mengawan dengan nyamuk betina liar (Alphey & Andreasen 2002; Wise de Valdez et al. 2011; Oxitec 2013a, b, c). Nyamuk GM ini juga tidak memerlukan sebarang radiasi untuk menjadikannya steril, malahan ia akan menjadikan nyamuk jantan ini lebih mempunyai tarikan kepada nyamuk betina berbanding nyamuk diradiasi (Oxitec 2013a, b). Bagi teknik RIDL ini terdapat beberapa jenis teknik tetapi teknik yang lebih maju ialah gen maut dominan spesifik betina (fsRIDL).

Proses pembangunan nyamuk GM yang mengandungi fsRIDL ini melibatkan suntikan sejumlah kecil DNA yang mengandungi gen maut yang dikenali sebagai “*tetracycline-repressible transcriptional activator*” (tTAV) ke dalam telur nyamuk. DNA baharu ini akan diambil oleh sel-sel nyamuk dan akan bertukar menjadi genom nyamuk itu sendiri. Apabila mencapai tahap dewasa, ia akan menjalani proses pembiakan dengan nyamuk lain dan sekiranya DNA yang disuntik berjaya memasuki sel-sel telur dan sperma, maka ia akan disebar dan diturunkan kepada anak-anak baharu (Oxitec 2013a, b, c). Di dalam sistem maut, penghasilan faktor maut, tTAV,

dengan ketiadaan *tetracycline* berkesan membunuh jentik-jentik memandangkan tahap tTAV yang tinggi dan bertoksik kepada *Aedes aegypti* (Phuc et al. 2007). Tindakan (penghasilan tTAV) hanya boleh dihalang dengan kehadiran *tetracycline*. Walau bagaimanapun kekurangan *tetracycline* di persekitaran akan membuatkan baka baharu sukar untuk bertahan secara tidak langsung akan mengurangkan populasi generasi akan datang.

Terdapat dua kelebihan kaedah RIDL yang menjadikannya sesuai untuk dilaksanakan di dalam komuniti; nyamuk GM mempunyai jangka hayat yang pendek dan pelepasan nyamuk jantan tidak akan mendatangkan sebarang gangguan tabiat menggigit (Elizabeth & Scott 2013). Menurut Lacroix et al. (2012), RIDL adalah teknik pengubahsuaian genetik yang paling maju dalam pelaksanaannya. Di Malaysia, teknik ini banyak diberi penghormatan di antara kerjasama IMR, syarikat bioteknologi yang berpangkalan di UK-Oxitec® dan kerajaan Malaysia.

Namun begitu, ketelusan dan ketepatan kaedah dan data penyelidikan juga telah menjadi persoalan, memandangkan tiada sebarang penerbitan dan ulasan yang dikeluarkan semenjak percubaan penggunaan data dilaksanakan (Reeves et al. 2012), ini termasuklah kajian lapangan pelepasan nyamuk GM di Kepulauan Cayman yang di mana peraturan biokeselamatan adalah lemah sedangkan di Malaysia ia bergantung kepada eksperimen yang tidak diterbitkan seperti percubaan separa dan eksperimen toksiti pemangsa di mana keduanya menyatakan rujukan kepada dokumen pelepasan (NBBM 2010; Reeves et al. 2012). Secara tidak langsung, kesemua ketidakpastian itu telah menimbulkan kontroversi sama ada di peringkat tempatan atau antarabangsa. Walaubagaimanapun, kaedah menggunakan strategi RIDL ini tetap dikenali sebagai teknik pelaksanaan yang paling maju memandangkan teknologi ini sedang diuji oleh Oxitec di beberapa buah negara antaranya Brazil, India dan Malaysia. Pendekatan ini didapati sangat menjanjikan kesan jangka panjang yang sangat berkesan dalam menghapuskan *Aedes*, di samping, komuniti saintifik dan masyarakat yang masih menanti penerbitan yang sah dalam membuktikan kebolehan dan kapasiti teknik nyamuk GM dalam mengawal denggi.

KAEDAH DAN BAHAN

Bagi mengulas kajian ini dari sudut etika dan Islam, pengkaji menggunakan kaedah pengumpulan data secara kualitatif (soroton literatur) dan kuantitatif (analisis deskriptif) yang menggunakan perisian SPSS statistik 23.0. Dua (2) kaedah ini memberi peluang kepada pengkaji untuk meneliti topik-topik terkini dengan lebih terperinci (Green & Thorogood 2018).

ANALISIS DESKRIPTIF DAN PERSAMPELAN KAJIAN

Kaedah persampelan merupakan satu subset populasi dan sampel berupaya mewakili keseluruhan populasi. Menurut Marshall (1998), kaedah persampelan adalah pengambilan sebahagian pecahan dari suatu populasi atau jujuk penuh sebagai mewakili populasi itu. Sampel atau responden-responden terpilih dalam soal selidik haruslah mengikuti beberapa kriteria dan juga berkaitan dengan isu sama ada secara langsung atau tidak langsung. Di samping itu juga, Gaskell et al. (2004) dan Shanahan et al. (2001) juga mendapati kajian tentang persepsi masyarakat di dalam sesebuah negara boleh dijalankan sama ada secara langsung; dengan cara mendatangkan wakil daripada sampel kajian bagi populasi sesebuah negara atau secara tidak langsung; dengan cara pendekatan kajian berasaskan pihak berkepentingan (Laumann & Knoke 1987).

Lembah Klang (beberapa daerah di selangor yang menyempadani Wilayah Persekutuan) Petaling, Hulu Langat, Klang, Gombak dan Titiwangsa yang merupakan antara lima kawasan daripada 10 kawasan kes denggi tertinggi di Malaysia dan Wilayah Persekutuan sendiri (Rajah 3.1) telah dipilih sebagai populasi yang disasarkan kerana ia adalah nadi pembangunan ekonomi dan sosial negara (terdapat banyak universiti, institut penyelidikan & pembangunan, dan industri). Selain itu, ia juga merupakan pusat bandar yang mempunyai pembinaan yang pesat. Responden di kawasan ini juga mempunyai keperluan latar belakang yang pelbagai dalam menepati objektif kajian. Selain itu, lokasi ini juga dipilih berdasarkan laporan yang dikeluarkan daripada Kementerian Kesihatan Malaysia yang menyenaraikan ia sebagai kawasan lokaliti *hotspot* (lokaliti wabak berlarutan melebihi tempoh 30 hari dari tarikh wabak bermula).

Dalam kajian ini, responden yang diperlukan telah distratakan secara rawak kepada dua kumpulan sasaran yang berbeza, (i) saintis dan pakar (kumpulan pelaksana yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam mencegah dan mengawal denggi) dan (ii) orang awam. Memandangkan populasi yang tertentu bagi keterlibatan kumpulan sasaran tidak diketahui, responden telah dipilih menggunakan teknik persampelan rawak seperti yang disyorkan oleh Monroe dan Monroe (1993) bagi kedua-dua kumpulan pihak berkepentingan yang lebih memfokuskan responden di sekitar Lembah Klang. Oleh itu, orang awam yang tinggal dan berada di dalam kawasan yang disenaraikan oleh Kementerian Kesihatan Malaysia (dari Mei 2015 hingga September 2016) sebagai lokaliti *hotspot* denggi telah dipilih sebagai sampel kajian. Oppenheim (1992), menyatakan bahawa subjek dalam sampel perlu mewakili sasaran populasi yang dikaji agar generalisasi ke atas populasi sebenar dapat dilakukan.

KAEDAH PENCEGAHAN DAN PENGAWALAN DENGGI

Sila nyatakan tahap persetujuan anda terhadap pernyataan berikut berhubung dengan pengubahsuaian nyamuk Aedes secara genetik untuk mengurangkan denggi.

		Sangat tidak setuju	→					Sangat setuju
		1	2	3	4	5	6	7
S38.	Perlakuan di atas mengancam peraturan alam semula jadi.	1	2	3	4	5	6	7
S39.	Perlakuan di atas dianggap melampaui batas.	1	2	3	4	5	6	7
S40.	Perlakuan di atas tidak boleh diterima dari segi moral.	1	2	3	4	5	6	7
S41.	Perlakuan di atas seolah saintis cuba menjadi seperti 'Tuhan'.	1	2	3	4	5	6	7
S42.	Perlakuan di atas tidak berperikemanusiaan.	1	2	3	4	5	6	7
S43.	Perlakuan di atas menafikan hak nyamuk untuk wujud.	1	2	3	4	5	6	7

S44. Se jauh manakah anda bersetuju dengan pernyataan berikut?

		Sangat tidak setuju	→					Sangat setuju
		1	2	3	4	5	6	7
a.	Teknologi moden telah membuatkan manusia hilang hormat keatas alam semula jadi.	1	2	3	4	5	6	7
b.	Pembangunan sains dan teknologi membuatkan manusia lebih tertumpu terhadap keuntungan berbanding pembangunan alam semula jadi.	1	2	3	4	5	6	7
c.	Kebergantungan manusia yang terlampau kepada teknologi moden telah memusnahkan nilai kemanusiaan.	1	2	3	4	5	6	7
d.	Perkembangan sains dan teknologi yang tiada had, akhirnya akan menuju kepada kemusnahan perikemanusiaan.	1	2	3	4	5	6	7
e.	Teknologi moden telah menggugat keseimbangan alam semula jadi	1	2	3	4	5	6	7
f.	Kewujudan industri dan teknologi terhadap kehidupan Bandar telah menimbulkan masalah dan kerunsingan.	1	2	3	4	5	6	7

RAJAH 1 Soal selidik bagi pencegahan dan pengawalan denggi bagi pemboleh ubah keseimbangan moral

Teknik-teknik persampelan ini lebih bertepatan dengan kajian ini kerana ia mengambil kira aspek keupayaan dalam mendapatkan responden dalam mengumpulkan data. Persetujuan responden juga turut diambil kira dalam menyertai proses soal selidik ini. Responden di dalam kajian ini terdiri daripada dua kumpulan;

(1) Saintis dan pakar yang dipilih terdiri daripada pakar dan penyelidik yang terlibat secara langsung dan tidak langsung dalam pengawalan denggi di Malaysia dengan pelbagai latar belakang penyelidikan seperti mikrobiologi, virologi, biologi, kesihatan awam, kesihatan alam sekitar, entomologi (pakar serangga) dan bioteknologi. Saintis yang dipilih adalah daripada kumpulan akademik seperti pensyarah, pelajar pasca siswazah, pegawai penyelidik, pegawai sains dan juga juruteknik makmal. Malahan kumpulan saintis ini juga turut terdiri daripada penjawat awam/pegawai kerajaan yang bernaung dengan kementerian dan majlis perbandaran.

(2) Orang awam yang dipilih dalam kajian ini merupakan penduduk yang mendiami kawasan yang telah disenaraikan oleh Kementerian Kesihatan Malaysia sebagai kawasan panas (*hotspot*) denggi, di mana penduduk di sini mempunyai kebarangkalian yang tinggi untuk dijangkiti denggi.

HASIL DAN PERBINCANGAN

Isu Kebimbangan Moral terhadap aplikasi Nyamuk Aedes GM

Berdasarkan Jadual 1 di bawah menunjukkan enam (6) item yang tepat dalam menggambarkan aspek kebimbangan moral dengan menggunakan penerokaan analisis faktor penerokaan (*EFA*), di mana kesemua item bagi mengukur aspek kebimbangan moral mempunyai faktor pemberat yang melebihi 0.60. Seterusnya nilai Alfa Cronbach telah diukur dalam menentukan kebolehpercayaan aspek kebimbangan moral ini dengan nilai melebihi yang melebihi 0.90. Menurut De Vellis (1991) julat alfa di antara 0.80 sehingga 0.90 adalah amat baik. Jadual 2 pula adalah hasil analisis deskriptif masyarakat Malaysia di Lembah Klang yang mempunyai tahap kebimbangan moral yang sederhana, skor min (3.94) terhadap aplikasi nyamuk Aedes GM dalam mencegah denggi. Ini berkemungkinan wujudnya kerisauan terhadap pengubahsuaian nyamuk secara genetik yang boleh mengancam kesihatan manusia di samping mengancam alam semulajadi dan hidupan lain.

JADUAL 1 Nilai analisis faktor penerokaan dan alfa cronbach bagi aspek kebimbangan moral terhadap aplikasi nyamuk Aedes GM.

Aspek	Item	Faktor pemberat	Nilai alfa cronbach
Kebimbangan moral	1. Mengancam peraturan semulajadi.	0.664	0.94
	2. Melampaui batas.	0.846	
	3. Tidak boleh diterima dari segi moral.	0.870	
	4. Percubaan saintis untuk menjadi seperti 'Tuhan'.	0.851	
	5. Tidak berperikemanusiaan	0.873	
	6. Menafikan hak nyamuk untuk hidup.	0.788	

JADUAL 2 Analisis skor min dan sisihan piawai kebimbangan moral bagi aplikasi menggunakan nyamuk Aedes GM

Aplikasi pencegahan	Nyamuk Aedes GM	
	Skor min ± sisihan piawai	Interpretasi
Keseluruhan	3.94 ± 1.63	Sederhana

Kajian oleh Gaskell et al. (2000) dan Einsiedel (2000) mendapati bahawa setiap kajian lepas yang dijalankan amat menekankan kepentingan beralasan moral apabila melibatkan orang awam dalam memberikan pendapat yang berkaitan dengan aplikasi bioteknologi. Ini dapat dilihat pada Ogos 2010, di mana kerajaan Malaysia menyatakan hasrat untuk menjalankan percubaan lapangan terbuka bagi nyamuk yang diubahsuai secara genetik (GM) bertujuan untuk membanteras populasi nyamuk *Aedes*. Namun begitu timbul isu-isu moral yang dibangkitkan oleh Persatuan Pengguna Pulau Pinang pada tahun 2013 yang mendapati bahawa akibat daripada pelepasan ini memberikan ancaman kepada peraturan semulajadi, dilihat tidak berperikemanusiaan dan menafikan hak nyamuk untuk hidup dengan menjejaskan jaringan makanan dan fungsi ekologi lain yang menjadikan nyamuk sebagai sumber makanan. Tambahan, negara seperti Malaysia yang melihat agama sebagai aspek penting yang perlu diambil kira dalam memainkan peranan penting dalam proses membuat keputusan mereka agar tidak melampaui batas dan mencuba untuk menjadi seperti “Tuhan”. Menurut kajian oleh Amin et al. (2011) pihak berkepentingan di Malaysia mendakwa mempunyai pegangan yang tinggi terhadap agama masing-masing (Islam, Buddha, Hindu dan Kristian), di mana mereka yang lebih berpegang dengan agama lebih kritikal dan berjaga-jaga mengenai isu-isu berkaitan bioteknologi khususnya produk berkaitan GM seperti makanan GM dan nyamuk *Aedes* GM (Amin & Hashim 2015).

Negara Malaysia merupakan antara salah sebuah negara daripada 3 buah negara (Cayman Island dan Brazil) yang telah membebaskan *Genetic Modified Mosquitoes* (GMM) ke alam sekitar. Di Malaysia, agama Islam merupakan agama persekutuan yang menjadi rujukan asas dalam keseluruhan sistem pentadbiran negara termasuk dalam meneliti isu sosial seperti kebimbangan moral (Arham et al. 2022). Galakan penggunaan *Maqasid al-Shariah* dalam sesuatu isu adalah semakin diterima masyarakat (Hasim 2019). Isu-isu bioteknologi yang timbul harus dipertimbangkan secara menyeluruh dan menangani dengan penyelesaian yang terbaik seperti pengekalan dan penambahbaikan aspek positif dan penolakan aspek negatif berdasarkan konsep lima objektif *Shari'ah* (*maqasid al-Shari'ah*) yang merangkumi agama, nyawa, akal, keturunan dan harta serta menggunakan kaedah pentarjihan iaitu sentiasa mengutamakan manfaat yang lebih baik (Siti Fairuz 2014). Menurut Mahmood Zuhdi (2010), semua makhluk yang dijadikan Allah SWT di muka bumi ini sememangnya tidak sepenuhnya sempurna dalam memberi kebaikan ataupun keburukan. Abu Muhammad ‘Izz al-Din Ibn ‘Abd al-Salam (2000) dalam kitabnya *al-Qawaid al-Kubra*, *al-Mausum bi Qawaid al-Ahkam fi Islah al-Anam* menyatakan bahawa walaupun manfaat dan mudarat merupakan suatu lumrah kehidupan, namun *Shari'ah* agama Islam yang syumul sentiasa mendorong ke arah *maslahah* dan menolak *mafsadah* sama ada dalam tempoh jangka masa pendek atau panjang (Ibn ‘Abd al-Salam 2000).

PERSPEKTIF ETIKA

Aplikasi nyamuk Aedes GM merupakan salah satu aplikasi bioteknologi moden yang telah melalui fasa percubaan lapangan. Melihat kepada item-item kebimbangan moral, beberapa prinsip etika dalam bioteknologi moden mesti dipegang sebagai satu langkah proaktif dalam memastikan aplikasi nyamuk Aedes diubahsuai genetik adalah terkawal daripada sudut moral. Menurut Hasim (2021), prinsip etika yang dicadangkan oleh Mempham (2008) adalah selari dengan *Maqasid al-Syariah*. Jadi, kajian ini akan mengupas prinsip etika berdasarkan Mempham (2008), yang terdiri daripada i) Prinsip kesejahteraan, ii) Prinsip autonomi dan, iii) Prinsip keadilan. Matriks etika bagi teknologi nyamuk GM ini juga dibangunkan bagi memudahkan pembaca menganalisis teknologi ini dari sudut etika.

Pertama, prinsip kesejahteraan iaitu merangkumi kebajikan dan tidak memudaratkan (Hasim 2019). Penyelidik dan pengeluar tidak boleh menghasilkan produk yang menjejaskan atau mengancam kehidupan (Hasim 2019). Prinsip ini penting bagi memastikan pihak yang berkepentingan tidak memandang nyamuk Aedes diubahsuai genetik sesuatu yang tidak hidup. Bagi pihak yang menafikan hak nyamuk untuk hidup, satu kesedaran mengenai nilai kehidupan mestilah dipupuk bagi menghalang kebimbangan moral mengenai hal ini berterusan. Prinsip ini merupakan prinsip yang diperkenalkan oleh ahli bioetika terkenal Beauchamp dan Childress sejak tahun 1985. Prinsip ini bermaksud satu kewajipan bioteknologi moden untuk memaksimumkan manfaat dan tidak memudaratkan. Sesuatu tindakan adalah disaran dan wajar jika ia merupakan perkara yang paling berfaedah atau memberi kebajikan untuk kebanyakan orang. Prinsip 'tidak memudaratkan' berperanan dalam menahan diri daripada melakukan bahaya dengan tidak memudaratkan dan mengurangkan semua kemungkinan risiko (Hasim 2019). Melalui prinsip ini, pihak berkepentingan terutamanya para saintis dan pihak pengawal atur akan memastikan aplikasi nyamuk Aedes diubahsuai genetik adalah berniat untuk memberi faedah semata-mata tidak akan sesekali menggunakan aplikasi ini untuk membahayakan masyarakat sejagat.

Prinsip kedua iaitu menghormati autonomi merupakan prinsip yang tidak asing lagi diguna pakai dalam bidang bioetika terutamanya dalam bidang perubatan. Malah ianya merupakan prinsip asas yang dicadangkan oleh pelopor bioetika Beauchamp dan Childress (1994) dan diguna pakai dalam Matriks Mempham. Sub-prinsip tersebut ialah i) Termaklum dan; ii) Privasi dan kerahsiaan. Kedua-dua sub-prinsip ini adalah penting dan merupakan suatu ruang lingkup yang penting dalam bioteknologi moden. Persetujuan termaklum merupakan suatu perkara yang tidak asing lagi diamalkan dalam bidang penyelidikan (Hasim et al. 2020). Pihak berkepentingan boleh merujuk *Malaysian Medical Council Guideline: Consent for Patients by Registered Medical Practitioners (2016)* sebagai rujukan utama. Perkara ini memandangkan para penyelidik

nyamuk GM berkemungkinan berurusan dengan subjek (masyarakat setempat) (Dankar et al. 2019). Kebiasaannya persetujuan termaklum boleh dijalankan secara lisan dan bertulis. Pilihan termaklum melibatkan sebaran maklumat yang diberikan kepada masyarakat awam mengenai bioteknologi dan produknya. Masyarakat juga bebas untuk memilih samada menerima atau tidak.

Seterusnya, prinsip ketiga iaitu keadilan. Menurut Gao et al. (2019), kajian berkenaan keadilan adalah berkait rapat dengan keprihatinan terhadap apa yang dipertanggungjawab dan kewajiban yang perlu dilakukan untuk melayan antara satu sama lain secara adil dalam pelbagai situasi termasuklah dalam hak pengagihan dan pengiktirafan. Dari sudut Islam pula, keadilan mestilah mencakupi dan bersifat menyeluruh dalam segenap kehidupan manusia tanpa terkecuali (Md Nor & Noor Muhammad 2017). Firman Allah SWT (Surah al-Nahl 16: 90) yang bermaksud:

Sesungguhnya Allah menyuruh kamu untuk berlaku adil dan berbuat kebajikan, memberi kepada kaum kerabat, dan Allah melarang dari perbuatan keji, kemungkaran dan permusuhan. Dia memberi pengajaran kepada kamu supaya kamu dapat mengambil pengajaran.

Hal ini adalah kerana berdasarkan kajian lepas, antara isu utama berkaitan bioteknologi moden adalah berlakunya monopoli oleh organisasi-organisasi besar terhadap golongan-golongan petani dan peniaga kecil (Idris et al. 2020). Akta Persaingan 2010, merupakan satu usaha kerajaan Malaysia untuk melindungi pengguna dan memberi kebaikan terutamanya dari sudut harga barangan di pasaran (Anon 2013). Selain itu, Akta ini memastikan syarikat-syarikat besar untuk bersepakat dalam menetapkan harga yang berpatutan sekali gus memberi kelebihan kepada kepada Industri Kecil dan Sederhana (IKS). Dua larangan utama yang terdapat pada Akta ini ialah i) larangan terhadap perjanjian antipersaingan serta perjanjian pembahagian pasaran dan ii) adalah larangan terhadap penyalahgunaan mendominasi pasaran dengan menetapkan harga belian atau jualan yang tidak adil termasuklah mengawal penjualan barangan dan perkhidmatan di bawah kos (Malaysia 2010). Jadi, sekiranya kerajaan Malaysia berniat untuk membangunkan semula perlepasan nyamuk GM dengan menggunakan pihak ketiga, selain kerajaan seperti industri untuk perlaksanaan seharusnya tidak wujud isu monopoli pada projek berkenaan.

Oleh itu, terdapat tiga prinsip etika yang perlu diutamakan bagi memastikan keseimbangan moral terhadap aplikasi nyamuk *Aedes* diubahsuai genetik dapat ditangani dengan baik. Tiga prinsip berdasarkan cadangan matriks etika ialah 1) Kesejahteraan iaitu (prinsip kebajikan dan tidak memudaratkan), 2) Autonomi, 3) Keadilan. Penyelesaian etika merupakan salah satu jalan yang seharusnya diambil dengan serius dan teliti memandangkan isu bioteknologi moden sememangnya tidak lari daripada isu-isu etika. Jadual 3 menunjukkan matriks etika bagi isu GMM.

JADUAL 3 Matrik etika penggunaan nyamuk GM (GMM)

Prinsip Pihak Berkepentingan	Kesejahteraan	Autonomi	Keadilan
Saintis	Penggunaan GMM dapat mengeksplorasi teknologi baru yang dapat mengurangi penyakit.	Hak mempunyai kebebasan dalam melakukan penelitian dan eksperimen.	Penggunaan GMM mendapat pembiayaan dan pengakuan dengan memastikan hasil penelitian dibahagi dengan adil.
Masyarakat	Dapat menjamin kesihatan dengan pengurangan kadar demam denggi	Mempunyai hak dan kebebasan membuat pilihan untuk meneruskan atau membantah	Berhak untuk mengetahui semua maklumat mengenai nyamuk GM termasuk kesan pelepasannya.
Pelaksana	Penggunaan GMM tidak menimbulkan sebarang risiko yang berpotensi dan dapat diminimumkan melalui ujian dan pemantauan yang ketat	Mengukur secara terperinci dalam memberikan maklumat yang telus tentang teknologi yang bakal digunakan, potensi risiko dan kebaikan yang membolehkan orang ramai membuat pilihan dan memberi kepercayaan.	Memastikan bahawa pelaksanaan teknologi ini tidak memberi manfaat atau memudaratkan mana-mana kumpulan tertentu dalam masyarakat secara tidak seimbang.
Persekitaran Hidup	Penggunaan teknik GMM dapat mengurangkan penggunaan racun perosak yang boleh mencemarkan udara seperti <i>pyrethroid</i> yang terkandung dalam spray nyamuk.	Keseimbangan ekosistem yang melibatkan haiwan, tumbuhan dan manusia hendaklah sentiasa dikekalkan walaupun penggunaan GMM kini meluas agar tidak berlakunya kerosakan dalam lingkungan ekosistem.	Implementasi GMM Hendaklah dikawal dan dipantau oleh pihak bertanggungjawab agar proses alam sekitar dikekalkan dan memberi keseimbangan kepada teknologi dan alam semulajadi.

Kesan etika jangka panjang aplikasi nyamuk *Aedes* diubah suai secara genetik berkisar pada mengimbangi manfaat kesihatan awam dengan potensi risiko kepada keselamatan manusia, alam sekitar dan nilai masyarakat. Nyamuk *Aedes* yang diubah suai secara genetik menjanjikan pengurangan penularan penyakit seperti denggi, tetapi ia juga menimbulkan kebimbangan tentang akibat ekologi yang tidak diingini, potensi risiko kesihatan, dan perubahan yang tidak dapat dipulihkan kepada ekosistem. Untuk jangka masa panjang, pertimbangan etika termasuk keperluan untuk persetujuan awam yang dimaklumkan, pengagihan manfaat dan risiko yang saksama, menghormati perspektif agama dan moral, komitmen terhadap ketelusan dan akauntabiliti dalam memantau dan menangani sebarang hasil negatif. Landskap etika yang kompleks ini memerlukan pertimbangan yang teliti untuk memastikan bahawa penggunaan bioteknologi tersebut adalah bertanggungjawab dan adil. Sekiranya isu etika dapat dikawal maka penggunaan aplikasi nyamuk *Aedes* diubah suai secara genetik berkemungkinan boleh dilaksanakan semula dengan lebih strategik dan diguna pakai di negara-negara yang mempunyai isu yang sama.

KESIMPULAN

Hasil kajian menunjukkan aspek kebimbangan moral aplikasi nyamuk *Aedes* GM masih di tahap sederhana (3.94) kerana melibatkan isu-isu moral dalam kajian lepas. Dari sudut etika pula, terdapat lima prinsip etika yang boleh diguna pakai dalam menangani isu kebimbangan moral ini iaitu prinsip kesejahteraan merangkumi kebajikan dan tidak memudaratkan, prinsip autonomi dan prinsip keadilan. Aplikasi nyamuk terubah suai genetik mampu memberi impak yang baik dalam kalangan semua pihak jika ia berjaya dilaksanakan. Walau bagaimanapun kesalahfahaman atau kurang pendedahan berkenaan etika menjadi benteng atau halangan besar untuk meneruskan projek GMM ini. Usaha ini tidak seharusnya diketepikan kerana penularan penyakit yang disebabkan oleh nyamuk *Aedes* adalah cepat dan membahayakan sehingga boleh menyebabkan kematian. Walau bagaimanapun, sekiranya teknologi ini ingin diteruskan di masa akan datang, satu garis panduan khusus dari sudut etika berkaitan teknologi ini perlu dibangunkan bagi memastikan ianya berjaya dilaksanakan.

PENGHARGAAN

Pengarang merakamkan penghargaan kepada projek penyelidikan FRGS/1/2023/SSI03/UKM/02/1) dan ERGS/1/2013/SSI12/UKM/02/1) yang dibiayai oleh Kementerian Pengajian Tinggi Malaysia.

RUJUKAN

al-Quran.

- Amin, L., Sujak, S. F., Ramlee, S. N. S., Samian, A. L., Haron, M. S. & Mohamad, M. N. 2011. Educating the ummah by introducing Islamic bioethics in genetics and modern biotechnology. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 15(1): 3399-3403.
- Amin, L. & Hashim, H. 2015. Factors Influencing Stakeholders Attitudes Toward Genetically Modified Aedes Mosquito. *Science and Engineering Ethics* 21(3): 655-681. <https://doi.org/10.1007/s11948-014-9557-5>.
- Arham, A. F., Hasim, N. A., Mokhtar, M. I., Zainal, N., Rusly, N. S., Amin, L., Saifuddeen, S. M., Mustapa, M. A. C. & Mahadi, Z. 2022. The lesser of two evils: Application of masalah-mafsadah criteria in islamic ethical-legal assessment of genetically modified mosquitoes in Malaysia. *Journal of bioethical inquiry* 19(4): 587-598. <https://doi.org/10.1007/s11673-022-10216-5>.
- Beauchamp, T.L & Childress, J.F. 1994. *Principles of Biomedical Ethics*. Ed ke-4. Oxford: Oxford University Press.
- Beauchamp, T.L. & Childress, J.F. 2013. *Principles of Biomedical Ethics*. Ed. ke-7 Oxford: Oxford University Press.
- Beech, C. J., Koukidou, M., Morrison, N. I. & Alphey, L. 2012. Genetically modified insects: science, use, status and regulation. *Collection of Biosafety Reviews* 6 (2012): 66-124.
- Dankar, F. K., Gergely, M. & Dankar, S. K. 2019. Informed consent in biomedical research. *Computational and Structural Biotechnology Journal* 17: 463-474.
- De Vellis, R. F. 1991. Scale development. Dlm. Schmidt, M., Kelle, A., Ganguli-Mitra, A. & de Vriend, H. (pnyt) Building related to genetically modified organisms in the Food, hlm. 234-250. Newbury Park, NJ: Sage Publication.
- Einsiedel, E. F. 2000. Cloning and its discontents-a Canadian perspective. *Nature Biotechnology*, 18 (9): 943-944.
- Idris, S.H., Abdul Majeed, A.B. & Lee, W.C. 2020. Beyond Halal: *Maqasid al-Shari'ah* to assess bioethical issues arising from genetically modified crops. *Science and Engineering Ethics* 26(3): 1463-1476.

- Gao, S., Lin, X. Coicaud, J., Gu, S., Gu, Y., Liu, Q., Qin, X., Sun, G., Wand, Z. & Zhang, C. 2019. Conceptualizing and measuring global justice: Theories, concepts, principles and indicators. *Fudan Journal of the Humanities and Social Sciences* 12: 511-546.
- Gaskell, G., Allum, N., Baouer, M., Durant, J., Allansdottir, A., Bonfadeli, H., Boy, D., Cheveigne, D. S., Fjaestad, B., Guttenling, J. M., Hampel, J., Jelsoe, E., Jesuino, J. G., Kohring, M., Krongerger, N., Midden, C., Nielsen, T. H., Przystalski, A., Rusanen, T., Sakellaris, G., Torgersen, H., Twardowski, T. & Wagner, W. 2000. Biotechnology and the European public. *Nature biotechnology* 18: 935-938.
- Hasim, N.A., Amin, L., Mahadi, Z. Mohamed Yusof, N.A., Che Ngah, A., Yaacob, M. & Abdul Aziz, A. 2019. Bioteknologi moden: Aplikasi. Status, isu etika dan perspektif penyelidik dan industri terhadap prinsip etika utama. *Akademika* 89(1): 57-69.
- Hasim, N.A. 2019. Kajian terhadap prinsip etika konvensional dan Islam dalam bioteknologi moden di Malaysia. Tesis Sarjana. Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Hasim, N.A., Amin, L., Mahadi, Z. Mohamed Yusof, N.A., Che Ngah, A., Yaacob, M. Olesen, A.P.O. & Abdul Aziz, A. 2020. The integration and harmonisation of secular and Islamic ethical principles in formulating acceptable ethical principles in formulating acceptable ethical guidelines for modern biotechnology in Malaysia. *Science and Engineering Ethics* 26: 1797-1825. <https://doi.org/10.1007/s11948-020-00214-4>.
- Ibn Abd al-Salam, Abu Muhammad, A. A. A. 2000. *al-Qawa'id al-Kubra, al-Mausu'ah bi Qawa'id al-Ahkam fi Islah al-Anam*. Jil. 1. Dimashq: Dar al-Qalam.
- Latifah, A., Azlan, N. A. A., Hamdan, M. F., Samian, A. L. & Haron, M. S. 2011. Awareness and knowledge on modern biotechnology. *African Journal of Biotechnology* 10(58): 12448-12456.
- Lee, H.L. & Nazni, W.A. 2012. Updates on genetically modified *Aedes aegypti* (L.) In Proceeding to 48th Annual Scientific conference of the Malaysia Society of Parasitology and Tropical Medicine.
- Malaysia. 2010a. Peraturan-peraturan Biokeselamatan (Kelulusan dan Pemberitahuan).
- Malaysia. 2010b. Akta Perlindungan Data Peribadi. (*Akta 709*).
- Sujak, S.F. 2012. Aplikasi bioteknologi moden tumbuhan menurut perspektif Islam. Tesis Sarjana. Universiti Kebangsaan Malaysia.

- Wallace, H. 2013. *Genetically Modified Mosquitoes: Ongoing Concerns*. Malaysia: Third World Network.
- WHO. 2008. Dengue and dengue haemorrhagic fever. Factsheet No 117, revised May 2008. Geneva, World Health Organization, 2008 (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/en/>).
- Wilke, A.B. & Marrelli, M.T. 2012. Genetic control of mosquitoes: Population suppression strategies. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*. 54(5): 287-292.