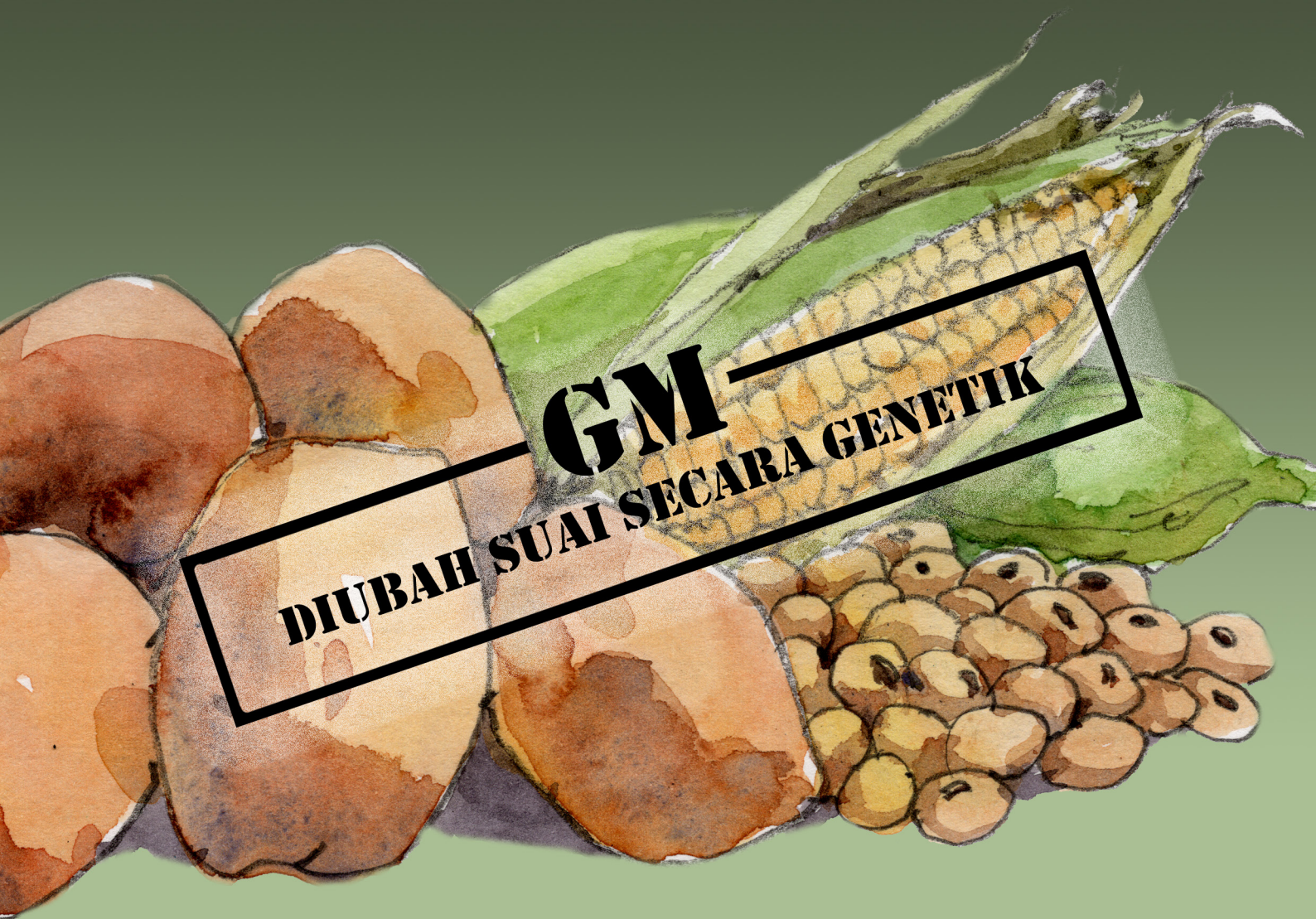


Tanaman Ubah Suai Genetik dalam Sistem Makanan Malaysia



TWN
Third World Network



Tanaman Ubah Suai Genetik dalam Sistem Makanan Malaysia

TWN
Third World Network



Tanaman Ubah Suai Genetik dalam Sistem Makanan Malaysia

Diterbitkan oleh

Third World Network Bhd (198701004592 (163262-P)), 131 Jalan Macalister,
10400 Pulau Pinang, Malaysia

dan

Persatuan Pengguna-Pengguna Pulau Pinang, 10 Jalan Masjid Negeri, 11600 Pulau Pinang,
Malaysia

dan

Sahabat Alam Malaysia, 10 Jalan Padang Tembak, 11400 Pulau Pinang, Malaysia

dan

Forum Kedaulatan Makanan Malaysia, c/o B-05-03, 3 Two Square, 2 Jalan 19/1,
46300 Petaling Jaya, Selangor, Malaysia

Third World Network ialah sebuah organisasi penyelidikan dan advokasi antarabangsa bebas tanpa keuntungan yang terlibat dalam memperjuangkan keperluan, aspirasi dan hak rakyat di Selatan serta mempromosikan pembangunan yang adil, saksama dan berasaskan ekologi.

Persatuan Pengguna-Pengguna Pulau Pinang ialah sebuah organisasi masyarakat sivil akar umbi tanpa keuntungan yang ditubuhkan untuk memupuk kesedaran kritikal dan tindakan dalam kalangan rakyat bagi mempertahankan hak dan kepentingan pengguna, melalui pendidikan, mobilisasi komuniti, penyelidikan, advokasi, latihan dan penerbitan.

Sahabat Alam Malaysia ialah sebuah organisasi bebas tanpa keuntungan yang memberi tumpuan kepada isu-isu alam sekitar yang memberi kesan kepada komuniti di seluruh Malaysia.

Forum Kedaulatan Makanan Malaysia ialah sebuah platform untuk perbincangan dan tindakan dalam hal-hal berkaitan keselamatan makanan dan kedaulatan makanan, dengan keahlian kira-kira 100 terdiri daripada organisasi dan individu.

Kandungan penerbitan ini boleh diterbitkan semula atau diguna semula secara percuma untuk tujuan bukan komersial, kecuali dinyatakan sebaliknya. Penerbitan ini dilesenkan di bawah Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

Buku ini pertama kali diterbitkan dalam Bahasa Inggeris pada Ogos 2025. Edisi Bahasa Melayu ini diterbitkan pada September 2025.

Reka bentuk kulit buku: Lim Jee Yuan

Terjemahan: Persatuan Pengguna-Pengguna Pulau Pinang

Dicetak oleh Phoenix Printers Sdn Bhd (199001001670), 6 Lebuhraya,
10200 Pulau Pinang, Malaysia

KANDUNGAN

Pengenalan	1
Kegagalan pertanian industri GM terkunci dalam pergantungan pada ciri toksik	2
Peningkatan import makanan GM meningkatkan pendedahan kepada bahan kimia	4
Tanaman GM dengan ciri tindanan berisiko memberi kesan gabungan dan sinergistik	6
Bagaimana pula dengan tindanan pembiakan (<i>breeding stacks</i>)?	7
Kelulusan yang semakin meningkat terhadap ciri-ciri baharu (novel) dan berisiko	8
Kesimpulan	10
Rujukan	14

Pengenalan

Sejak Akta Biokeselamatan Kebangsaan berkuatkuasa pada 2007, sebanyak 64¹ permohonan bagi tujuan import tanaman ubah suai genetik (GM) untuk makanan, makanan ternakan dan pemprosesan telah diluluskan oleh Lembaga Biokeselamatan Kebangsaan (LBK). Lima produk bukan makanan atau makanan ternakan juga telah diluluskan, seperti mikroorganisma untuk menghasilkan ingredien dalam baja, kawalan biologi atau pengawetan makanan bagi kegunaan terkawal. Selain itu, empat ujian lapangan telah dijalankan.

Pertubuhan masyarakat sivil di Malaysia telah lama menolak import dan pelepasan organisma diubah suai secara genetik (GMO) serta produknya (contohnya, Consumers Association of Penang, 2015; Sahabat Alam Malaysia, 2019; Sanmugam et al., 2021). Berdasarkan statistik sehingga September 2018,² majoriti rakyat Malaysia yang ditinjau (60%) menyatakan mereka tidak akan sama sekali memakan makanan GM, manakala 33% menyatakan mereka bersedia. Sebaliknya, pertanian organik, yang tidak melibatkan penggunaan GMO, semakin mendapat sambutan, dengan pensijilan makanan organik membantu meningkatkan keyakinan pengguna (Alrashidi et al., 2022).

Bantahan awam setakat ini telah memainkan peranan penting dalam menghalang penanaman atau pelepasan GMO ke alam sekitar di negara ini. Permohonan uji kaji lapangan bagi varieti padi GM yang toleransi kepada glifosat pada tahun 2019 tidak diluluskan, berkemungkinan disebabkan oleh kebimbangan yang dibangkitkan serta kepentingan padi sebagai makanan ruji negara.³ Begitu juga, uji kaji awal bagi nyamuk GM tidak diteruskan ke fasa seterusnya, dipercayai kerana “takut mendapat bantahan” daripada orang awam (USDA, 2017). Bantahan awam,⁴ termasuk daripada NGO dan komuniti tempatan berhampiran tapak ujian lapangan, serta kebimbangan terhadap kos yang tinggi, menjadi faktor utama yang meyakinkan kerajaan untuk menghentikan projek tersebut.

Sebaliknya, kelulusan untuk mengimport tanaman GM bagi tujuan makanan, makanan ternakan dan pemprosesan telah diluluskan secara konsisten oleh LBK. Selain kebimbangan terhadap potensi risiko GMO terhadap kesihatan manusia dan haiwan, jumlah import yang tinggi juga boleh menimbulkan cabaran dalam pelaksanaan peraturan pelabelan GM Malaysia secara berkesan. Ini boleh menjejaskan hak pengguna untuk membuat pilihan bagi mengelakkan pengambilan GMO.

Kedadaan ini menjadi semakin mendesak apabila kelulusan telah meningkat dengan ketara dalam beberapa tahun kebelakangan ini. Ini berisiko mendedahkan orang ramai kepada jumlah ingredien GM yang semakin meningkat, serta sisa racun perosak yang berkaitan. Malah, ujian baru-baru ini terhadap produk kacang soya yang dijual di Sarawak mendapati pencemaran GM secara meluas dalam tauhu, tempe, makanan ternakan dan kacang soya mentah (dua daripadanya dilabelkan sebagai bebas GMO) (Sani et al., 2022). Sebanyak 57 daripada 65 sampel diuji positif terhadap gen toleransi kepada racun rumpai glifosat, iaitu sifat GM yang paling lazim digunakan.

¹ <https://www.biosafety.gov.my/main/article/keputusan-permohonan-pelepasan-lmo-and-produk-lmo>

² <https://www.statista.com/statistics/983765/malaysia-willingness-to-eat-gm-foods/>

³ https://www.malaysiakini.com/letters/485031#google_vignette

⁴ <https://consumer.org.my/an-open-letter-to-the-government-from-malaysian-ngos-on-genetically-engineered-aedes-aegypti-mosquitoes/>

Tambahan pula, varieti tanaman GM kini semakin banyak mempunyai sifat “tindanan” (*stacked*), iaitu menggabungkan pelbagai ciri. Sebagai contoh, ada yang menggunakan beberapa jenis toksin untuk ketahanan terhadap serangga dan/atau menunjukkan toleransi terhadap pelbagai jenis racun rumpai. Trend ini dalam varieti import hanya menambahkan lagi risiko keselamatan makanan kerana penilaian risiko terhadap pendedahan kepada gabungan tanaman GM dan racun rumpai berkaitannya masih tidak mencukupi dan kurang menyeluruh. Selain itu, tanaman baharu yang menggunakan proses penyenyapan gen RNAi juga kini mula memasuki pasaran makanan, sekali gus menimbulkan lebih kebimbangan.

Kegagalan pertanian industri GM terkunci dalam pergantungan pada ciri toksik

Perkembangan kelulusan makanan dan makanan ternakan GM mendedahkan kegagalan ketara dalam sistem pertanian industri GM, yang secara langsung memberi kesan kepada keselamatan makanan pengguna. Walaupun hampir 30 tahun telah berlalu sejak komersialisasi dalam sistem pertanian industri, pembangun tanaman GM masih gagal beralih daripada dua sifat dominan, iaitu toleransi terhadap racun rumpai dan ketahanan terhadap serangga. Sifat-sifat yang telah lama dijanjikan seperti penambahan nilai nutrisi atau ketahanan terhadap tekanan abiotik seperti kemarau juga masih belum direalisasikan dengan bermakna. Oleh itu, makanan yang diimport ini tidak memberikan sebarang manfaat khusus kepada pengguna, malah dikaitkan dengan risiko terhadap kesihatan manusia.

Penggunaan racun rumpai secara meluas bersama tanaman GM yang toleransi kepada racun rumpai telah menyebabkan peningkatan mendadak dalam spesies rumpai yang tahan terhadap racun rumpai, dengan 60 spesies telah direkodkan setakat ini.⁵ Amalan membajak tanah yang merosakkan alam sekitar — yang sepatutnya dapat dikurangkan melalui tanaman toleransi racun rumpai — kini kembali diamalkan untuk menangani rumpai tahan racun rumpai yang tidak lagi dapat dikawal dengan semburan racun secara menyeluruh.

Perkembangan rumpai tahan ini telah memaksa industri untuk membangunkan varieti GM yang toleransi terhadap pelbagai jenis racun rumpai, termasuk racun lama yang lebih toksik – yang pada asalnya digantikan oleh glifosat. Contohnya, 2,4-D, bahan aktif yang pernah digunakan dalam Agen Oren. Malah, syarikat Bayer (dahulunya Monsanto) mengumumkan pada Mac 2025 bahawa varieti kacang soya terbaharu mereka, Vyonix™, yang direka bentuk untuk toleransi terhadap lima jenis racun rumpai – glifosat, glufosinat, dicamba, mesotrione dan 2,4-D – dijangka akan diperkenalkan ke pasaran pada tahun 2027 (Bayer, 2025).

Begitu juga, bagi tanaman tahan serangga seperti tanaman Bt, yang diubah suai secara genetik untuk menghasilkan toksin bagi membunuh perosak, masalah rintangan serangga kini semakin meningkat. Dalam tempoh 25 tahun lalu, sebanyak 19 kes rintangan praktikal telah didokumenkan melibatkan lima spesies perosak utama terhadap tanaman Bt (Entomological Society of America, 2020).

Bagi menangani cabaran asas terhadap kelangsungan jangka panjang produk utama industri GM ini, pembangun telah mula menggabungkan beberapa ciri dalam satu tanaman, dikenali sebagai “ciri bertindanan” (*stacked traits*). Ciri bertindanan ini dicapai sama ada dengan memasukkan beberapa gen berbeza ke dalam tanaman semasa peringkat pembangunan (tindanan molekul), atau dengan membiak silang tanaman GM induk yang membawa ciri berbeza (tindanan pembiakan).

⁵ <https://www.weedscience.org/Pages/SOASummary.aspx>



Jagung diubah suai genetik. Kelulusan pengimportan tanaman GM untuk tujuan makanan, makanan ternakan dan pemprosesan di Malaysia adalah dibenarkan secara konsisten. *Gambar: Maggilautaro (CC BY-SA 3.0)*

Disebabkan oleh perkembangan rintangan, tanaman GM kini semakin banyak mempunyai kombinasi pelbagai toksin serangga dan/atau toleransi terhadap pelbagai jenis racun rumpai. Malah, senarai ciri jagung yang tersedia untuk petani AS yang mengamalkan pertanian tanpa bajak pada 2024 menunjukkan bahawa tiada lagi ciri toksin tunggal yang ditawarkan – semua ciri tunggal dan sebahagian ciri bertindan kini telah dihentikan penggunaannya (Texas A&M University, 2024). Pendekatan “tindanan” ini juga digunakan secara meluas untuk menggabungkan toleransi terhadap racun rumpai dengan ciri lain seperti ketahanan terhadap serangga.

Amerika Syarikat merupakan negara yang paling banyak mengguna pakai tanaman GM di dunia, dan juga merupakan satu pengeksport utama GMO ke Malaysia. Di Amerika Syarikat, 90% jagung yang ditanam pada 2024 adalah toleran racun rumpai, manakala 86% adalah tahan serangga, dengan kira-kira 83% mempunyai ciri “bertindanan” yang menggabungkan kedua-dua ciri tersebut (USDA, 2025). Bagi kacang soya, AS melaporkan bahawa 96% daripada tanaman kacang soya yang ditanam adalah toleran terhadap racun rumpai. Brazil, sebagai negara kedua terbesar dalam penggunaan tanaman GM dan satu lagi pengeksport utama ke Malaysia, kini menguasai pasaran jagung dengan hanya tiga varieti utama – kesemuanya mempunyai ciri bertindanan bagi ketahanan terhadap racun rumpai dan serangga (rujuk bahagian tindanan pembiakan).

Disebabkan kekurangan ciri baharu, industri GM telah beralih kepada meluluskan lebih banyak produk bertindanan yang terdiri daripada pelbagai kombinasi ciri lama yang telah digunakan

sejak 30 tahun lalu – satu trend yang dijangka akan berterusan. Ciri racun serangga alternatif yang dijanjikan industri untuk menangani masalah rintangan terhadap Bt masih belum direalisasikan, meskipun terdapat dakwaan bahawa produk sedemikian hampir siap untuk dikomersialkan. Contohnya ialah dakwaan oleh DuPont pada 2016 berkenaan ciri racun serangga bukan-Bt (contohnya NPR, 2016).

Prospek kelulusan berterusan terhadap makanan GM yang diimport nampaknya akan menyebabkan lebih banyak sisa racun rumpai dan toksin serangga Bt memasuki bekalan makanan. Malah, perkembangan paling ketara dalam varieti baharu ialah peningkatan dalam peratusan varieti bertindanan. Dengan kemunculan teknologi penyuntingan genom (*genome editing*), syarikat seperti Inari sedang menguji tanaman yang ditambah dengan ciri “edit” baharu di atas tanaman GM sedia ada yang sudah pun tahan racun rumpai dan serangga. Namun, ini hanya melanjutkan penggunaan varieti lama sambil memanjangkan tempoh paten ke atas tanaman tersebut (AgriNovus Indiana, 2022).

Justeru, integriti dan keselamatan makanan di Malaysia kini semakin terjejas akibat pengimportan tanaman GM untuk makanan dan makanan ternakan, tanpa memberikan manfaat yang jelas atau menyumbang kepada keterjaminan makanan negara. Sebaliknya, negara ini mungkin secara tidak sengaja menjadi medan bagi pelambakan teknologi produk yang mencerminkan kegagalan sistem pertanian industri GM.

Peningkatan import makanan GM meningkatkan pendedahan kepada bahan kimia

Senarai import makanan GM yang semakin meningkat ke Malaysia berkemungkinan menyukarkan usaha untuk mengelakkan pendedahan kepada GMO. Malah, satu kajian pada 2011 mengesan kehadiran protein GM dalam darah pengguna di Kanada (Aris & Leblanc, 2011). Penemuan ini secara langsung bercanggah dengan dakwaan oleh para pembangun GMO bahawa protein GM tidak dapat bertahan dalam sistem pencernaan.

Tanaman GM dan racun rumpai yang berkaitan dengannya sering dikaitkan dengan potensi masalah kesihatan dan alam sekitar. Satu kajian menyeluruh oleh Kementerian Pembangunan Agraria Brazil mengenal pasti 750 kajian yang mengaitkan GMO dengan risiko kesihatan, alam sekitar dan sosioekonomi (Ferment et al., 2016). Baru-baru ini, kerajaan Mexico mengemukakan jawapan rasmi dalam pertikaian perdagangan dengan Amerika Syarikat berkaitan hasratnya untuk mengehadkan import jagung GM, dengan membentangkan ratusan kajian akademik yang menunjukkan sebab-sebab kebimbangan (MEX-USA-2023-31-01, 2024). Sebagai contoh, toksin Bt tertentu telah didapati mencetuskan keradangan dan tindak balas imun yang keterlaluan, serta diklasifikasikan sebagai imunogen sistemik yang merangsang tindak balas dalam usus kecil dan besar di mana toksin Bt tidak terurai sepenuhnya (Vázquez-Padrón et al., 2000).

Glifosat telah diklasifikasikan sebagai kemungkinan karsinogen manusia oleh agensi kanser Pertubuhan Kesihatan Sedunia (IARC, 2017). Kajian terhadap individu yang terdedah secara langsung kepada glifosat dalam sektor pertanian, contohnya melalui penyemburan, telah mendedahkan risiko kesihatan yang berkaitan dengan sistem tanaman tahan racun rumpai. Lebih 100,000 saman tindakan kolektif telah difailkan di Amerika Syarikat akibat pendedahan pekerjaan kepada glifosat, yang menyebabkan penyakit serius dan berpotensi membawa maut termasuk limfoma bukan-Hodgkin.



Penyemburan racun rumputai glifosat. Tanaman GM dan racun rumputai berkaitannya adalah dikaitkan dengan meluas kepada potensi masalah kesihatan dan alam sekitar.

Monsanto/Bayer setakat ini telah diarahkan membayar ganti rugi sebanyak AS\$11 bilion.⁶ Baru-baru ini, satu kajian mengaitkan pendedahan kepada semburan glifosat di AS dengan kemerosotan kesihatan perinatal, termasuk penurunan berat lahir dan tempoh kehamilan yang lebih pendek bagi ibu mengandung (Reynier & Rubin, 2025).

Di Amerika Syarikat, di mana tanaman GM paling meluas ditanam, glifosat juga baru-baru ini dikesan dalam lebih 80% sampel air kencing. Ini berlaku seiring dengan peningkatan penggunaan glifosat lebih 100 kali ganda dalam beberapa tahun kebelakangan ini, yang sebahagiannya disumbangkan oleh tanaman GM toleran glifosat (Ospina et al., 2022). Kacang soya GM dari Argentina, salah satu daripada dua negara utama pengeksport ke Malaysia, telah didapati mengandungi sisa glifosat yang melebihi tahap yang dibenarkan di peringkat antarabangsa (Testbiotech, 2013).

Oleh itu, dijangka pengguna Malaysia adalah terdedah kepada sisa racun rumputai melalui pengambilan tanaman GM. Seperti yang dinyatakan di atas, tahap pencemaran GM yang tinggi daripada tanaman toleran glifosat telah dikesan dalam bekalan kacang soya di Sarawak, walaupun data mengenai tahap racun perosak tidak mudah diperolehi untuk analisis yang lebih meluas. Satu kajian baru-baru ini dari Mexico mengesan glifosat dalam kalangan kanak-kanak, termasuk mereka yang tinggal di kawasan bandar (dan berkemungkinan terdedah melalui pemakanan), yang dikaitkan dengan peningkatan insiden penyakit buah pinggang (Romo-García et al., 2025).

Peningkatan import tanaman toleran racun rumputai, termasuk varieti tindanan (*stacked*) yang toleran kepada pelbagai jenis racun rumputai, meningkatkan potensi pendedahan manusia kepada sisa racun rumputai. Walau bagaimanapun, pendedahan kepada racun rumputai tidak diambil kira

⁶ <https://www.lawsuit-information-center.com/roundup-lawsuit.html#:~:text=As%20of%20May%202025%2C%20Monsanto,trial%20resolutions%20in%20individual%20cases.>

dalam penilaian risiko GMO, walaupun terdapat bukti kukuh mengenai ketoksikan kepada manusia dan alam sekitar. Tahap glifosat dalam makanan GM baru-baru ini mendorong Akademi Pediatrik Amerika (Abrams et al., 2024) untuk menasihati ibu bapa supaya mengelakkan makanan GM bagi anak-anak mereka, serta menggesa lebih banyak kajian dilakukan terhadap kesan kesihatan yang berpotensi akibat GMO.

Pendedahan kepada racun rumpai lain melalui makanan masih kurang dikaji. Namun, ia diketahui memberi kesan toksik kepada manusia melalui pendedahan pekerjaan. Sebagai contoh, glufosinat ialah neurotoksin yang memberi kesan terhadap sistem pembiakan, saraf dan kardiovaskular (Calas et al., 2008; García et al., 1998; Herzine et al., 2016; Lantz et al., 2014; Laugeray et al., 2014; Meme et al., 2009). Begitu juga dengan 2,4-D yang digunakan dalam formulasi racun rumpai Agen Oren semasa Perang Vietnam, telah dikaitkan dengan peningkatan kadar kanser dan kecacatan kelahiran dalam kalangan pekerja ladang dan anak-anak mereka, serta gangguan pembiakan lelaki dalam kajian makmal (Garry et al., 1996; Swan, 2003; Lerda & Rizzi, 1991). Data pengawalseliaan turut menunjukkan bahawa dicamba boleh memberi kesan toksik terhadap pembiakan dan perkembangan mamalia (US EPA, 2005).

Tanaman GM dengan ciri tindanan berisiko memberi kesan gabungan dan sinergistik

Trend kelulusan tanaman GM bertindanan di Malaysia (rujuk Jadual 1) menimbulkan kebimbangan tambahan dari segi biokeselamatan. Pengenalan pelbagai gen dan ciri berpotensi menghasilkan kesan gabungan atau sinergistik yang boleh membawa kepada perubahan yang tidak dijangka dan tidak diingini dalam sesuatu organisma. Perkara ini diiktiraf dalam Protokol Cartagena mengenai Biokeselamatan, yang Malaysia merupakan Parti. Garis panduan penilaian risiko khusus untuk ciri bertindanan telah dibangunkan di bawah Protokol ini.

Kesannya telah pun dapat dilihat dalam tanaman GM bertindanan. Peningkatan penggunaan racun rumpai dalam tanaman yang direka bentuk untuk toleran kepada lebih daripada satu jenis racun rumpai menjadi isu utama (Nordgård et al., 2015). Kesan gabungan dan sinergistik juga telah didokumenkan dalam tanaman Bt yang menghasilkan pelbagai toksin serangga dalam satu tanaman (Hilbeck & Otto, 2015).

Beberapa kajian menunjukkan bahawa toksin Bt boleh mencetuskan kesan sinergistik dan berinteraksi dengan tekanan lain dalam tumbuhan (Testbiotech, 2020b). Gabungan toksin Bt juga terbukti toksik kepada organisma bukan sasaran yang tidak terkesan oleh toksin tunggal secara individu (Kramarz et al., 2007; 2009). Ketoksikan beberapa toksin Bt terhadap sel darah dan organ yang terlibat dalam penghasilan darah meningkat mengikut kepekatan, dan kesannya boleh bertambah dari semasa ke semasa (De Souza Freire et al., 2014).

Pada peringkat molekul, tahap ekspresi transgen dalam varieti bertindan boleh berbeza berbanding varieti induk masing-masing. Ini mencerminkan perubahan dalam komposisi kandungan tumbuhan seperti protein, yang menunjukkan profil metabolik yang berbeza dalam varieti bertindan berbanding varieti tunggal induknya (Agapito-Tenfen et al., 2014).

Penilaian risiko GMO tidak merangkumi penggunaan racun rumpai secara gabungan dengan tanaman toleran racun rumpai. Ini merupakan satu jurang besar dalam pengawasan biokeselamatan di Malaysia. Ia kini menjadi semakin penting apabila mempertimbangkan risiko kombinasi atau campuran pelbagai jenis racun rumpai yang digunakan ke atas tanaman GM.

Kesan yang mungkin berlaku termasuk interaksi antara racun rumpai dengan sifat lain seperti toksin Bt, interaksi antara campuran racun rumpai, serta interaksi tambahan dengan tumbuhan itu sendiri. Sebagai contoh, glifosat telah didapati mengubah kesan toksin Bt yang dimurnikan terhadap serangga bukan sasaran. Campuran racun juga diketahui boleh meningkatkan ketoksikan. Campuran 2,4-D dan glifosat, walaupun pada tahap yang dibenarkan oleh undang-undang, baru-baru ini didapati boleh meningkatkan kesan negatif terhadap pembiakan, termasuk keabnormalan sel sperma dan testis serta pengurangan tahap testosteron dalam darah tikus yang memakan diet Barat (Valente et al., 2024).

Namun, penilaian risiko semasa tidak mengambil kira kesan gabungan, sinergistik atau kumulatif antara racun rumpai dan ciri lain seperti toksin Bt (Testbiotech, 2020a). Ini kekal sebagai satu jurang besar yang perlu diberi perhatian segera.

Bagaimana pula dengan tindanan pembiakan (*breeding stacks*)?

Di bawah sistem kawal selia biokeselamatan Malaysia, varieti bertindanan (*stacked varieties*) dianggap sebagai produk baharu dan perlu dinilai secara berasingan, walaupun ia dibangunkan melalui pembiakan silang antara dua garis GM induk (dikenali sebagai *breeding stacks*) yang telah pun diluluskan secara individu. Seperti yang dimaklumkan oleh Jabatan Biokeselamatan Malaysia⁷ kepada Pertubuhan Makanan dan Pertanian (FAO): “Makanan/makanan ternakan GM yang mengandungi elemen bertindan dianggap sebagai produk baharu walaupun semua elemen tunggal yang digabungkan telah (pun) diluluskan.” Hal ini turut dibuktikan melalui terma dan syarat kelulusan bagi pelbagai peristiwa GM, yang menyatakan bahawa “sebarang import atau pelepasan produk daripada mana-mana garis ubah suai genetik baharu yang dibiakkan menggunakan [acara GM yang diluluskan] memerlukan kelulusan berasingan daripada Lembaga Biokeselamatan Kebangsaan”.



Protes anti-GMO di Amerika Syarikat. Di Malaysia, organisasi masyarakat sivil telah lama menolak pengimportan dan pelepasan GMO dan produknya. *Gambar: Chris Goodwin (CC BY-NC-SA 2.0)*

⁷ <https://www.fao.org/food/food-safety-quality/gm-foods-platform/browse-information-by/country/country-page/en/?country=MYS>

Seperti yang diterangkan sebelum ini, majoriti tanaman yang kini ditanam di negara pengeksport ke Malaysia adalah daripada varieti bertindanan — termasuk *breeding stacks* dan *molecular stacks*. Menurut Jabatan Pertanian Amerika Syarikat (USDA, 2017), Amerika Syarikat dan Brazil adalah pengeksport kacang soya terbesar ke Malaysia, manakala kebanyakan jagung yang diimport ke Malaysia berasal dari Brazil dan Argentina.

Brazil mempunyai tiga varieti jagung utama yang kini mendominasi ladang mereka. VT PRO3®, PowerCore® Ultra, dan Agrisure® Viptera 3 — semuanya adalah *breeding stacks*, dan menyumbang 46% daripada teknologi yang digunakan pada 2020, 64% pada tahun 2021 dan 56% pada 2022 (Pereira Filho & Borghi, 2021; 2022b; 2022a). Tanaman ini dibangunkan melalui pembiakan antara varieti GM induk, yang sebahagiannya juga merupakan *molecular stacks* yang sudah membawa pelbagai toksin. Berikut ialah gabungan sifat yang dimiliki:

- VT PRO3 dibangunkan melalui pembiakan antara MON89034⁸ dan MON88017.⁹ Produk ini mengandungi lima toksin racun serangga dan toleran terhadap racun rumpai glifosat.
- PowerCore Ultra ialah hasil pembiakan MON89034, TC1507,¹⁰ NK603¹¹ dan MIR162.¹² Produk ini membawa pelbagai toksin Bt.
- Agrisure Viptera 3 pula dibangunkan melalui pembiakan Bt11,¹³ MIR162 dan GA21.¹⁴

Begitu juga, menurut Biosafety Clearing House di bawah Konvensyen Kepelbagaian Biologi yang menyediakan pangkalan data kelulusan GMO, Argentina — iaitu pembekal utama jagung yang satu lagi kepada Malaysia — telah meluluskan 23 *breeding stack* berbanding hanya 16 yang bukan *breeding stack*. Namun begitu, maklumat mengenai varieti yang sedang ditanam di negara itu pada masa ini tidak tersedia secara umum.

Oleh itu, *breeding stacks* membentuk sebahagian besar tanaman GM yang ditanam di negara-negara pengeksport ke Malaysia. Maka, adalah mengejutkan apabila setakat pengetahuan kami, hanya satu permohonan¹⁵ untuk kelulusan tanaman GM jenis ini pernah dikemukakan di Malaysia. Ini menimbulkan persoalan: adakah *breeding stacks* telah memasuki Malaysia tanpa kelulusan berasingan yang diperlukan? Perkara ini wajar disiasat dengan segera.

Kelulusan yang semakin meningkat terhadap ciri-ciri baharu (*novel*) dan berisiko

Sejak 2017, tanaman GM yang menggunakan mekanisme molekul tersendiri — *RNA interference* (RNAi) — telah diluluskan untuk memasuki bekalan makanan di Malaysia. Pembangun telah menggunakan kaedah RNAi untuk menyasarkan dan “menyenyapkan” gen tertentu.

Tanaman RNAi ini termasuk tiga varieti kentang “Innate” (E12, Y9 dan X17) yang dibangunkan oleh syarikat perniagaantani gergasi JR Simplot, yang terkenal dalam pengeluaran kentang goreng sejuk beku. Ketiga-tiga varieti kentang ini telah diubah suai bagi mengurangkan

⁸ MON89034: satu *molecular stack* yang dibangunkan untuk menghasilkan pelbagai toksin Bt anti-serangga (Cry2Ab2 dan Cry1A.105 (yang sendiri terdiri daripada pelbagai toksin: Cry1Ab, Cry1F and Cry1Ac)).

⁹ MON88017: satu *molecular stack* yang membawa toksin Bt anti-serangga (Cry3Bb1) dan toleransi kepada racun rumpai glifosat.

¹⁰ TC1507: satu *molecular stack* yang membawa toksin Bt anti-serangga (Cry1Fa2) dan toleransi kepada racun rumpai glufosinat.

¹¹ NK603: ciri tunggal dengan toleransi kepada glifosat.

¹² MIR162: satu peristiwa ciri tunggal dengan satu toksin Bt (Vip3Aa).

¹³ Bt11: satu *molecular stack* dengan toksin Bt anti-serangga (Cry1Ab) dan toleransi kepada glufosinat.

¹⁴ GA21: satu peristiwa ciri tunggal dengan toleransi kepada glifosat.

¹⁵ MS11xRF3 kanola; tidak tersenarai sebagai diluluskan untuk import bagi makanan, makanan ternakan dan pemprosesan.

penghasilan akrilamida dalam kentang goreng, serta untuk mengurangi bintik hitam dan penyakit hawar daun. Turut diluluskan untuk import ialah varieti kacang soya, alfalfa dan jagung yang menggunakan mekanisme RNAi bagi memperolehi ciri-ciri tertentu. Semua varieti ini, kecuali alfalfa, juga merupakan *molecular stack* yang mengandungi lebih daripada satu transgen dalam produknya, seperti toksin Bt, toleran terhadap racun rumpai atau pelbagai konstruk RNAi (rujuk Jadual 1).

Namun, justifikasi bagi pengenalan ciri-ciri ini amat diragui, kerana ia mungkin menimbulkan risiko keselamatan makanan tanpa manfaat yang dijangka. Terdapat varieti kentang rendah gula sedia ada yang secara semula jadi menghasilkan kurang akrilamida. Langkah tambahan seperti menurunkan suhu menggoreng, membuang ubi muda atau mencelur kentang sebelum menggoreng juga boleh menangani isu ini (CIAA/FDE, 2011). Tambahan pula, kajian menunjukkan bahawa keadaan persekitaran boleh mempengaruhi tahap akrilamida, di mana varieti yang sama ditanam di lokasi berbeza boleh menghasilkan tahap akrilamida yang berbeza (Muttucumaru et al., 2017). Oleh itu, penggunaan kentang RNAi adalah berdasarkan bukti yang meragukan dari sudut kepentingan pengguna. Malah, salah satu daripada varieti kentang tersebut tidak menghasilkan protein yang sepatutnya berfungsi untuk melindungi daripada jangkitan hawar (FSANZ, 2017).

Tanaman RNAi juga menimbulkan kebimbangan biokeselamatan khusus disebabkan oleh sifat mekanisme RNAi itu sendiri yang digunakan dalam organisma yang diubah suai. Teknologi RNAi berfungsi dengan memanipulasi laluan RNAi, iaitu sistem pengawal selia halus dalam proses ekspresi gen, yang menentukan sama ada sesuatu gen diaktifkan atau “disenyapkan”. Ini merupakan sistem kawal selia genetik semula jadi yang wujud dalam haiwan dan tumbuhan, dan berfungsi melalui molekul RNA tertentu (dipanggil RNA dwirantai atau *double-stranded RNA*, dsRNA) yang menyasarkan gen tertentu. Mekanisme ini bergantung pada jujukan komplementariti, di mana jujukan RNA direka bentuk untuk menjadi pelengkap kepada jujukan gen sasaran. Oleh itu, pembangun tanaman GM akan mereka bentuk molekul RNA gangguan untuk menyasarkan jujukan gen yang ingin disenyapkan — contohnya, gen dalam perosak yang, apabila dinyahaktifkan, akan menyebabkan kematian perosak tersebut.

Namun, laluan RNAi masih belum difahami sepenuhnya. Bukti menunjukkan bahawa ia berfungsi dalam proses yang jauh lebih kompleks daripada yang didakwa oleh para pembangun. Oleh itu, terdapat potensi berlakunya kesan tidak disengajakan yang mungkin tidak diakui dan tidak dapat dikesan. Ini termasuk kesan “*off-target*”, di mana gen lain turut disenyapkan secara tidak sengaja, atau gen dalam organisma bukan sasaran yang terdedah turut disenyapkan, dengan kemungkinan kesan maut. Kesan *off-target* telah dikesan dalam varieti jagung GM MON87411 yang ditanam di Amerika Syarikat (Baum et al., 2007). Molekul RNA gangguan sintetik juga telah didapati menghasilkan anggaran 10% kesan *off-target*, walaupun ia direka khusus untuk menyasarkan gen tertentu (Qiu, 2005). Oleh itu, perubahan ekspresi gen yang tidak disengajakan boleh membawa kepada ciri baharu yang tidak dirancang dalam organisma sasaran, dan boleh menjejaskan keselamatan makanan — contohnya, dengan mengubah tahap penghasilan alergen atau toksin.

Kerumitan sistem RNAi turut menimbulkan banyak ketidakpastian dan risiko. Ini termasuk potensi pengawalan terhadap ratusan gen, kemungkinan kesan RNAi yang berpanjangan dan diwarisi, serta penghasilan RNA gangguan sekunder yang boleh menyasarkan gen lain. Tiada hubungan satu-ke-satu yang mudah antara RNA gangguan dan sasaran mereka; sesetengah RNA boleh menyasarkan banyak gen, manakala satu gen boleh disasarkan oleh banyak RNA gangguan. Aktiviti RNAi juga merupakan salah satu pengantara kepada pewarisan epigenetik, dan telah terbukti menyebabkan kesan yang boleh diwarisi sehingga 80 generasi (Heinemann, 2019). Kegiatan *off-target* RNAi juga kekal tidak dapat diramal (Hanning et al., 2013). Kerumitan ini meningkatkan potensi ketidakseimbangan ekspresi gen dalam organisma yang

terdedah, yang mungkin membawa implikasi besar dari sudut pertanian, kesihatan, atau alam sekitar.

Pemerhatian penting berkaitan keselamatan makanan menunjukkan bahawa RNA gangguan semula jadi dalam tumbuhan mampu bertahan dalam proses pencernaan mamalia termasuk manusia, dan boleh terus mengawal gen dalam tubuh mereka yang terdedah melalui pemakanan (Zhang et al., 2012; Zhou et al., 2015). Oleh itu, RNA gangguan telah dicadangkan untuk berfungsi seperti sejenis nutrien dalam diet (Li et al., 2019; Zhang et al., 2012). Kehadiran RNA dwirantai (dsRNA) semula jadi turut dikesan dalam darah manusia dan susu ibu (Li et al., 2019; Zhang et al., 2012).

Manakala sesetengah RNA seperti dsRNA telah lama diketahui berfungsi sebagai pengawal selia genetik, kebolehan mereka untuk mengawal ekspresi gen merentasi spesies — seperti terhadap haiwan atau manusia yang memakannya — yang dikenali sebagai “*cross-kingdom regulation*”, baru mula dikenalpasti. Penemuan ini mencabar hujah utama keselamatan yang sering dikemukakan oleh industri bahawa molekul dsRNA sangat tidak stabil dan tidak mampu bertahan dalam sistem pencernaan. Bagaimana molekul RNAi baharu ini memberi kesan kepada pengguna yang memakan tanaman RNAi masih belum diuji secara menyeluruh.

Penyelidikan terhadap mekanisme ubatan herba dalam perubatan tradisional Cina dan sistem perubatan pribumi lain turut mencadangkan bahawa dsRNA mungkin boleh mengawal gen manusia, dan berkemungkinan menyumbang kepada manfaat kesihatan yang dikaitkan dengan tumbuhan seperti halia dan *honeysuckle* (Zhang et al., 2012; Zhou et al., 2015).

Penilaian risiko semasa tidak mengambil kira risiko khusus yang dikaitkan dengan tanaman RNAi seperti yang dihuraikan di atas, sekali gus menjejaskan keselamatan bekalan makanan dan menjadikannya tidak lagi relevan. Kesimpulan yang meyakinkan mengenai keselamatan tanaman RNAi tidak boleh dibuat berdasarkan maklumat yang dikemukakan kepada pihak berkuasa biokeselamatan.

Kesimpulan

Senarai tanaman GM yang telah diluluskan untuk tujuan makanan, makanan ternakan dan pemprosesan di Malaysia telah berkembang pesat sejak kelulusan pertama dibuat. Dengan industri GM yang masih gagal menghasilkan inovasi baharu selain ciri-ciri dominan seperti toleran terhadap racun rumpai dan ketahanan serangga, import ini semakin mendedahkan pengguna Malaysia kepada sisa racun. Keadaan ini menjadi lebih membimbangkan apabila ciri-ciri tersebut kini banyak “digabungkan” dalam satu produk GM — dengan kombinasi pelbagai ketahanan terhadap racun rumpai dan serangga yang semakin lazim. Kelulusan tanaman GM yang melibatkan teknik penyenyapan gen RNAi pula menambahkan lagi risiko dan ketidakpastian yang masih belum dinilai secara mencukupi.

Keadaan semasa di Malaysia mendedahkan kelemahan ketara dalam pengawasan regulatori yang perlu ditangani segera. Penilaian secara menyeluruh diperlukan bagi merangkumi semua risiko dan ketidakpastian tanaman GM — termasuk racun yang berkaitannya — yang memasuki rantai makanan. Selain itu, segala kelonggaran dalam sistem kawal selia perlu dipalam bagi memastikan tiada tanaman GM yang terlepas daripada pemantauan pihak berkuasa. Sehingga langkah berjaga-jaga seperti ini dilaksanakan untuk menjamin keselamatan dan hak pengguna untuk memilih untuk tidak memakan produk GMO, tiada lagi tanaman GM untuk makanan, makanan ternakan atau pemprosesan harus diluluskan.

Jadual 1. Senarai tanaman GM yang diluluskan untuk diimport untuk makanan, makanan ternakan dan pemprosesan di Malaysia

	Peristiwa	Tanaman	Sifat*	Pembangun	Tarikh keputusan
1.	MON4032	kacang soya	HT: glifosat	Monsanto	Keputusan diakui oleh LBK: 2010
2.	MON603 (NK603)	jagung	HT: glifosat	Monsanto	Keputusan diakui oleh LBK: 2010
3.	MON810	jagung	IR: Bt (Cry1Ab) dan HT: glifosat	Monsanto	Keputusan diakui oleh LBK: 2010
4.	MON863	jagung	IR: Bt (Cry3Bb1)	Monsanto	Keputusan diakui oleh LBK: 2010
5.	SYN-BT011-1 (Bt11)	jagung	IR: Bt (Cry1Ab) untuk lepidoptera	Syngenta	2012
6.	A2704-12	kacang soya	HT: glufosinat	Bayer	2012
7.	MON89788	kacang soya	HT: glifosat	Monsanto	2012
8.	T25	jagung	HT: glufosinat	Bayer	2013
9.	TC1507	jagung	HT: glufosinat & IR: Bt (Cry1F) untuk lepidoptera	DuPont	2013
10.	BPS-CV127-9	kacang soya	HT: imidazolinone	BASF	2013
11.	A55547-127	kacang soya	HT: glufosinat	Bayer	2014
12.	FG72	kacang soya	HT: glifosat & isoxaflaxole	Bayer	2014
13.	MON89034	jagung	IR: Bt (Cry1A.105 & Cry2Ab2) untuk lepidoptera	Monsanto	2015
14.	MON88017	jagung	HT: glifosat & IR: Bt (Cry3Bb1) untuk ulat akar jagung	Monsanto	2015
15.	5307	jagung	IR: Bt (eCry3.1Ab) untuk coleoptera	Syngenta	2016
16.	MIR604	jagung	IR: Bt (mCry3A) untuk coleoptera	Syngenta	2016
17.	MIR162	jagung	IR: Bt (Vip3Aa20) untuk lepidoptera	Syngenta	2016
18.	GA21	jagung	HT: glifosat	Syngenta	2016
19.	3272	jagung	PQ: kanji yang diubah untuk pemprosesan biofuel	Syngenta	2016
20.	SYHT0H2	kacang soya	HT: mesotrione & glufosinat	Syngenta	2016
21.	DAS-59122-7	jagung	HT: glufosinat & IR: Bt (Cry34Ab1 & Cry35Ab1) untuk coleoptera	DuPont/Pioneer	2016

22.	MS8RF3	kanola	HT: glufosinat & AP: kemandulan jantan	Bayer	2016
23.	GHB614	kapas	HT: glifosat	Bayer	2017
24.	T304-40	kapas	IR: Bt (Cry1Ab) untuk lepidoptera dan ulat tunas	Bayer	2017
25.	LLCotton25	kapas	HT: glufosinat	Bayer	2017
26.	GHB119	kapas	IR: Bt (Cry2Ae)	Bayer	2017
27.	305423	kacang soya	HT: sulfonylurea	DuPont/Pioneer	2017
28.	DAS40278	jagung	HT: 2,4-D dan AOPPs tertentu	Dow	2017
29.	MZHG0JG	jagung	HT: glifosat & glufosinat	Syngenta	2017
30.	DAS-8149-2	kacang soya	HT: glufosinate & IR: Cry1Ac, Cry1Fv3, Cry1F untuk lepidoptera	Dow	2017
31.	DAS-4406-6	kacang soya	HT: glifosat, 2,4-D dan glufosinat	Dow	2017
32.	DAS-68416-4	kacang soya	HT: 2,4-D & glufosinat	Dow	2017
33.	E12	kentang	PQ: dsRNA untuk kurangkan akrilamida dan FR: dsRNA untuk bintik hitam	SPS International	2018
34.	DP73496	kanola	HT: glifosat	DuPont/Pioneer	2018
35.	MZIR098	jagung	HT: glufosinat & IR: Bt (Cry1B.34 & mCry3A) untuk lepidoptera	Syngenta	2018
36.	MON87427	jagung	HT: glifosat	Monsanto	2018
37.	DP4114	jagung	HT: glufosinat & IR: Bt (Cry1F, Cry34Ab1 & Cry35Ab1) untuk lepidoptera dan coleoptera	DuPont/Pioneer	2018
38.	Y9	kentang	FR: dsRNA untuk kurangkan penyakit hawar lewat <i>P. infestan</i> & kurangkan bintik hitam & PQ: dsRNA untuk kurangkan akrilamida	Syngenta	2018
39.	MON87701	kacang soya	HT: dicamba	Monsanto	2019
40.	MON87708	kacang soya	HT: dicamba	Monsanto	2019
41.	GHB811	kapas	HT: glifosat & isoxaflaxole	BASF	2020
42.	MON87411	jagung	IR: Bt (Cry3Bb1) & HT: glifosat	Monsanto	2020
43.	MON87460	jagung	AP: DT protein kejutan sejuk	Monsanto	2020
44.	RT73	kanola	HT: glifosat (N.B. membawa kedua-dua EPSPS dan transgen toleransi gly GOXv247 tambahan)	Monsanto	2020

45.	MON87705	kacang soya	PQ: dsRNA untuk kandungan asid lemak omega-3 yang diubah & HT: glifosat	Monsanto	2020
46.	X17	kentang	FR: dsRNA untuk kurangkan penyakit hawar lewat <i>P. infestan</i> & kurangkan bintik hitam & PQ: dsRNA untuk kurangkan akrilamida	SPS International	2020
47.	MON87751	kacang soya	IR: Bt (Cry2Ab2 & Cry1A.105) untuk lepidoptera	Monsanto	2021
48.	MON87769	kacang soya	PQ: kandungan asid lemak omega-3 yang diubah (Pj/d6D & Nc.Fad3)	Monsanto	2021
49.	MON87419	jagung	HT: dicamba/glufosinat	Monsanto	2021
50.	MON 88701	kapas	HT: dicamba/glufosinat	Monsanto	2021
51.	H7-1	lobak gula	HT: glifosat	Monsanto	2021
52.	MON88913	kapas	HT: glifosat	Monsanto	2021
53.	MON15985	kapas	IR: Bt (Cry1Ac & Cry2Ab2)	Monsanto	2022
54.	J101	alfalfa	HT: glifosat	Monsanto	2022
55.	J163	alfalfa	HT: glifosat	Monsanto	2022
56.	KK179	alfalfa	PQ: dsRNA (CCOMT) untuk mengurangkan lignin (untuk meningkatkan penghadaman makanan)	Monsanto	2022
57.	DP202216	jagung	AP: peningkatan hasil (peningkatan ekspresi faktor transkripsi ZMM28) & HT: glufosinat	DuPont	2022
58.	HB4	kacang soya	AP: DT & HT: glufosinat	INDEAR	2023
59.	MON88302	kanola	HT: glifosat	Bayer	2023
60.	MON87429	jagung	HT: dicamba/glufosinate/2,4-D dan FOPs, cth. quizalofop	Bayer	2023
61.	MON95379	jagung	IR: Bt (cry1Da_7 a & cry1B.868) untuk lepidoptera	Bayer	2023
62.	MON88702	kapas	IR: Bt (Cry51Aa2) untuk perosak hemipteran dan thysanopteran	Bayer	2024
63.	MON94100	kanola	HT: dicamba	Bayer	2024
64.	GMB151	kacang soya	HT: HPPD-menghalang herbisida/isoxaflutole/mesotrione & NR: Bt (Cry14Ab-1.b) untuk parasit nematod	BASF	2024

* HT = *herbicide tolerance*/toleransi racun rumpai; IR = *insecticidal resistance*/ketahanan serangga; FR = *fungal resistance*/ketahanan kulat; DT = *drought tolerance*/toleransi kemarau; NR = *nematode resistance*/ketahanan nematod; PQ = *product quality*/kualiti hasil; AP = *agronomic properties*/sifat agronomi

Nota: Keputusan dan penilaian risiko oleh Lembaga Biokeselamatan Kebangsaan (LBK) bagi setiap kelulusan boleh didapati di <https://www.biosafety.gov.my/main/article/keputusan-permohonan-pelepasan-lmo-and-produk-lmo>

Rujukan

- Abrams, S. A., Albin, J. L., Landrigan, P. J., COMMITTEE ON NUTRITION, Corkins, M. R., Blanco, C. L., Fuchs, G. J., Godoy, P. S., Hannon, T. S., Lindsey, C. W., Rome, E. S., Bremer, A., Lots, A., Perrine, C., Sant'Anna, A., Funanich, C., Burrowes, D. L., COUNCIL ON ENVIRONMENTAL HEALTH AND CLIMATE CHANGE, Bole, A., ... Spire, P. (2024). Use of Genetically Modified Organism (GMO)-Containing Food Products in Children. *Pediatrics*, 153(1), e2023064774. <https://doi.org/10.1542/peds.2023-064774>
- Agapito-Tenfen, S. Z., Vilperte, V., Benevenuto, R. F., Rover, C. M., Traavik, T. I., & Nodari, R. O. (2014). Effect of stacking insecticidal cry and herbicide tolerance epsps transgenes on transgenic maize proteome. *BMC Plant Biology*, 14(1), 346. <https://doi.org/10.1186/s12870-014-0346-8>
- AgriNovus Indiana. (2022). Inari to Bring Growers Proprietary GM Traits in Tandem with Novel Gene Edit. <https://agrinovusindiana.com/2022/02/09/inari-to-bring-growers-proprietary-gm-traits-in-tandem-with-novel-gene-edits/>
- Alrashidi, A. E. M. F., Faris, W. F., & Arafat, A. M. S. (2022). Short Review on Organic Food Supply Chain Management in Malaysia. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 18, 937–943. <https://doi.org/10.37394/232015.2022.18.89>
- Aris, A., & Leblanc, S. (2011). Maternal and fetal exposure to pesticides associated to genetically modified foods in Eastern Townships of Quebec, Canada. *Reproductive Toxicology*, 31(4), 528–533. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2011.02.004>
- Baum, J. A., Bogaert, T., Clinton, W., Heck, G. R., Feldmann, P., Ilagan, O., Johnson, S., Plaetinck, G., Munyikwa, T., Pleau, M., Vaughn, T., & Roberts, J. (2007). Control of coleopteran insect pests through RNA interference. *Nature Biotechnology*, 25(11), 1322–1326. <https://doi.org/10.1038/nbt1359>
- Bayer. (2025). Bayer Introduces Vyconic™ Soybeans, a Groundbreaking Advance in Weed Management, at Commodity Classic 2025. <https://www.bayer.com/en/us/news-stories/vyconic-soybeans>
- Calas, A.-G., Richard, O., Mème, S., Beloeil, J.-C., Doan, B.-T., Gefflaut, T., Mème, W., Crusio, W. E., Pichon, J., & Montécot, C. (2008). Chronic exposure to glufosinate-ammonium induces spatial memory impairments, hippocampal MRI modifications and glutamine synthetase activation in mice. *NeuroToxicology*, 29(4), 740–747. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2008.04.020>
- CIAA/FDE. (2011). Food Drink Europe Acrylamide Toolbox. http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/ciaa_acrylamide_toolbox09.pdf
- Consumers Association of Penang. (2015). The silent threat: GM food in Malaysia. <https://consumer.org.my/the-silent-threat-gm-food-in-malaysia-2/>
- De Souza Freire, I., Miranda-Vilela, A., Barbosa, L., Martins, E., Monnerat, R., & Grisolia, C. (2014). Evaluation of Cytotoxicity, Genotoxicity and Hematotoxicity of the Recombinant Spore-Crystal Complexes CryIIa, Cry10Aa and Cry1Ba6 from *Bacillus thuringiensis* in Swiss Mice. *Toxins*, 6(10), 2872–2885. <https://doi.org/10.3390/toxins6102872>
- Entomological Society of America. (2020). Insect resistance management for genetically modified crops. https://www.entsoc.org/sites/default/files/files/Science-Policy/2020/ESA_IRM_GM_Crops_Position_Statement_2020.pdf
- Ferment, G., Melgarejo, L., Fernandes, G., & Ferraz, J. M. (2016). Transgenic crops – hazards and uncertainties: More than 750 studies disregarded by the GMOs regulatory bodies. MDA.
- FSANZ. (2017). Food Standards Australia and New Zealand (2017). 29 September 2017 [26-17]. Supporting document 1. Safety Assessment Report – Application A1139. Food derived from Potato Lines F10, J3, W8, X17 & Y9. https://www.foodstandards.govt.nz/code/applications/Documents/A1139_SD%20at%20Approval.pdf
- García, A., Benavides, F. G., Fletcher, T., & Orts, E. (1998). Paternal exposure to pesticides and congenital malformations. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 24(6), 473–480. <https://doi.org/10.5271/sjweh.371>
- Garry, V. F., Schreinemachers, D., Harkins, M. E., & Griffith, J. (1996). Pesticide applicers, biocides, and birth defects in rural Minnesota. *Environmental Health Perspectives*, 104(4), 394–399. <https://doi.org/10.1289/ehp.96104394>
- Hanning, J. E., Saini, H. K., Murray, M. J., Van Dongen, S., Davis, M. P. A., Barker, E. M., Ward, D. M., Scarpini, C. G., Enright, A. J., Pett, M. R., & Coleman, N. (2013). Lack of correlation between predicted and actual off-target effects of short-interfering RNAs targeting the human papillomavirus type 16 E7 oncogene. *British Journal of Cancer*, 108(2), 450–460. <https://doi.org/10.1038/bjc.2012.564>
- Heinemann, J. A. (2019). Should dsRNA treatments applied in outdoor environments be regulated? *Environment International*, 132, 104856. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.05.050>

- Herzine, A., Laugeray, A., Feat, J., Menuet, A., Quesniaux, V., Richard, O., Pichon, J., Montécot-Dubourg, C., Perche, O., & Mortaud, S. (2016). Perinatal Exposure to Glufosinate Ammonium Herbicide Impairs Neurogenesis and Neuroblast Migration through Cytoskeleton Destabilization. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 10. <https://doi.org/10.3389/fncel.2016.00191>
- Hilbeck, A., & Otto, M. (2015). Specificity and Combinatorial Effects of *Bacillus Thuringiensis* Cry Toxins in the Context of GMO Environmental Risk Assessment. *Frontiers in Environmental Science*, 3. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2015.00071>
- Huang, F., Du, J., Liang, Z., Xu, Z., Xu, J., Zhao, Y., Lin, Y., Mei, S., He, Q., Zhu, J., Liu, Q., Zhang, Y., Qin, Y., Sun, W., Song, J., Chen, S., & Jiang, C. (2019). Large-scale analysis of small RNAs derived from traditional Chinese herbs in human tissues. *Science China Life Sciences*, 62(3), 321–332. <https://doi.org/10.1007/s11427-018-9323-5>
- IARC. (2017). *Some Organophosphate Insecticides and Herbicides*. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 112. <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/mono112.pdf>
- Kramarz, P., De Vaufléury, A., Gimbert, F., Cortet, J., Tabone, E., Andersen, M. N., & Krogh, P. H. (2009). Effects of Bt-maize material on the life cycle of the land snail *Cantareus aspersus*. *Applied Soil Ecology*, 42(3), 236–242. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.04.007>
- Kramarz, P. E., De Vaufléury, A., & Carey, M. (2007). Studying the effect of exposure of the snail *Helix aspersa* to the purified Bt toxin, Cry1Ab. *Applied Soil Ecology*, 37(1–2), 169–172. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2007.06.006>
- Lantz, S. R., Mack, C. M., Wallace, K., Key, E. F., Shafer, T. J., & Casida, J. E. (2014). Glufosinate binds N-methyl-D-aspartate receptors and increases neuronal network activity in vitro. *NeuroToxicology*, 45, 38–47. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2014.09.003>
- Laugeray, A., Herzine, A., Perche, O., Hébert, B., Aguilon-Naury, M., Richard, O., Menuet, A., Mazaud-Guittot, S., Lesné, L., Briault, S., Jegou, B., Pichon, J., Montécot-Dubourg, C., & Mortaud, S. (2014). Pre- and Postnatal Exposure to Low Dose Glufosinate Ammonium Induces Autism-Like Phenotypes in Mice. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2014.00390>
- Lerda, D., & Rizzi, R. (1991). Study of reproductive function in persons occupationally exposed to 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D). *Mutation Research Letters*, 262(1), 47–50. [https://doi.org/10.1016/0165-7992\(91\)90105-D](https://doi.org/10.1016/0165-7992(91)90105-D)
- Li, X., Liang, Z., Du, J., Wang, Z., Mei, S., Li, Z., Zhao, Y., Zhao, D., Ma, Y., Ye, J., Xu, J., Zhao, Y., Chang, J., Qin, Y., Yu, L., Wang, C., & Jiang, C. (2019). Herbal decoctosome is a novel form of medicine. *Science China Life Sciences*, 62(3), 333–348. <https://doi.org/10.1007/s11427-018-9508-0>
- Meme, S., Calas, A.-G., Montécot, C., Richard, O., Gautier, H., Gefflaut, T., Doan, B. T., Mème, W., Pichon, J., & Beloeil, J.-C. (2009). MRI Characterization of Structural Mouse Brain Changes in Response to Chronic Exposure to the Glufosinate Ammonium Herbicide. *Toxicological Sciences*, 111(2), 321–330. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfp174>
- (MEX-USA-2023-31-01). (2024). *Rebuttal from Mexico Regarding Measures Concerning Genetically Engineered Corn*. Institute for Agriculture and Trade Policy. https://www.iatp.org/rebuttal-mexico-measures-concerning-genetically-engineered-corn?utm_medium=email&utm_source=sendpress&utm_campaign
- Muttucumar, N., Powers, S. J., Elmore, J. S., Dodson, A., Briddon, A., Mottram, D. S., & Halford, N. G. (2017). Acrylamide-forming potential of potatoes grown at different locations, and the ratio of free asparagine to reducing sugars at which free asparagine becomes a limiting factor for acrylamide formation. *Food Chemistry*, 220, 76–86. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.199>
- Nordgård, L., Bøhn, T., Gillund, F., Grønsberg, I., Iversen, M., Myhr, A. I., Okeke, M., Okoli, A. S., Venter, H., & Wikmark, O.-G. (2015). *Uncertainty and Knowledge Gaps related to Environmental Risk Assessment of GMOs*. GenØk Centre for Biosafety. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1947.7847>
- NPR. (2016, September 22). As a GMO Pillar Wobbles, Biotech Companies Promise New Insect-Killing Genes. <https://www.npr.org/sections/thesalt/2016/09/22/495043248/as-a-gmo-pillar-wobbles-biotech-companies-promise-new-insect-killing-genes>.
- Ospina, M., Schütze, A., Morales-Agudelo, P., Vidal, M., Wong, L.-Y., & Calafat, A. M. (2022). Exposure to glyphosate in the United States: Data from the 2013–2014 National Health and Nutrition Examination Survey. *Environment International*, 170, 107620. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107620>
- Pereira Filho, I. A., & Borghi, E. (2021). *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Levantamento de Cultivares de Milho Para o Mercado de Sementes: Safra 2020/2021* (263). Embrapa. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1133681/1/Doc-263-Levantamento-cultivares-milh-2020-2021.pdf>
- Pereira Filho, I. A., & Borghi, E. (2022a). *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cultivares de Milho Para Safra 2022/2023* (272). <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1150188/1/Documentos-272-Cultivares-de-milho-para-safra-2022-2023.pdf>

- Pereira Filho, I. A., & Borghi, E. (2022b). *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponibilidade de Cultivares de Milho Para o Mercado de Sementes do Brasil: Safra 2021/2022* (268). Embrapa. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1144509/2/Documentos-268-Disponibilidade-de-cultivares-de-milho-para-o-mercado-safra-2021-2022.pdf>
- Qiu, S. (2005). A computational study of off-target effects of RNA interference. *Nucleic Acids Research*, 33(6), 1834–1847. <https://doi.org/10.1093/nar/gki324>
- Reynier, E., & Rubin, E. (2025). Glyphosate exposure and GM seed rollout unequally reduced perinatal health. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 122(3), e2413013121. <https://doi.org/10.1073/pnas.2413013121>
- Romo-García, M. F., Mendoza-Cano, O., Murillo-Zamora, E., Camacho-de la Cruz, A. A., Ríos-Silva, M., Bricio-Barrios, J. A., Cuevas-Arellano, H. B., Rivas-Santiago, B., Maeda-Gutiérrez, V., Galván-Tejada, C. E., & Gonzalez-Curiel, I. E. (2025). Glyphosate exposure increases early kidney injury biomarker KIM-1 in the pediatric population: A cross-sectional study. *Science of The Total Environment*, 980, 179533. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179533>
- Sahabat Alam Malaysia. (2019, July 22). 54 Community Organizations and NGOs Oppose Genetically Modified Mr219 Rice Field Tests. <https://foe-malaysia.org/articles/54-community-organizations-and-ngos-oppose-genetically-modified-mr219-rice-field-tests/>
- Sani, M., Yen, F. K., & Sajali, N. (2022). Detection of Genetically Modified Glyphosate-Resistant Soybean Sold in Sarawak. *Current Applied Science and Technology*, 23(3). <https://doi.org/10.55003/cast.2022.03.23.012>
- Sanmugam, S., Sivakumar, S., Gobalakrishnan, T., Sarawanan, T., Rashmi Abeweera, P., & Sandrasaigaran, P. (2021). Perception and Acceptance of Genetically Modified Foods in Malaysia. *Malaysian Journal of Science and Advanced Technology*, 144–150. <https://doi.org/10.56532/mjsat.v1i4.29>
- Swan, S. H., Kruse, R. L., Liu, F., Barr, D. B., Drobnis, E. Z., Redmon, J. B., Wang, C., Brazil, C., Overstreet, J. W., & Study for Future Families Research Group. (2003). Semen quality in relation to biomarkers of pesticide exposure. *Environmental Health Perspectives*, 111(12), 1478–1484. <https://doi.org/10.1289/ehp.6417>
- Testbiotech. (2013). High levels of residues from spraying with glyphosate found in soybeans in Argentina. https://www.testbiotech.org/wp-content/uploads/2016/10/TBT_Background_Glyphosate_Argentina_0.pdf
- Testbiotech. (2020a). *Assessment of health risks associated with the consumption of products derived from genetically engineered plants with a combination of traits*. https://www.testbiotech.org/wp-content/uploads/2020/01/RAGES_report-combinatorial-effects.pdf
- Testbiotech. (2020b). *Synergistic effects between Bt toxins and plant constituents (proteinase inhibitors, PI) multiply toxicity of GE plants*. <https://www.testbiotech.org/en/publikation/synergistic-effects-bt-toxins-and-plant-constituents-proteinase-inhibitors/>
- Texas A&M University. (2024). The Handy Bt Trait Table. https://www.texasinsects.org/uploads/4/9/3/0/49304017/bttrairtable_jan_2024.pdf
- Tomé-Carneiro, J., Fernández-Alonso, N., Tomás-Zapico, C., Visioli, F., Iglesias-Gutierrez, E., & Dávalos, A. (2018). Breast milk microRNAs harsh journey towards potential effects in infant development and maturation. Lipid encapsulation can help. *Pharmacological Research*, 132, 21–32. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2018.04.003>
- TWN. (2013). Genetically Engineered Food in Malaysia. Third World Network.
- US EPA. (2005). EFED Re-registration Chapter For Dicamba/Dicamba Salts; US Environmental Protection Agency, Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances, Office of Pesticide Programs, US Government Printing Office: Washington, DC, 2005. US Environmental Protection Agency.
- USDA. (2017). *Malaysia. Agricultural Biotechnology Annual 2017*. USDA Foreign Agricultural Service. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Agricultural%20Biotechnology%20Annual_Kuala%20Lumpur_Malaysia_10-11-2017.pdf
- USDA. (2025). *Adoption of Genetically Engineered Crops in the United States—Recent Trends in GE Adoption*. <https://www.ers.usda.gov/data-products/adoption-of-genetically-engineered-crops-in-the-united-states/recent-trends-in-ge-adoption>
- Valente, L. C., De Matos Manoel, B., Reis, A. C. C., Stein, J., Jorge, B. C., Barbisan, L. F., Romualdo, G. R., & Arena, A. C. (2024). A mixture of glyphosate and 2,4-D herbicides enhances the deleterious reproductive outcomes induced by Western diet in obese male mice. *Environmental Toxicology*, 39(1), 31–43. <https://doi.org/10.1002/tox.23937>
- Vázquez-Padrón, R. I., Gonzáles-Cabrera, J., García-Tovar, C., Neri-Bazan, L., López-Revilla, R., Hernández, M., Moreno-Fierro, L., & De La Riva, G. A. (2000). Cry1Ac Protoxin from *Bacillus thuringiensis* sp. Kurstaki HD73 Binds to Surface Proteins in the Mouse Small Intestine. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 271(1), 54–58. <https://doi.org/10.1006/bbrc.2000.2584>

- Zhang, L., Hou, D., Chen, X., Li, D., Zhu, L., Zhang, Y., Li, J., Bian, Z., Liang, X., Cai, X., Yin, Y., Wang, C., Zhang, T., Zhu, D., Zhang, D., Xu, J., Chen, Q., Ba, Y., Liu, J., ... Zhang, C.-Y. (2012). Exogenous plant MIR168a specifically targets mammalian LDLRAP1: Evidence of cross-kingdom regulation by microRNA. *Cell Research*, 22(1), 107–126. <https://doi.org/10.1038/cr.2011.158>
- Zhou, Z., Li, X., Liu, J., Dong, L., Chen, Q., Liu, J., Kong, H., Zhang, Q., Qi, X., Hou, D., Zhang, L., Zhang, G., Liu, Y., Zhang, Y., Li, J., Wang, J., Chen, X., Wang, H., Zhang, J., ... Zhang, C.-Y. (2015). Honeysuckle-encoded atypical microRNA2911 directly targets influenza A viruses. *Cell Research*, 25(1), 39–49. <https://doi.org/10.1038/cr.2014.130>

Tanaman Ubah Suai Genetik dalam Sistem Makanan Malaysia

Kelulusan bagi pengimportan tanaman ubah suai genetik (GM) ke Malaysia untuk makanan dan makanan ternakan telah meningkat dengan ketara dalam beberapa tahun kebelakangan ini. Kebanyakan tanaman ini adalah toleran racun rumpai dan/atau varieti tahan serangga, yang menimbulkan kebimbangan kesihatan terhadap pendedahan kepada sisa racun rumpai dan toksin racun serangga melalui pengambilan makanan. Risiko keselamatan makanan semakin bertambah lagi dengan pembiakan varieti “bertindanan” dengan pelbagai ciri daya tahan dan rintangan, dan tanaman yang dibangunkan menggunakan teknologi *RNA interference* (RNAi) yang mungkin menimbulkan kesan ketidakpastian serta tidak disengajakan. Memandangkan isu biokeselamatan yang serius ini, laporan ini menggesa penilaian risiko yang lebih komprehensif dan pengawalseliaan yang lebih ketat terhadap pengawasan tanaman ubah suai genetik untuk melindungi pengguna Malaysia. Sehingga langkah berjaga-jaga dilaksanakan, tanaman ubah suai genetik untuk makanan, makanan ternakan dan pemprosesan tidak harus diluluskan di Malaysia.