

**TINJAUAN POTENSI DAN RISIKO: ORGANISMA TERUBAHSUAI GENETIK
(GMO)
POTENTIAL AND RISKS OVERVIEW: GENETICALLY MODIFIED ORGANISMS
(GMO)**

SITI AMINAH MOHAMMAD^{1*}, LO CHOR WAI², FARNIDAH JASNIE³ & SHIRLEY ARVILLA
ANDREW⁴

^{1, 2, 3, 4} Fakulti Sains Gunaan, Universiti Teknologi MARA Cawangan Sabah, Kampus Kota Kinabalu
ct_syamin@uitm.edu.my

ABSTRAK

Penularan covid-19 telah memberi kesan kepada sosio ekonomi negara, secara tidak langsung ia telah mengubah landskap ekonomi negara terutamanya yang berkaitan dengan agromakanan. Menurut Laporan Risiko Global 2020 yang diterbitkan oleh Forum Ekonomi Dunia telah melaporkan bahawa pandemik boleh mendatangkan krisis makanan yang mengakibatkan kemerosotan bekalan makanan sehingga ke tahap kritikal. Seiring dengan Dasar Agromakanan Negara 2021-2030 (DAN 2.0) dengan memberi tumpuan khusus terhadap usaha mengukuhkan sekuriti makanan negara melalui pemodenan dan pertanian pintar. Organisma terubahsuai genetik (GMO) dilihat berpotensi dalam membantu mengukuhkan sekuriti makanan secara mampan namun terdapat banyak kontroversi yang berkaitan. Kertas kerja ini akan meninjau pengenalan terhadap teknologi GMO, potensi dan risiko terhadap kehidupan manusia secara umumnya dan akhirnya akan memberi kefahaman terhadap teknologi transgenik.

Kata Kunci: Organisma Terubahsuai Genetik, Sekuriti Makanan

ABSTRACT

The contagion of covid-19 has affected the socio-economy of the country, indirectly it has changed the economic landscape of the country especially related to agro-food. According

to the 2020 Global Risk Report published by the World Economic Forum, it has been reported that a pandemic could trigger a food crisis resulting in a decline in food supply to a critical level. In line with the National Agro-Food Policy 2021-2030 (DAN 2.0) with a special focus on efforts to strengthen the nation's food security through modernization and smart agriculture. Genetically modified organisms (GMOs) are seen to have potential in helping to strengthen food security in a sustainable manner but there is a lot of controversy involved. This paper will review the introduction to GMO technology, its potential and risks to human life in general and will ultimately provide an understanding of transgenic technology.

Key Words: Genetically Modified Organisms, Food Security

PENGENALAN

Pandemik covid-19 telah mengubah landskap ekonomi negara terutamanya yang berkaitan dengan agromakanan. Menurut Laporan Risiko Global 2020 yang diterbitkan oleh Forum Ekonomi Dunia telah melaporkan bahawa pandemik boleh mendatangkan krisis makanan yang mengakibatkan kemerosotan bekalan makanan sehingga ke tahap kritikal. Proses bioteknologi moden dalam menghasilkan organisma terubahsuai genetik (GMO) merupakan solusi yang berpotensi dalam menyelesaikan masalah sosio ekonomi negara yang berkaitan dengan sekuriti makanan, namun pemantauan dan kawalan terhadap GMO ini harus dimantapkan terutamanya yang berkaitan etika dan keselamatan pengguna dan alam sekitar.

Penerimaan dan kejayaan sesuatu teknologi dalam sesebuah masyarakat perlu mengambil kira ideologi bagi melahirkan kepercayaan dalam masyarakat itu sendiri. Kepesatan teknologi yang semakin canggih seperti penghasilan produk berasaskan kejuruteraan genetik menuntut pengguna untuk mencari solusi baru dalam isu-isu halal yang timbul. Penguatkuasa undang-undang memberi impak besar ke atas penerimaan pengguna kepada produk yang disahkan halal.

Organisma Terubahsuai Genetik (GMO) merujuk kepada tumbuhan atau haiwan yang diubah genetiknya sama ada dengan menambah, mengeluarkan atau menukar urutan DNA dengan cara yang tidak berlaku secara semula jadi (*European Food Safety Authority*, 2013). GMO adalah hasil kejuruteraan genetik. Tumbuhan, haiwan, dan mikroorganisma adalah asas untuk GMO (Batt, C.A., 2014). GMO telah mula diterima oleh para sarjana Islam sejak penghasilan chymosin sayuran atau rennet sintetik. Asas kepada penerimaan ini termasuklah fakta bahawa bahan genetik diasingkan daripada haiwan yang dibenarkan dan disalin ke sistem mikrob untuk menghasilkan bahan yang serupa dengan yang dihasilkan secara semula jadi. Oleh itu, sumber asal genetik pada dasarnya hilang semasa ia memasuki produk makanan. Penghasilan dan medium untuk pertumbuhan mikrob memenuhi keperluan halal. Kini, kebanyakan bahan makanan dan tanaman dihasilkan melalui pengubahsuaian genetik dan hanya sedikit persoalan yang timbul tentang penerimaannya (Chaudry, M. M. & Riaz, M. N., 2014).

Lazimnya, GMO melibatkan pemindahan DNA daripada satu spesies (contoh; bakteria, virus dan sebagainya) kepada yang lain untuk mendapatkan ciri-ciri yang diinginkan seperti rintangan perosak, pengeluaran yang lebih banyak, atau pertumbuhan yang dipertingkatkan. Ciri-ciri ini diperkenalkan ke dalam genetik tumbuhan atau haiwan, justeru, boleh dipindahkan kepada generasi seterusnya. Walaupun kedua-dua sumber makanan berasaskan tumbuhan

dan haiwan telah diubah suai secara genetik, kemasukan GMO ke dalam sistem makanan kebanyakannya terhasil daripada tumbuhan, terutamanya jagung, kacang soya dan biji sesawi (Liz, G. & Nicole, O.,2015).

Makanan yang diubah suai secara genetik (GM) telah menjadi faktor utama dalam pengeluaran makanan di Amerika Syarikat dan negara lain, tetapi ianya telah mencetuskan kontroversi. GM berpotensi untuk meningkatkan pengeluaran di kawasan yang kekurangan air dengan kurang penggunaan racun perosak dan berpotensi untuk diperkaya nutrisinya dari segi kualiti kandungan protein, vitamin dan kandungan mineral. Contoh terbaik adalah tanaman padi emas yang dibangunkan di Eropah (Tulchinsky, T. H. et. al., 2014).

Pengamal bioteknologi dan kejuruteraan genetik tumbuhan atau haiwan melihat teknik ini sebagai kesinambungan dan bukannya penyimpangan radikal daripada apa yang telah dilakukan oleh saintis selama beberapa dekad dengan memanipulasi genom tumbuhan dan haiwan melalui pembiakan terpilih. Manusia telah memilih tumbuhan untuk hasil yang lebih banyak, penghasilan yang cepat, toleransi kemarau, kemudahan penuaian, dan ciri-ciri lain yang diinginkan untuk jangka masa yang lama. Demikian juga dengan pemilihan haiwan tertentu untuk pembiakan bagi menghasilkan lebih banyak susu, menghasilkan lebih banyak daging, lebih jinak, dan lain-lain, untuk jangka masa yang lama. Kini, penyokong bioteknologi menyatakan bahawa mereka akan terus melakukan perkara yang sama dengan teknik yang membolehkan perubahan dicapai dengan lebih cepat, lebih cekap dengan hasil yang lebih baik dan boleh diramal (Robert, L. Z., 2006).

Menurut Pertubuhan Makanan dan Pertanian PBB (FAO), penyelidik untuk kedua-dua sektor awam dan swasta menganggap GMO sebagai satu set alat baharu yang utama. Industri pula melihat GMO sebagai peluang untuk meningkatkan keuntungan. Walau bagaimanapun, orang ramai di kebanyakan negara tidak mempercayai GMO dengan melihat GMO sebagai sebahagian daripada pengglobalisasian dan penswastan (Tulchinsky, T. H. et. al., 2014). Pakar perunding FAO pada Januari 2005 mengesyorkan agar pengguna tanaman GM bertanggungjawab untuk melaksanakan proses yang lengkap, bermula dengan pembangunan, menerusi penilaian risiko pra pengeluaran, pertimbangan biokeselamatan, dan pemantauan selepas pengeluaran.

Teknologi pengubahsuaian genetik (GM) boleh meningkatkan hasil tanaman dan menjadikan tanaman makanan berkualiti lebih tinggi dan mempunyai ciri-ciri ketahanan biotik dan abiotik seperti ketahanan terhadap perosak dan penyakit (Sedeek et al, 2019; Qaim & Kouser, 2013). ISAAA (2019) melaporkan peningkatan pengeluaran global tanaman GM dari 1.7 kepada 190.4 juta hektar, dengan peningkatan sebanyak 112 kali ganda, antara tahun 1996 hingga 2019. Amerika Syarikat merupakan pengeluar utama tanaman dan makanan GM di seluruh dunia dengan jumlah 71.5 juta hektar pada 2019, dan diikuti oleh Brazil dengan 52.8 juta hektar. Penanaman GM tertinggi adalah jagung, kacang soya dan *Bacillus thuringiensis* (Bt) kapas.

Di peringkat Asia, salah satu contoh agromakanan GM adalah penghasilan beras GM iaitu *golden rice* atau padi emas yang kaya dengan Vitamin A telah dibangunkan oleh Filipina, Vietnam, India, Bangladesh, China dan Indonesia sekitar tahun 1990. Malaysia juga telah menjalankan penyelidikan mengenai beras, betik, dan pisang yang diubah suai secara genetik. Sejajar dengan Dasar Agromakanan Negara 2021 – 2030 (DAN 2.0) dengan memberi penekanan khusus kepada usaha mengukuhkan sekuriti makanan negara melalui

pemodenan dan pertanian pintar, teknologi transgenik dalam GMO ini dilihat dapat membantu mengukuhkan sekuriti makanan secara mampan disamping membantu menyelesaikan masalah sosio-ekonomi negara.

Secara purata, penggunaan teknologi GM telah mengurangkan penggunaan racun perosak kimia sebanyak 37%, meningkatkan hasil tanaman sebanyak 22%, dan meningkatkan keuntungan petani sebanyak 68% (Klümper & Qaim, 2014; Brookes & Barfoot, 2017). Keuntungan hasil dan pengurangan racun perosak adalah lebih besar untuk tanaman tahan serangga berbanding tanaman tahan racun herba. Hasil dan keuntungan adalah lebih tinggi di negara membangun berbanding di negara maju (Klümper & Qaim, 2014; Brookes & Barfoot, 2017).

Secara umumnya, produk berasaskan GMO dalam industri agromakanan adalah berpotensi tinggi, kerana ia menawarkan faedah seperti peningkatan hasil, pemakanan yang lebih baik, dan ketahanan terhadap perosak dan penyakit (Abdul Azizi et al, 2022). Di samping itu, kos penggunaan racun perosak dapat dikurangkan dan makanan kejuruteraan genetik dilaporkan mempunyai nutrien yang tinggi dan mengandungi lebih banyak mineral dan vitamin daripada yang terdapat dalam makanan yang ditanam secara tradisional.

Kewujudan teknologi baharu seperti sel stem dan GMO menyebabkan kebanyakan syarikat biosains berdepan dengan soalan etika perubatan dan penyelidikan tradisional yang berkaitan dengan pembangunan dan ujian klinikal produk mereka. Peserta ujian klinikal menjelaskan bahawa sentiasa ada kebimbangan dalam ujian klinikal tentang keselamatan, keseimbangan risiko dan manfaat, dan persetujuan dimaklumkan sewajarnya. Walau bagaimanapun, mereka faham bahawa terdapat banyak protokol dan garis panduan kawal selia yang ditetapkan sehingga isu yang timbul selalunya lebih kepada memastikan pelaksanaan yang betul dan konsisten daripada menangani etika yang belum diketahui (David, L. F. et. al. 2005).

Kertas kerja ini meninjau dan memberi kefahaman ke atas pengenalan teknologi GMO, potensi dan risiko terhadap kehidupan manusia, di mana justifikasi penelitian terhadap isu GMO dirujuk daripada kajian-kajian lepas, akhbar/artikel, polisi dan buku-buku yang berkaitan.

ORGANISMA TERUBAHSUAI GENETIK (GMO)

Organisma terubahsuai genetik (GMO) bermaksud organisma seperti tumbuh-tumbuhan dan haiwan yang mengalami proses pengubahsuaian bahan genetic dan DNA melalui proses kejuruteraan genetik. Proses pengubahsuaian genetik ini melibatkan penyusunan baru DNA pada organisma yang telah dimasukkan kod genetik daripada organisma lain dan ia berlaku secara tidak semulajadi (Shtulman et al., 2020). DNA akan menentukan sifat sesuatu organisma dan DNA merupakan molekul dalam sel yang membawa gen. Oleh itu, tujuan utama GMO ini adalah menghasilkan organisma yang berkualiti tinggi dengan sifat-sifat istimewa antaranya meningkatkan kesuburan tanaman, menampung keperluan nutrisi, meningkatkan daya tahan melawan penyakit, melambatkan proses kematangan, dan mempunyai ketahanan terhadap cuaca (Cheng, Q. et. al., 2018).

Pada tahun 1994, 'Flavour Saver tomato' transgenik telah diluluskan oleh Food and Drug Administration (FDA) untuk pemasaran di Amerika Syarikat. Pengubahsuaian itu membolehkan tomato lambat matang selepas dipetik (Kramer & Redenbaugh, 1994). Pada tahun seterusnya, beberapa tanaman transgenik menerima kelulusan pemasaran di Amerika

Syarikat. Ini termasuk kanola dengan komposisi minyak diubah suai (Calgene), *Bacillus thuringiensis* (Bt) jagung (Ciba-Geigy), kapas tahan terhadap racun bromoxynil (Calgene), kapas Bt (Monsanto), kentang Bt (Monsanto), kacang soya tahan glifosat racun (Monsanto), dan tomato (DNAP, Zeneca/Peto dan Monsanto) (Bawa, A. S., & Anilakumar, K. R., 2013).

Daripada Jadual 4.1 dapat diperhatikan bahawa produk tanaman terubahsuai genetik telah bermula sejak tahun 1990-an dimana negara China merupakan negara pertama menghasilkan produk tanaman terubahsuai genetik dengan menghasilkan tembakau transgenik yang mempunyai sifat istimewa ketahanan dalam rintangan terhadap virus. Negara Amerika Syarikat telah menguasai penghasilan produk tanaman terubahsuai genetik dengan menghasilkan produk seperti kapas, kacang soya, jagung, dan kentang yang tahan kepada rintangan terhadap serangan perosak. Di Asia, Filipina merupakan negara pertama yang mendapat kelulusan dalam penanaman beras emas secara komersial, dimana beras emas ini mempunyai ciri-ciri istimewa seperti mempunyai vitamin A.

Tanaman Terubahsuai Genetik dan negara pengeluar dari 1992 hingga kini

Tanaman GM	Sifat	Negara Pengeluar	Tahun bermula	Sumber
Tembakau Transgenik	Rintangan terhadap virus	China	1992	Schiemann et al, 2021
Tomato	jangka hayat tinggi	Amerika Syarikat, Mexico, China	1994	Schiemann et al, 2021
Kapas	Rintangan terhadap perosak	Amerika Syarikat, Australia, Mexico	1996	Schiemann et al, 2021
Kacang soya	Rintangan terhadap racun herba	Amerika Syarikat	1996	Schiemann et al, 2021
Jagung	Rintangan terhadap perosak	Amerika Syarikat	1996	Schiemann et al, 2021
Kanola	Rintangan terhadap racun herba	Kanada	1996	Schiemann et al, 2021
Kentang	Rintangan terhadap serangga	Amerika Syarikat	1996	Schiemann et al, 2021
Salmon	Pengubahsuaian gen pertumbuhan	Amerika Syarikat, Canada	2017	ISAAA (2013)
Beras emas	Lebih vitamin A	Filipina	2019	ISAAA (2019)

Di Malaysia tanaman terubahsuai genetik yang pertama telah dihasilkan oleh Institut Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian Malaysia (MARDI). Beras wangi tanaman terubahsuai genetik yang dihasilkan dengan varieti padi MRQ 103 dijangka memberikan variety yang berkualiti dan sesuai untuk menjaga kesihatan terutamanya bagi pesakit kencing manis (Berita Harian, 2021).

Sejajar dengan Dasar Agromakanan Negara 2021 – 2030 (DAN 2.0) dengan memberi penekanan khusus kepada usaha mengukuhkan sekuriti makanan negara melalui pemodenan dan pertanian pintar. Teknologi transgenic dalam GMO ini dilihat dapat membantu mengukuhkan sekuriti makanan secara mampan disamping membantu menyelesaikan masalah sosio-ekonomi negara.

Setiap negara yang meluluskan produk diubah suai genetik telah menubuhkan badan kawal selia selain menggubal undang-undang dan ordinan untuk melindungi rakyatnya. Di Malaysia, Akta Biokeselamatan Malaysia dan badan pentadbir lain seperti Lembaga Biokeselamatan Kebangsaan (NBB) serta Jawatankuasa Penasihat Pengubahsuaian

Genetik (GMAC) memainkan peranan penting untuk mengawal produk diubah suai genetik. Hasil kajian Sandrasaigaran, P., et. al. (2021) mendapati penerimaan orang ramai terhadap produk diubah suai genetik di Malaysia adalah kurang memberangsangkan. Secara amnya, penduduk Malaysia mengamalkan sikap berhati-hati dengan produk diubah suai genetik walaupun merasakan manfaat, risiko dan aspek moral pada tahap sederhana. Sikap rakyat Malaysia terhadap produk diubah suai genetik juga berbeza-beza disebabkan oleh kekurangan pengesahan daripada pihak berkuasa kerajaan dan agama yang boleh dipercayai dalam memastikan keselamatan dan status Halal, kurang keyakinan terhadap badan kawal selia, dan kebimbangan mengenai perlindungan harta intelek.

Kajian yang dijalankan oleh D. Nataqhain et al. 2021, menggunakan konsep *halalan toyyiban* dan penilaian daripada *maqasid syariah* yang telah ditetapkan untuk menentukan status hukum dan aspek keselamatan teknologi pengubahsuaian genetik dalam produk makanan. Hasil kajian mendapati bahawa produk diubah suai genetik dianggap menepati konsep *halalan toyyiban* sekiranya ia mengikut keenam-enam prinsip konsep tersebut iaitu prinsip halal, berkhasiat, diterima fitrah jiwa sejahtera, selamat, bersih dan bebas syubhah. Penilaian produk diubah suai genetik menggunakan konsep *maqasid syariah* dapat dinilai melalui tiga masalah utama iaitu *dharuriyyat* (keperluan), *hajiyyat* (kehendak) dan *tahsiniyyat* (kesempurnaan). Penerimaan, kesedaran dan persepsi terhadap produk diubah suai genetik belum mencukupi untuk memenuhi pasaran Malaysia dan walaupun ianya dijangka memainkan peranan utama dalam jangka masa panjang. Penilaian status *halalan toyyiban* terhadap produk diubah suai genetik memberikan pemahaman yang lebih baik kepada pengguna (Azlin A.M.Z. et. al. (2020) & Md Rapi, N. R. et. al. (2020)).

RISIKO ORGANISMA TERUBAHSUAI GENETIK (GMO)

Proses transgenik yang berlaku dalam penghasilan GMO dan GMF melibatkan proses pengubahsuaian gen secara tidak semulajadi. Oleh itu ia mendatangkan kerisauan kepada orang awam, antara risiko yang sering diperkatakan berkaitan produk ini boleh dikelaskan kepada tiga kategori iaitu kesan kepada kesihatan manusia, kesan kepada ekosistem dan yang berkaitan isu etika.

Kesan teknologi transgenik ini pastinya mendatangkan kerisauan terhadap kesan kepada pengguna, antara kerisauan risiko ini adalah ia berkemungkinan berpotensi mencetuskan alahan dan rintangan antibiotik, wujudnya peningkatan toksin dalam makanan yang terhasil, dan persepsi risiko kesihatan jangka panjang seperti risiko kanser.

Kesan terhadap ekosistem juga mendatangkan kebimbangan dimana tanaman terubahsuai genetik ini berkemungkinan mewujudkan superbug, serangga perosak sekunder meningkat akibat daripada pengurangan serangga perosak utama (gangguan rantai makanan), berlaku mutasi gen, gen dan protein melibatkan proses yang dinamik, maka kesan jangka panjang belum diketahui.

Manakala daripada segi etika, dilihat GMO dan GMF ini akan dimonopoli syarikat Agri-bioteknologi dan ini akan memberi kesan kepada pengusaha atau pekebun kecil. Kerisauan berkemungkinan penyelidikan yang tidak menyeluruh seperti mengabaikan ujian toksikologi juga menjadi kebimbangan pengguna. Namun semua aspek risiko yang dinyatakan itu telah menjadi parameter penilaian produk GMO dan GMF yang diketuai oleh Pertubuhan Kesihatan Sedunia (WHO). Food and Agriculture Organization (FAO) iaitu badan dibawah

Pertubuhan Bangsa-bangsa Bersatu adalah antara badan yang menilai dan meluluskan produk GMO dan GMF. U.S Food and Drug Administration (FDA) telah mengeluarkan laporan bahawa produk GMO dan GMF yang telah melalui penilaian badan-badan tertentu contohnya WHO dan FAO adalah selamat untuk digunakan dan tidak mengakibatkan kesan buruk kepada alam sekitar (*Center for Food Safety and Applied Nutrition, 2022*).

Dalam sektor agromakanan khususnya, tanaman yang diubah suai secara genetik (GM) memberi manfaat ekonomi yang besar dan berpotensi menyumbang kepada keselamatan makanan dengan meningkatkan hasil tanaman, memanjangkan jangka hayat dan meningkatkan kualiti hasil tanaman. Namun, walaupun kemajuan yang dicapai dalam penggunaan GMO di seluruh dunia semakin meningkat, kebanyakan negara membangun dan negara-negara Afrika yang menghadapi masalah kekurangan makanan masih tidak menerima pakai teknologi GM kerana kesedaran dan pengetahuan yang rendah berkaitan GMO, diburukkan lagi dengan perdebatan anti-GMO yang tidak berkesudahan (Gbadegesin et al., 2022). Oleh itu, peranan semua pihak seperti pemimpin akar umbi, pengubal/pembuat polisi, pemain perniagaan tani, badan-badan kerajaan dan bukan kerajaan perlu sama-sama dalam meningkatkan pengetahuan dan kesedaran berkaitan teknologi GMO kepada masyarakat.

Penggunaan teknologi GM dalam tanaman dan produk makanan telah mencetus kebimbangan masyarakat terutama yang berkaitan dengan alahan, namun tiada bukti yang kukuh. Di Amerika Syarikat, US Food & Drug Administration (FDA) telah menyatakan bahawa produk dan makanan GM adalah sihat dan selamat dimakan seperti produk makanan bukan GM (FDA, 2022).

Penggunaan produk GMO juga merupakan isu kompleks yang melibatkan kedua-dua perspektif saintifik dan agama. Artikel Mohd Fadzli et al., (2019) membincangkan ciri-ciri produk yang diubah suai secara genetik dari perspektif saintifik dan Maqasid Shari'ahnya dari perspektif Islam. Didapati jika produk GMO telah mencapai halalan tayyiban kerana makanan dan sumbernya adalah halal; dan memenuhi keperluan bersih, selamat, berkhasiat, dan bebas daripada syubhah. Walau bagaimanapun, ia tetap mendatangkan kebimbangan mengenai penggunaan teknologi GMO, terutamanya kerana potensinya untuk mengubah komposisi semula jadi makanan dan menyebabkan kemudaratan kepada kesihatan manusia dan alam sekitar.

KAWALAN ORGANISMA TERUBAHSUAI GENETIK (GMO)

GMO merupakan pengubahsuaian DNA organisma sama ada tumbuhan atau haiwan melalui teknologi kejuruteraan genetic. Tujuan utama teknologi transgenic ini adalah untuk menghasilkan organisma yang lebih baik dan bermutu tinggi. Walau bagaimanapun, teknik bioteknologi yang digunakan untuk GMO ini melibatkan pengubahsuaian dan pemindahan gene secara tidak semulajadi. Oleh itu, langkah kawalan perlu dititik beratkan untuk melindungi pengguna dan alam sekitar daripada produk GMO atau makanan yang terhasil daripada GMO (GMF) yang boleh memudaratkan kesihatan dan alam sekitar akibat kesan transgenik. Garis panduan dan undang-undang global yang disediakan seperti daripada Pertubuhan Kesihatan Sedunia, *American Association for The Advancement of Science*, *United Nations Food and Agriculture Organization* dan *British Royal Society* adalah bertujuan untuk memastikan prosedur GMO dan GMF mencapai tahap perlindungan yang tinggi kepada kesihatan manusia, haiwan dan alam sekitar (Turnbull, C. et. al., 2021).

Di Malaysia ada beberapa pendekatan dalam mengawal GMO dan GMF seperti undang-undang, peraturan-peraturan, dan fatwa melalui majlis fatwa kebangsaan. Pendekatan strategik ini merangkumi penyediaan, pemprosesan, pelabelan produk, pengimportan, pengeksporan dan status halal produk. Undang-undang yang mengawal pelabelan produk GMO dan GMF adalah Akta Makanan 1983 dan Peraturan-peraturan Makanan 1985. Manakala Akta Biokeselamatan 2007 dan Akta Makanan 1983 mengawal penyediaan, penjualan dan penggunaan GMO dan GMF. Akta Kuarantin Tumbuhan 1976 dan Akta Perlindungan Varieti Tumbuhan Baharu 2004 mengawal yang berkaitan tumbuhan seperti tumbuhan berbahaya, penyakit tumbuhan dan hak pembiak baka bagi varieti baru tumbuhan, Jadual 6.1 menunjukkan Akta/Peraturan yang mengawal GMO dan GMF di Malaysia.

Dalam membantu peningkatkan kesedaran dan penerimaan masyarakat, pengawalseliaan di bawah Akta Biokeselamatan perlu ditekankan ke atas risiko tanaman yang diubah suai secara genetik terhadap kesihatan manusia dan alam sekitar.

Akta/Peraturan yang mengawal GMO dan GMF di Malaysia

Akta/Peraturan	Kawalan	Sumber
Akta Makanan 1983	“Melindungi orang ramai terhadap bahayanya di segi kesihatan dan penipuan pada penyediaan, penjualan dan penggunaan makanan, dan mengenai perkara yang bersampingan atau berkaitan dengannya.”	Bahagian Keselamatan Dan Kualiti Makanan, Kementerian Kesihatan Malaysia
Peraturan-peraturan Makanan 1985	Prosedur mengambil sampel, pelabelan, bahan tambahan makanan dan nutrient tambahan	Bahagian Keselamatan Dan Kualiti Makanan, Kementerian Kesihatan Malaysia
Akta Biokeselamatan 2007	“Pelepasan, pengimportan, pengeksporan dan kegunaan terkawal organisma diubah suai yang hidup, dan pelepasan hasilan organisma sedemikian, dengan tujuan melindungi kesihatan manusia, tumbuh-tumbuhan dan haiwan, alam sekitar dan kepelbagaian biologi, dan jika terdapat ancaman kerosakan yang tidak dapat dikembalikan seperti sedia kala, kekurangan bukti saintifik yang sepenuhnya tidak boleh dijadikan sebab untuk tidak mengambil tindakan untuk mencegah kerosakan itu; dan untuk mengadakan peruntukan bagi perkara-perkara yang berkaitan dengannya.”	Undang-undang Malaysia, Akta 678
Akta Kuarantin Tumbuhan 1976	“Kawalan, pencegahan dan pembasmian pertanian perosak, tumbuhan berbahaya dan penyakit tumbuhan dan untuk memanjangkan Kerjasama dalam mengawal pergerakan perosak masuk perdagangan antarabangsa untuk perkara yang berkaitan dengannya.”	Jabatan Pertanian, Kementerian Pertanian dan industry Makanan

Akta Perlindungan Varieti Tumbuhan Baharu 2004	“Perlindungan hak pembiak baka bagi varieti baru tumbuhan, dan pengiktirafan serta perlindungan ke atas sumbangan yang dibuat oleh petani, masyarakat tempatan dan pribumi terhadap pengujudan varieti baru tumbuhan; untuk menggalakkan pelaburan dan pembangunan dalam pembiakbakaan varieti baru tumbuhan dalam sektor awam dan swasta; dan untuk mengadakan peruntukan bagi perkara-perkara yang berhubungan dengannya.”	Undang-undang Malaysia, Akta 634
--	--	----------------------------------

Status halal produk GMO dan GMF adalah merupakan persoalan yang sering menjadi isu dikalangan pengguna. Sejalan dengan pembangunan dan perkembangan produk GMO dan GMF ini, Majlis Fatwa Kebangsaan telah mengeluarkan Fatwa untuk menggariskan piawaian dalam pemilihan produk halal dan baik yang berkaitan produk GMO dan GMF. Jadual 6.2 menunjukkan fatwa yang telah dikeluarkan oleh Majlis Fatwa Kebangsaan yang berkaitan garis panduan status halal produk GMO dan GMF.

Senarai Fatwa berkaitan garis panduan status halal produk GMO dan GMF di Malaysia.

Fatwa	Tahun	Inti Pati
Bioteknologi Dalam Makanan dan Minuman	1999	Barangan, makanan dan minuman yang diproses melalui kaedah bio-teknologi DNA babi adalah haram.
Garis Panduan Pengeluaran, Penyediaan, Pengendalian & Penyimpanan Makanan Halal	2000	Panduan bagi industry makanan yang bertujuan menyediakan peraturan asas bagi barangan makanan serta perdagangan dan perniagaan makanan
Memakan Makanan Terubahsuai Genetik (<i>Genetic Modified Food</i>)	2011	Penghasilan dan penggunaan bahan-bahan yang diharamkan dalam GMF dan boleh memudaratkan kepada manusia dan alam sekitar adalah dilarang. Manakala penggunaan haiwan ternakan yang halal dibolehkan sekiranya haiwan tersebut disembelih mengikut kaedah syarak.
Penghasilan Monosodium Glutamat Menggunakan Mikro Organisma Terubahsuai	2014	Penggunaan Mikro Organisma Terubahsuai iaitu Lactic Acid Bacteria yang diperolehi daripada usus orang dewasa dalam penghasilan Monosodium Glutamat (MSG) adalah dibenarkan kerana bakteria yang digunakan tersebut dikategorikan sebagai <i>mutanajjis</i> dan perlu melalui proses dipencilkan dan dipurifikasikan. Proses pengasingan dan penyucian ini tidak menyalahi hukum Syarak.

(Sumber: Anas, N. et al., 2016, e-Sumber Maklumat Fatwa, JAKIM)

KESIMPULAN

Teknologi transgenik dalam GMO dilihat dapat membantu mengukuhkan sekuriti makanan secara mampan disamping membantu menyelesaikan masalah sosio-ekonomi negara, seiring dengan Dasar Agromakanan Negara 2021 – 2030 (DAN 2.0) dengan memberi

penekanan khusus kepada usaha mengukuhkan sekuriti makanan negara melalui pemodenan dan pertanian pintar.

Setakat ini, belum ada bukti saintifik dan tiada maklumat konklusif ke atas kesan negatif GMO terhadap kesihatan atau alam sekitar. Namun kawalan dan pemantauan daripada pihak berwajib terhadap teknologi transgenic ini perlu dibuat terutama yang berkaitan etika, keselamatan dan kesihatan.

Perkembangan produk diubah suai genetik di Malaysia menimbulkan pelbagai kontroversi. Industri makanan ternakan Malaysia adalah pengimport penting produk kejuruteraan genetik (GE). Setakat September 2022, Lembaga Biokeselamatan Kebangsaan telah meluluskan 57 jenis produk GE ke dalam pasaran Malaysia (*Malaysia: Agricultural Biotechnology Annual 2022*) iaitu dengan peningkatan sebanyak 14 peratus daripada tahun 2021. Pada masa ini, Malaysia tidak mempunyai sebarang pengeluaran domestik bioteknologi tumbuhan. Walaubagaimanapun, Malaysia terus meningkatkan bilangan produk GE yang diluluskan untuk kegunaan komersial. Komuniti pertanian Malaysia menyokong penggunaan bioteknologi yang diperluaskan, sebagaimana permintaan import yang kukuh untuk produk GE yang diluluskan dalam industri makanan ternakan. Penerimaan pengguna berbeza-beza dan penganalisis pasaran percaya bahawa sentimen akan diuji sekiranya undang-undang pelabelan wajib dikuatkuasakan. Tidak ada pembangunan produk bioteknologi haiwan pada masa ini di Malaysia dan pihak berkuasa Pembangunan Islam Malaysia (JAKIM) menentang pengeluaran dan pembangunan produk bioteknologi haiwan untuk tujuan penggunaan di Malaysia. JAKIM bagaimanapun, membenarkan penggunaan bijirin GE untuk makanan haiwan.

RUJUKAN

- Abdul Aziz, M., Brini, F., Rouached, H., & Masmoudi, K. (2022). Genetically engineered crops for sustainably enhanced food production systems. *Frontiers in plant science*, 13, 1027828. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1027828>
- Abdul Ghani Wahab. (2022) Malaysia: Agricultural Biotechnology Annual. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Agricultural%20Biotechnology%20Annual_Kuala%20Lumpur_Malaysia_MY2022-0014.pdf
- Akta Biokeselamatan 2007 (Akta 678) Retrieved April 17, 2023 from https://www.biosafety.gov.my/Akta_Biokeselamatan_2007. Undang-undang Malaysia, Akta 678. Diambil daripada https://www.kasa.gov.my/resources/alam-sekitar/Akta-Biokeselamatan-2007_Akta-678.pdf
- Akta Kuarantin Tumbuhan 1976. Jabatan Pertanian, Kementerian Pertanian dan industry Makanan. Diambil daripada <http://www.doa.gov.my/index.php/pages/view/341>
- Akta Makanan 1983. Bahagian Keselamatan Dan Kualiti Makanan, Kementerian Kesihatan Malaysia. Diambil daripada <http://fsq.moh.gov.my/v6/xs/page.php?id=323>
- Akta Perlindungan Varieti Tumbuhan Baharu 2004. Undang-undang Malaysia, Akta 634. Diambil daripada <http://pvpbkk.doa.gov.my/Legislation/Download/Akta%20Perlindungan%20Varieti%20Baru%20Tumbuhan.pdf>
- Anas, N., Engku, A. & Yaacob, Z., (2016). Penyelesaian Isu-isu Bioteknologi Moden Melalui Portal e-Fatwa
- Azlin A.M.Z., Jamaluddin R, Baki R, Enio M.S.K. & J. Ho Abdullah, S., (2020). Awareness and Acceptance Of Genetic Modified Food (GMF) Among The Malaysian Consumers. *Jurnal Bisnis dan Perbankan UMSIDA*. Volume 6, Issue 1. Pp. 56-62. <https://doi.org/http://doi.org/10.21070/jbmp.v6i1.424>
- Batt, C.A., (2014). Genetic Engineering. *Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition) 2014*, Pages 83-87
- Bawa, A. S., & Anilakumar, K. R., (2013). Genetically modified foods: Safety, risks and public concerns - A review. *Journal of Food Science and Technology*, 50(6), 1035–1046. <https://doi.org/10.1007/S13197-012-0899-1>
- Berita Harian, November 2021. Diambil daripada <https://www.bharian.com.my/berita/nasional/2021/11/882581/mardi-hasilkan-varieti-padi-beras-wangi-indeks-glisemik-rendah>

- Bevan, M. W., Flavell, R. B. & Chilton, M. D., (1983). A chimaeric antibiotic resistance gene as a selectable marker for plant cell transformation. *Nature*, 304(5922), 184–187. <https://doi.org/10.1038/304184a0>
- Brookes, G., & Barfoot, P. (2017). Environmental impacts of genetically modified (GM) crop use 1996-2015: Impacts on pesticide use and carbon emissions. *GM crops & food*, 8(2), 117–147. <https://doi.org/10.1080/21645698.2017.1309490>
- Brophy, B., Smolenski, G., Wheeler, T., Wells, D., L'Huillier, P., & Laible, G. (2003). Cloned transgenic cattle produce milk with higher levels of β -casein and κ -casein. *Nature Biotechnology*, 21, 157–162. <https://doi.org/10.1038/nbt783>
- Chaudry, M. M. & Riaz, M. N., (2014). Safety of Food and Beverages: Halal Food Requirements. *Encyclopedia of Food Safety, Volume 3, 2014*, Pages 486-491
- Crop Boom – A Review. *Frontiers in Plant Science*, 12.
- D. Nataqhain, M. A. W. Harun & A. S. Baharuddin (2021). Produk Makanan Ubah Suai Genetik (GMF) Dalam Perspektif Konsep Halalan Toyyiban Berdasarkan Penilaian Maqasid Hifz An Nafs. *Malaysian Journal Syariah and Law*. Vol. 9, No. 1, pp. 73-99. <https://doi.org/10.33102/mjssl.vol9no1.284>
- David, L. F., Cécile, M. B., Abdallah, S. D., Margaret. L. E., Béatrice, G., Bartha, M. K., Jocelyn, E. M., Peter, A. S., (2005). LESSONS FOR COMPANIES AND FUTURE ISSUES. *BioIndustry Ethics 2005*, Pages 331-354
- European Food Safety Authority (EFSA), 2013. Genetically Modified Animals [online] <http://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/gmanimals.htm> (accessed 10.10.13.).
- Fatwa Bioteknologi Dalam Makanan dan Minuman 1999. e-Sumber Maklumat Fatwa, JAKIM. Diambil daripada <http://e-smaf.islam.gov.my/e-smaf/fatwa/fatwa/find/pr/15279>
- Fatwa Memakan Makanan Terubahsuai Genetik (Genetic Modified Food) 2011. e-Sumber Maklumat Fatwa, JAKIM. Diambil daripada <http://e-smaf.islam.gov.my/e-smaf/index.php/main/mainv1/fatwa/pr/10278>
- Fatwa Penghasilan Monosodium Glutamat (Msg) Menggunakan Mikro Organisma Terubahsuai 2014. e-Sumber Maklumat Fatwa, JAKIM. Diambil daripada <http://e-smaf.islam.gov.my/e-smaf/index.php/main/mainv1/fatwa/pr/10315>
- Garis Panduan Pengeluaran, Penyediaan, Pengendalian & Penyimpanan Makanan Halal 2000. e-Sumber Maklumat Fatwa, JAKIM. Diambil daripada http://e-smaf.islam.gov.my/e-smaf/assets/files/oldite/garis_panduan_mengenai_pengeluaran_penyediaan_pengendalian_dan_penyimpanan_makanan_halal.pdf
- Gbadegehin, L. A., Ayeni, E. A., Tettey, C. K., Uyanga, V. A., Aluko, O. O., Ahiakpa, J. K., Okoye, C. O., Mbadianya, J. I., Adekoya, M. A., Aminu, R. O., Oyawole, F. P., & Odufuwa, P. (2022). GMOs in Africa: Status, adoption and public acceptance. *Food Control*, 141, 109193. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109193>
- Goeddel, D. V, Kleid, D. G., Bolivar, F., Heyneker, H. L., Yansura, D. G., Crea, R., Hirosef, T., Kraszewskit, A., Itakuraf, K., & Riggstt, A. D. (1979). *Expression in Escherichia coli of chemically synthesized genes for human insulin (plasmid construction/lac operon/fused proteins/radioimmunoassay/peptide purification)* (Vol. 76, Issue 1). <https://www.pnas.org>
- Gordon, J. W., & Ruddle, F. H. (1981). Integration and stable germ line transmission of genes injected into mouse pronuclei. *Science*, 214(4526), 1244–1246. <https://doi.org/10.1126/science.6272397>
- ISAAA (2019) Biotech Crops Highlight. <https://www.isaaa.org/resources/publications/pocketk/16/#:~:text=The%20most%20planted%20biotech%20crops,crops%20or%2091.9%20million%20hectares> (Accessed 16 April 2023)
- JAKIM di Malaysia [Review of *Penyelesaian Isu-isu Bioteknologi Moden Melalui Portal e-Fatwa JAKIM di Malaysia*]. *Proceedings: Language, Education, & Civilisation International Conference*.
- Klümper, W., & Qaim, M. (2014). A meta-analysis of the impacts of genetically modified crops. *PloS one*, 9(11), e111629. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111629>
- Kramer, M.G., Redenbaugh, K. (1994) Commercialization of a tomato with an antisense polygalacturonase gene: Liz, G., & Nicole, O., (2015). Alternative Food Movements. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences (Second Edition)*, 2015
- Md Rapi, N. R., Kamarulzaman, N. H., Ismail, & N.W., (2020). Factors that Influence Acceptance of GM Labels on Halal Food among Muslim Consumers. *Malaysian Journal of Agricultural Economics*. 29(1): a0000160. <https://doi.org/10.36877/mjae.a0000160>
- Mohd Fadzli, S. D. N., Wan Harun, M. A., Baharuddin, A. S., & Reza Adnan, M. R. A. (2021). Produk makanan ubah suai genetik (gmf) dalam perspektif konsep *halalan toyyiban* berdasarkan penilaian *maqasid hifz an nafs*: genetically modified food products (GMF) in the concept of *halalan toyyiban* perspective based on the *maqasid hifz an nafs* evaluation. *Malaysian Journal of Syariah and Law*, 9(1), 73-85. <https://doi.org/10.33102/mjssl.vol9no1.284>

- N. A. Hasim, L. Amin, Z. Mahadi, N. A. M. Yusof, A. C. Ngah, M. Yaacob & A. A. Aziz. (2019). Bioteknologi Moden: Aplikasi, Status, Isu Etika dan Perspektif Penyelidik dan Industri terhadap Prinsip Etika Utama. *Akademika* 89(1), April 2019: 57-69. <https://doi.org/10.17576/akad-2019-8901-05>
- Peraturan-peraturan Makanan 1985. Bahagian Keselamatan Dan Kualiti Makanan, Kementerian Kesihatan Malaysia. Diambil daripada <http://fsq.moh.gov.my/v6/xs/page.php?id=72>
- Qaim, M., & Kouser, S. (2013). Genetically modified crops and food security. *PloS one*, 8(6), e64879. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064879>
- Robert, L. Z., (2006). *Biotechnology. Agriculture's Ethical Horizon 2006*, Pages 137-177
- S. Sanmugam, S. Sivakumar, T. Gobalakrishnan, T. Sarawanan, P. Rashmi Abeweera, & P. Sandrasaigaran, (2021). "Perception and Acceptance of Genetically Modified Foods in Malaysia", *Malaysian J. Sci. Adv. Tech.*, vol. 1, no. 4, pp. 144–150, Nov. 2021. <https://doi.org/10.56532/mjsat.v1i4.29>
- Sedeek, K. E. M., Mahas, A., & Mahfouz, M. (2019). Plant Genome Engineering for Targeted Improvement of Crop Traits. *Frontiers in plant science*, 10, 114. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00114>
- Shtulman, A., Share, I., Silber-Marker, R., & Landrum, A. R. (2020). OMG GMO! Parent-child conversations about genetically modified foods. *Cognitive Development*, 55, 100895. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2020.100895>
- The FLAVR SAVR™ tomato story. *Euphytica* 79, 293–297. <https://doi.org/10.1007/BF00022530>
- The Global Risks Report 2020. World Economic Forum. Diambil daripada <https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2020>
- Tulchinsky, T. H., Karem, E. & Varavikova, E. A., (2014). Nutrition and Food Safety. *The New Public Health (Third Edition)*, Pages 419-469
- Turnbull, C., Lillemo, M. & Hvoslef-Eide, T., (2021). Global Regulation of Genetically Modified Crops Amid the Gene Edited