



Naskah Review

**TANAMAN *GENETICALLY MODIFIED ORGANISM* (GMO)
DAN PERSPEKTIF HUKUMNYA DI INDONESIA**

***THE GENETICALLY MODIFIED ORGANISM (GMO) OF PLANT
AND THEIR LEGAL PERSPECTIVE IN INDONESIA***

Yuwono Prianto¹, Swara Yudhasasmita^{2*}

¹Fakultas Hukum, Universitas Tarumanagara, Jakarta

²Bioteknologi, Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati, Institut Teknologi Bandung

Corresponding author: swarayudha@mail.ugm.ac.id

Naskah Diterima: 14 April 2017; Direvisi: 15 Juni 2017; Disetujui: 05 Juli 2017

Abstrak

Genetically modified organism (GMO) merupakan organisme yang gen-gennya telah diubah dengan menggunakan teknik rekayasa genetika. Produk rekayasa genetika diklasifikasikan menjadi 4 macam, yaitu generasi pertama: satu sifat; generasi kedua: kumpulan sifat; generasi ketiga dan keempat: *near-intragenic*, *intragenic*, dan *cisgenic*. Adapun produk rekayasa genetika pada tanaman di Indonesia di antaranya adalah padi, tomat, tebu, singkong, dan kentang. Regulasi tanaman hasil rekayasa genetika diatur oleh beberapa lembaga, di antaranya Kementerian Lingkungan Hidup, Kementerian Pertanian, Komisi Keamanan Hayati, Tim Teknis Keamanan Hayati, dan *Biosafety Clearing House*, berdasarkan peraturan pemerintah No. 21 tahun 2005. Pengujian yang dilakukan pada produk rekayasa genetika meliputi analisis sumber gen penyebab alergi, sekuens homolog asam amino, resistensi pepsin, skrining serum, serta penggunaan hewan uji. Berbagai produk GMO di Indonesia sejauh ini merupakan produk yang dibutuhkan dalam memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari, yang perlu diawasi secara ketat dari segi dampaknya terhadap lingkungan melalui ketentuan hukum yang berlaku, yang diwakili oleh instansi-instansi terkait tersebut.

Kata kunci: GMO; Hukum Indonesia; Regulasi; Tanaman

Abstract

Genetically modified organism (GMO) is an organism whose genes that have been altered by using genetic engineering techniques. Genetic engineering products are classified into 4 types, which are the first generation: one trait; the second generation: a collection of properties; the third and fourth generation: *near-intragenic*, *intragenic*, and *cisgenic*. The genetic engineering products in plants in Indonesia include rice, tomatoes, sugar cane, cassava, and potatoes. The application of the genetically engineered crops is regulated by several institutions, including the Ministry of Environment, the Ministry of Agriculture, the Biosafety Commission, the Biosafety Technical Team and the Biosafety Clearing House, under government regulation No. 21 of the year 2005. Assessment for GMO product can be conducted by analyzing the source of an allergic gene, sequence homology of amino acid, resistance to pepsin, serum screening and use of an animal model. The GMO products in Indonesia are required so far to meet the needs of daily use, which need to be closely monitored in terms of their impact on the environment through the legal provisions, represented by the respective agencies.

Keywords: GMO; Indonesian Law; Plant; Regulation

Permalink/DOI: <http://dx.doi.org/10.15408/kauniyah.v10i2.5264>

PENDAHULUAN

Genetically modified organism (GMO) merupakan organisme yang gen-gennya telah diubah dengan menggunakan teknik rekayasa genetika. Perkembangan produk GMO semakin lama semakin meningkat karena kebutuhan dan permintaannya yang tinggi. Kehadiran tanaman transgenik memegang peran penting dalam ketahanan pangan nasional. Hal ini disebabkan adanya pertambahan jumlah penduduk dunia yang tidak berbanding lurus dengan ketersediaan lahan pertanian (Kementerian Pertahanan Republik Indonesia, 2015). Sebagai contoh di Indonesia, kedelai yang merupakan tanaman yang banyak digunakan terhadap produk makanan khas Indonesia seperti tempe dan tahu, terus mengalami peningkatan. Laporan *Global Agricultural Information Network* (GAIN) menunjukkan bahwa konsumsi kacang kedelai tahun 2014 mencapai 2,7 juta metrik ton yang hampir seluruhnya dipenuhi melalui impor. Data lain menyebutkan bahwa konsumsi jagung juga mencapai angka yang tinggi, yaitu mencapai 7,5 juta metrik ton dengan jumlah impor sebesar 3,5 juta metrik ton (Wright & Rahmanulloh, 2016). Permintaan yang tinggi tersebut akan menuntut peneliti untuk mencari cara dalam meningkatkan hasil yang lebih tinggi dengan menggunakan metode rekayasa genetika. Disamping itu, pendekatan rekayasa genetika digunakan untuk menghasilkan sifat yang unggul terhadap herbisida, hama, dan serangga (Li *et al.*, 2013; Natarajan *et al.*, 2013; Xue *et al.*, 2012). Adapun tanaman yang telah dikembangkan di Indonesia sebagai produk GMO di antaranya adalah padi, tebu, tomat, singkong, pepaya dan kentang (Rahayu, 2015). Menurut Mulyoprawiro, aplikasi rekayasa genetika dapat meningkatkan efisiensi produksi, nilai tambah, dan membantu pelestarian lingkungan (Hariadi, 2001).

Kehadiran produk makanan ataupun tanaman GMO tidak selamanya menguntungkan. Beberapa kasus menunjukkan produk GMO menyebabkan dampak buruk bagi lingkungan. Aliran gen dari organisme transgenik ke *wild type* memiliki konsekuensi, di antaranya mempercepat terjadinya evolusi secara *invasive* dan persisten, serta menyebabkan kepunahan pada *wild type*. Transfer gen

resisten hama seperti gen *Bt* akan menyebabkan organisme tersebut lebih adaptif dan toleran terhadap hama, tetapi mempunyai potensial dalam mengganggu keseimbangan ekosistem (De Jaramillo, 2009). Kasus yang pernah terjadi adalah tanaman transgenik yang menghasilkan kapas dan mengandung gen *Bt* akan membuat *yield* yang dihasilkan meningkat. Di India, kapas yang dihasilkan pada tanaman bukan transgenik hanya mencapai 292 kg/ha, sedangkan dengan menggunakan tanaman transgenik mampu mencapai 531 kg/ha dengan peningkatan $\pm 82\%$ (Kranti, 2012). Namun demikian, kehadiran gen tersebut akan mengganggu beberapa organisme yang bukan target. Penelitian Han *et al.* (2010) menunjukkan bahwa perlakuan dengan menggunakan *pollen* dari tanaman kapas yang mengekspresikan *CryIAC* dan *CpTI* selama 7 hari memberikan perubahan dalam pola makan lebah. Sementara itu, pada penelitian lain, jagung transgenik yang mengandung gen *Bt* menyebabkan kematian larva *monarch* dan efek buruk terhadap perkembangan, berat badan, serta perilaku kupu kupu (Lang & Vojtech, 2006; Losey *et al.*, 1999; Mattila *et al.*, 2005; Perry *et al.*, 2010; Prasifka *et al.*, 2007). Aplikasi rekayasa genetika pada produk tanaman pangan memiliki implikasi moral-etika serta agama, yaitu mendapat kecaman dari berbagai golongan, terutama kaum konservatif religious (Mudzakir, 2013).

HASIL

Klasifikasi GMO pada Tanaman

Berdasarkan pada struktur dan strategi yang digunakan dalam merekonstruksi transgenik, GMO pada tanaman digolongkan menjadi 4 generasi, yaitu: generasi pertama: satu sifat; generasi kedua: kumpulan sifat; generasi ketiga dan keempat: *near-intragenics*, *intragenics*, dan *cisgenics* (Lin & Pan, 2016).

Pada klasifikasi generasi pertama atau satu sifat, tanaman mengandung elemen transgenik yang umum digunakan, seperti *cauliflower mosaic virus* (CaMV), *35S promoter* (CaMV35S-P), *aminoglycoside 30 phosphotransferase gene* (*nptII*), *phosphinothricin acetyltransferase gene* (*pat/bar*), *5-enolpyruvylshikimate 3-phosphate* (CP4-*eps*) *gene*, *nopaline synthase promoter* (*nos-P*), dan *terminator* (*nos-T*). Hampir 90%

tanaman transgenik mengandung satu atau lebih dari 6 elemen gen tersebut (Lu *et al.*, 2010).

Pada generasi kedua transgenik, tanaman biasanya merupakan hasil persilangan antara generasi pertama yang komersial. Namun demikian, generasi kedua memiliki dua masalah yang besar yang muncul dalam mendeteksi kumpulan sifat pada tanaman transgenik, yaitu: analisis gen yang mendalam mungkin dibutuhkan untuk membedakan antara sifat tanaman yang menumpuk dan yang tidak, dan membedakan dari campuran peristiwa yang berasal dari *single stack trait* hanya mampu dideteksi dengan biji atau tanaman tunggal.

Pada generasi ketiga, tanaman disebut sebagai *near-intragenics* yang elemen transgenik tidak digunakan dalam tanaman transgenik lain. Transgenik yang dikonstruksi berasal dari inang dan telah mengalami rekombinasi atau modifikasi sehingga lebih sulit untuk dideteksi dibandingkan dengan generasi pertama ataupun kedua.

Generasi keempat merupakan tanaman yang digolongkan dalam intragenik dan cisgenik. Jika gen donor dan seluruh *regulator sequence transgenic* dimiliki oleh spesies tanaman yang sama atau dimiliki oleh spesies inang yang mampu disilangkan, maka akan menghasilkan *cisgenik*. Pada teknologi ini *cisgen* harus memiliki *copy host native gene cassette* yang identik, termasuk sekuens regulator yang terintegrasi pada tanaman inang. Sementara itu, pada intragenik, *cassettes gene insert* mengandung sekuens genetik spesifik yang berasal dari tanaman yang memiliki *gene pool* yang sama. Dalam hal ini, sekuens pengkode dapat diregulasi dengan *promoter* dan *terminator* dari gen yang berbeda.

Produk Tanaman Transgenik di Indonesia

Tanaman transgenik di Indonesia yang dikembangkan di antaranya adalah padi, tomat, tebu, pepaya, singkong, dan kentang, dengan menambahkan gen yang memiliki sifat resisten terhadap salinitas, hama, dan kekeringan. Pengembangan produk tanaman transgenik di Indonesia melibatkan beberapa universitas, seperti UNPAD, IPB dan Universtias Jember, serta peran aktif Lembaga riset LIPI dan

ICABIOGRAD. Produk produk rekayasa yang telah dibuat akan didaftarkan terlebih dahulu untuk mendapatkan hak paten pada Dirjen HAKI di alamat <http://www.dgip.go.id/>. Dirjen HAKI memfasilitasi basis data untuk menelusuri status paten di alamat <http://e-statushki.dgip.go.id/>. Dengan demikian, sebelum mendaftarkan produknya, pemohon diharapkan benar-benar mengetahui bahwa produk yang didaftarkan adalah produk yang baru. Adapun elemen transgenik yang berada dalam tanaman tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1, produk-produk GMO yang ada di Indonesia merupakan produk yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat dalam kehidupan sehari-hari. Peningkatan permintaan pasar akan GMO yang terus melonjak setiap tahun yang diikuti dengan pertumbuhan penduduk yang semakin tidak terkontrol, serta didukung dengan lahan pertanian yang semakin menyempit memaksa ilmuwan menemukan cara untuk memenuhi kebutuhan tersebut. *OsGS3* merupakan gen yang terdapat dalam *Oryza sativa* yang terlibat dalam menentukan ukuran padi. Gen ini berfungsi dalam regulasi negatif pada pembelahan sel dan elongasi dari *integument*. Dalam bentuk protein, protein GS3 memiliki domain VWFC yang berperan dalam interaksi protein dan *signaling* (Takano-Kai *et al.*, 2009). Ketika gen ini disisipkan ke dalam tanaman padi maka diharapkan tanaman padi pada bagian fenotip dari biji tersebut memiliki bentuk yang panjang, dan *yield* (beras) yang dihasilkan meningkat.

Pengujian Alergi pada Tanaman GMO

Alergi didefinisikan sebagai kapasitas untuk memperoleh respons imun IgE ketika hewan atau manusia terimunisasi atau terpapar. Pada dasarnya tipe tersebut merupakan alergi tipe I yang diindikasikan oleh adanya aktivasi yang berlebih dari sel *mast* dan basofili yang akan menginduksi inflamasi. Di samping reaksi yang menginduksi IgE, terdapat alergi makanan yang menyebabkan beberapa penyakit, di antaranya *Eosinophilic GI disease* (EGID), *Food protein-induced enterocolitis syndrome* (FPIES), *Systemic (whole body) contact dermatitis*, dan *Allergic contact dermatitis* (ACD). EGID merupakan penyakit

yang menyerang *gastrointestinum* pada anak-anak dan dewasa. Hal tersebut dapat diketahui dengan adanya sakit perut. Penyakit tersebut bergantung pada akumulasi dari eosinofili terlokalisasi pada bagian saluran *gastrointestinum*. FPIES umumnya menyerang bayi dan anak muda. Adapun gejala yang muncul di antaranya muntah diare, dehidrasi

dan tekanan darah yang rendah. Di samping itu, biasanya tubuh akan terlihat lesu, dan kehilangan berat badan. ACD merupakan bentuk dari eksim yang menandai reaksi alergi terhadap molekul pada makanan. Reaksi alergi tersebut menginduksi sel imun tetapi bukan antibody IgE, yang ditandai dengan gatal-gatal (Arora & Mishra, 2011).

Tabel 1. Produk tanaman transgenik di Indonesia

Tanaman	Sifat	Gen	Developer
Padi	Efisiensi penggunaan nitrogen	<i>CsNitri1-L</i>	ICABIOGRAD
Padi	Toleransi kekeringan	<i>OsER1</i>	ICABIOGRAD
Padi	Produktivitas	<i>OsGS3; dep1</i>	ICABIOGRAD
Padi	Toleransi salinitas	<i>OsErf1;</i> <i>OsDREB1A</i>	ICABIOGRAD
Padi	Resisten terhadap wereng		Padjadjaran University
Tebu	Kadar glukosa yang tinggi	<i>SoSUT &</i> <i>SoSPSSoSPS1</i>	PTPN- XI/Universitas Jember
Tomat	Resisten terhadap virus (tomato yellow leaf curl virus dan cucumber mosaic virus)	<i>Coat protein</i>	ICABIOGRAD/RIV
Tomat	Partenokarpi	<i>defH9-iaaM and</i> <i>defH9-RI-iaaM</i>	ICABIOGRAD
Singkong	Kadar amylose yang rendah	<i>IRC-GBSS</i>	ICABIOGRAD/IIS
Pepaya	Menghambat pematangan	<i>Antisense ACC</i> <i>Oxidase</i>	ICABIOGRAD
Kentang	Resisten terhadap <i>Pytophthora</i> Infestans	<i>RB</i>	ICABIOGRAD
Tomat	Miraculin		UNPAD
Padi varietas Rojolele	Resisten terhadap yellow stem borer	<i>Cry1Ab & cry18-</i> <i>cry1Aa</i>	LIPI
Padi	Toleransi terhadap kekeringan	<i>oshox6</i>	LIPI
Tebu	Ketersediaan unsur fosfat	<i>Phytase</i>	IPB
Padi	Toleransi terhadap aluminium	<i>MaMt2, MmSOD,</i> <i>PaCS</i>	IPB
Tebu	Toleransi terhadap kekeringan	<i>P5CS</i>	LIPI

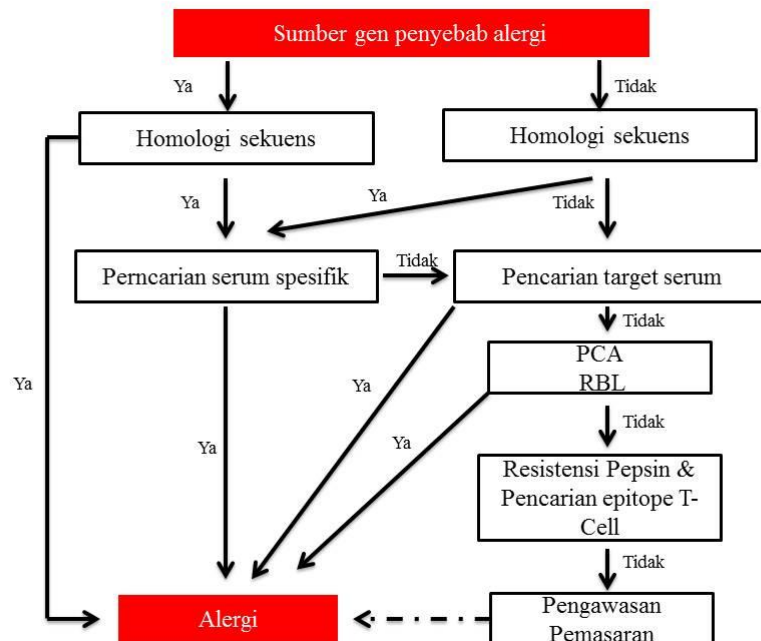
Sumber : (Slette & Rahayu, 2012)

Seluruh protein baru yang diekspresikan dalam tanaman hasil rekayasa genetika dapat terkandung di dalam produk akhir seperti makanan atau pakan yang akan dikonsumsi oleh manusia, sehingga dibutuhkan pengujian alergi dari produk tanaman hasil rekayasa genetika. Adapun beberapa uji alergi yang dapat dilakukan tertera pada Gambar 1.

Evaluasi penyebab alergi dapat dilakukan dengan cara mencari sumber gen yang dimasukkan ke dalam organisme transgenik. Menurut (Arora & Mishra, 2011) berdasarkan sumbernya, gen tersebut dapat diklasifikasikan menjadi alergi, cukup alergi, atau tidak diketahui potensinya dalam menyebabkan alergi. Jika sumber gen berasal

dari 8 produk yang memiliki gen penyebab alergi seperti kacang, susu, telur, ikan, cangkang krustasea, gandum, kacang kedelai,

maka analisis sumber gen tersebut harus dilakukan secara ketat.



Gambar 1. Alur pengambilan keputusan terhadap pengujian protein penyebab alergi
Sumber: (FAO & WHO, 2001)

Jika tidak mampu ditemukan deteksi gen penyebab alergi, maka tahap selanjutnya adalah menganalisis pada tingkat yang lebih tinggi, yaitu sekuens homolog pada tingkat asam amino. Asam amino yang saling terhubung akan membentuk struktur 3 dimensi yang disebut protein. Protein yang membawa sifat alergi akan memiliki urutan asam amino yang mirip sehingga dapat dilakukan skrining melalui BLAST dan FASTA (Altschul *et al.*, 1997; Pearson & Lipman, 1988). Aalberse (2005) menunjukkan bahwa ketika sekuens homolog memberikan kemiripan lebih dari 70%, ada 80 asam amino yang akan bereaksi dengan IgE, sehingga akan menyebabkan alergi. Analisis homologi sekuens dapat dilakukan di beberapa basis data *online*, seperti *Food Allergy Research and Resource Program (FARRP)*, *Structural Database of Allergenic Protein (SDAP)*, *Allermatch*, *AlgPred*, dan *Allergen Database for Food Safety* (Fiers *et al.*, 2004; Ivanciuc *et al.*, 2003; Nakamura *et al.*, 2005; Saha & Raghava, 2006). Adapun kekurangan dari pendekatan melalui sekuens homolog asam amino di antaranya adalah masih sedikitnya data mengenai asam amino atau protein yang menyebabkan alergi, serta

segmen asam amino yang mirip dapat memberikan interpretasi data yang salah (Arora & Mishra, 2011).

Menurut FAO *et al.* (2003), resistensi *novel* protein terhadap pepsin dapat dijadikan parameter untuk penilaian keamanan. Hal ini dikarenakan *novel* protein yang menyebabkan alergi dan berasal dari hasil produk rekayasa genetika akan stabil pada saat diberikan pepsin, sedangkan pada protein yang tidak menyebabkan alergi akan terdegradasi lebih cepat.

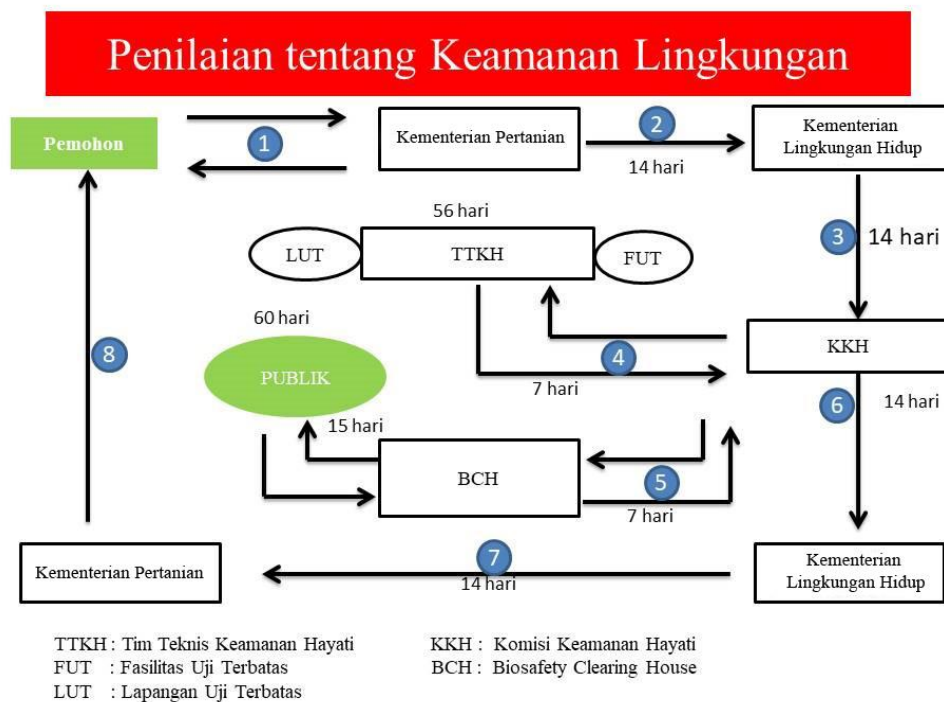
Screening serum test dilakukan untuk mengevaluasi ikatan antara IgE dengan novel protein yang dihasilkan dari produk rekayasa genetika. (FAO & WHO, 2001) merekomendasikan dilakukan baik spesifik maupun *screening serum target*. *Screening serum* yang spesifik melibatkan pengujian protein transgenik dengan serum dari pasien melalui uji klinis alergi makanan untuk mengetahui bahwa protein yang diuji tidak berikatan dengan protein yang diproduksi oleh pasien seperti antibodi IgE. Sementara itu, *screening serum target* melibatkan produk dari gen yang diinginkan dengan sera dari pasien yang sensitif terhadap makanan atau *aeroallergens*.

Penggunaan hewan uji dapat dilakukan untuk melakukan uji alergi pada makanan. Hal ini dikarenakan hewan uji dibuat memiliki kemiripan dengan penyakit yang ada pada manusia. Beberapa model sangat membantu dalam mempelajari mekanisme yang terjadi pada reaksi alergi, yang beberapa lainnya dapat digunakan untuk mengevaluasi efek dari imunoterapi dari suatu reagen. Beberapa hewan uji yang dapat digunakan dalam pengujian alergi makanan di antaranya BALB/c, DBA/2, C3H/HeJ, BDF-1,A/J, dan C57/B16 (McClain & Bannon, 2006).

Regulasi Tanaman Transgenik di Indonesia

Kehadiran produk rekayasa genetika kini menjadi sebuah solusi dalam mengatasi keterbatasan lahan dan menghadapi krisis pangan global. Tuntutan global yang dijalankan pemerintah Indonesia mengharuskan pemerintah merevisi UU No. 7 Tahun 1996 yang diganti menjadi UU No. 18 Tahun 2012. Dalam UU yang baru tersebut

ditambahkan pasal yang mengatur tentang produk rekayasa genetika pada pasal 1 ayat 33, dan 34 junto pasal 69 sampai pasal 77. Kemudian dampak yang ditimbulkan oleh adanya produk rekayasa genetika terhadap lingkungan diatur dalam UU No. 21 tahun 2004 tentang ratifikasi protokol Cartagena dan Peraturan Pemerintah No. 21 tahun 2005 tentang keamanan hayati produk rekayasa genetika. Protokol Cartagena merupakan pelaksanaan lebih lanjut dari konvensi tentang keanekaragaman hayati yang bertujuan untuk menjamin tingkat proteksi yang memadai dalam perpindahan, penanganan, dan pemanfaatan yang aman dari perpindahan lintas batas organisme hasil modifikasi genetik, termasuk dalam pangan, pakan dan pengolahannya (Ishak, 2004). Sementara itu, Peraturan Pemerintah No. 21 tahun 2005 mengatur tentang pengawasan, keamanan serta regulasi dari produk rekayasa genetika.



Gambar 2. Prosedur dalam Peraturan Pemerintah No. 21 Tahun 2005

Peraturan Pemerintah No. 21 Tahun 2005 (Gambar 2) memiliki ruang lingkup di antaranya: jenis dan persyaratan produk rekayasa genetika (PRG), penelitian dan pengembangan produk rekayasa genetika, pemasukan produk rekayasa genetika dari luar negeri, pengkajian, pelepasan dan peredaran

serta pemanfaatan produk rekayasa genetika pengawasan dan pengendalian produk rekayasa genetika kelembagaan, dan pembiayaan. Pasal 6 ayat 1 menyebutkan bahwa terdapat persyaratan keamanan lingkungan yang perlu dipenuhi, di antaranya: deskripsi dan tujuan penggunaan; perubahan genetik dan fenotipe

yang diharapkan harus terdeteksi; identitas jelas mengenai taksonomi, fisiologi, dan reproduksi PRG; organisme yang digunakan sebagai sumber gen harus dinyatakan secara jelas dan lengkap; metode rekayasa genetika yang digunakan mengikuti prosedur baku yang secara ilmiah dapat dipertanggungjawabkan kesahihannya; karakterisasi molekuler PRG harus terinci dengan jelas; ekspresi gen yang ditransformasikan ke PRG harus stabil; dan diuraikan cara pemusnahan yang digunakan bila terjadi penyimpangan.

Adapun prosedur dalam menguji keamanan produk transgenik yang harus dipenuhi untuk memenuhi PP No. 21 Tahun 2005 dapat dilihat pada Gambar 2. Terdapat beberapa lembaga yang berwenang dalam regulasi tanaman transgenik di antaranya TTKH (Tim Teknis Keamanan hayati), KKH (Komisi Keamanan Hayati), BCH (*Biosafety Clearing House*), serta Kementerian Lingkungan Hidup dan Kementerian Pertanian. Pemohon terlebih dahulu mengajukan produk tersebut melalui Kementerian Pertanian yang kemudian akan dilanjutkan melalui Kementerian Lingkungan Hidup. Komisi Keamanan Hayati (KKH) memiliki wewenang dalam merekomendasikan keamanan hayati

kepada menteri yang yang berwenang serta melaksanakan pengawasan terhadap pemasukan dan pemanfaatan produk rekayasa genetika, serta pemeriksaan dan pembuktian atas kebenaran laporan adanya dampak negatif. Tim Teknis Keamanan Hayati (TTKH) kemudian akan melakukan kajian teknis keamanan hayati. TTKH memiliki wewenang dalam menjalankan FUT (Fasilitas Uji Terbatas) serta LUT (Lapangan Uji Terbatas). Ketika produk transgenik tersebut dinyatakan aman, komisi tersebut kemudian akan merekomendasikan Menteri Lingkungan Hidup untuk mengumumkan ke Menteri Pertanian bahwa produk tersebut aman terhadap lingkungan. Di samping melakukan pengujian, terdapat 3 analisis yang perlu dilakukan dari aplikasi GMO, diantaranya *research and development, food safety assement procedure and feed safety assessment procedure*. Kemudian pemerintah juga akan bertanggung jawab dalam membuat pedoman untuk pengujian keselamatan biologis serta mengatur pembentukan *Biosafety Clearing House* (BCH). Fungsi dari BCH meliputi mengatur dan mengeluarkan informasi ke publik dan menghadiri respons publik.

Tabel 2. Peraturan produk rekayasa genetika di Indonesia

Peraturan	Perihal
UU No. 6 Tahun 1967	Ketentuan-ketentuan Pokok Peternakan dan Kesehatan Hewan
UU No. 5 Tahun 1990	Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya
UU No. 12 Tahun 1992	Budidaya Tanaman
UU No. 16 Tahun 1992	Karantina Hewan, Ikan dan Tumbuhan
UU No. 5 Tahun 1994	Ratifikasi Konvensi PBB mengenai Keanekaragaman Hayati (<i>United Nation Convention on Biological Diversity/ CBD</i>)
PP No. 6 Tahun 1995	Perlindungan Tanaman
PP No. 44 Tahun 1995	Perbenihan Tanaman
UU No. 18 Tahun 2012	Tentang Pangan
UU No. 23 Tahun 1997	Pengelolaan Lingkungan Hidup
UU No. 41 Tahun 1999	Tentang Kehutanan
Kep.Ber. Empat Menteri Tahun 1999	Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan Produk Pertanian Hasil Rekayasa Genetik
UU No.29 Tahun 2000	Perlindungan Varietas Tanaman
UU No. 14 Tahun 2001	Tentang Paten
UU No. 21 Tahun 2004	Ratifikasi Protokol Cartagena
PP No. 21 Tahun 2005	Keamanan Hayati Produk Rekayasa Genetik
PP No. 39 Tahun 2010	Komisi Keamanan Hayati Produk Rekayasa Genetik

Sumber: (Indonesia Biosafety Clearing House, 2012)

Ketentuan hukum yang mengatur rekayasa genetika tanaman pangan tertera dalam peraturan perundang-undangan (Tabel 2) dan belum sepenuhnya memberikan jaminan perlindungan hukum kepada masyarakat, terutama konsumen dan petani lokal, serta terindikasi adanya gejala kartel dan telah memakan korban. Sebagai contoh, Kunoto (petani asal Kediri) yang dijerat pasal 60 dan 61 UU No. 12 Tahun 1992 tentang system budidaya tanaman. Kunoto menjual benih jagung transgenik yang ditanamnya. Hal tersebut membuat Jaringan Advokasi Kedaulatan Petani atas benih mengajukan gugatan ke Mahkamah Konstitusi sehingga membuat MK menghilangkan beberapa pasal, di antaranya pasal 5 ayat (1) huruf a, b, c, dan d, pasal 6, pasal 9 ayat (3), pasal 12 ayat (1) dan ayat (2), pasal 60 ayat (1) huruf a dan b, pasal 60 ayat (2) huruf a dan b UU No. 12 Tahun 1992 (Mahkamah Konstitusi Republik Indonesia, 2012).

KESIMPULAN

Berbagai produk GMO di Indonesia sejauh ini merupakan produk yang dibutuhkan dalam memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari, seperti padi, tebu, singkong, dan kentang. Kehadiran ilmu bioteknologi menjadi cara untuk mengatasi kebutuhan yang terus meningkat. Namun demikian, produk-produk GMO yang telah berhasil diciptakan perlu diawasi secara ketat. Tidak hanya dari segi keuntungan, kerugian dan dampaknya terhadap lingkungan perlu diawasi secara teliti melalui ketentuan hukum yang berlaku. Adapun lembaga-lembaga yang berkewajiban dalam mengawasi produk-produk GMO di antaranya Komisi Keamanan Hayati, Kementerian Lingkungan Hidup, Kementerian Pertanian, *Biosafety Clearing House*, dan Tim Teknis Keamanan Hayati, yang diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 21 tahun 2005.

REFERENSI

- Aalberse, R. C. (2005). Assessment of sequence homology and cross-reactivity. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 207(2 Suppl), 149–151. <http://doi.org/10.1016/j.taap.2005.01.021>
- Altschul, S. F., Madden, T. L., Schaffer, A. A., Zhang, J., Zhang, Z., Miller, W., & Lipman, D. J. (1997). Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs. *Nucleic Acids Research*, 25(17), 3389–3402.
- Arora, N., & Mishra, A. (2011). Safety assessment of genetically modified food crops. *Allergy Asthma Immunology*, 25(2), 53–60.
- De Jaramillo, E. H. (2009). *Biosafety of genetically modified organisms: basic concepts, methods and issues*. (M. Khalequzzaman A. Chowdhury, M. I. Hoque, & A. Sonnino, Eds.). Rome, Italy: FAO.
- FAO & WHO. (2001). *Joint FAO/WHO expert consultation on allergenicity of foods derived from biotechnology*. *Biotechnology*. Rome, Italy: FAO & WHO.
- FAO, WHO, & Codex Alimentarius Commission. (2003). *The third session of the codex ad hoc intergovernmental task force on foods derived from biotechnology*. Rome, Italy.
- Fiers, M. W. E. J., Kleter, G. a, Nijland, H., Peijnenburg, A. a C. M., Nap, J. P., & van Ham, R. C. H. J. (2004). Allermatch, a webtool for the prediction of potential allergenicity according to current FAO/WHO Codex alimentarius guidelines. *BMC Bioinformatics*, 5, 133. <http://doi.org/10.1186/1471-2105-5-133>
- Han, P., Niu, C. Y., Lei, C. L., Cui, J. J., & Desneux, N. (2010). Quantification of toxins in a Cry1Ac + CpTI cotton cultivar and its potential effects on the honey bee *Apis mellifera* L. *Ecotoxicology*, 19(8), 1452–1459. <http://doi.org/10.1007/s10646-010-0530-z>
- Hariadi, A. (2001). *Pemanfaatan bioteknologi dalam bidang kesehatan*. Jakarta, Indonesia: BPHN-Departemen Kehakiman dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia.
- Indonesia Biosafety Clearing House. (2012). *Peraturan perundangan produk rekayasa genetika*.
- Ishak, I. I. (2004). *Pengesahan Cartagena protocol on biosafety to the convention on biological diversity*.

- Ivanciuc, O., Schein, C. H., & Braun, W. (2003). SDAP: database and computational tools for allergenic proteins. *Nucleic Acids Research*, 31(1), 359–362.
- Kementrian Pertahanan Republik Indonesia. (2015). *Buku putih pertahanan Indonesia*. Jakarta, Indonesia: Kementrian Pertahanan Republik Indonesia.
- Kranti, K. . (2012). *Bt cotton Q & A*. Mumbai: Indian Society For Cotton Improvement.
- Lang, A., & Vojtech, E. (2006). The effects of pollen consumption of transgenic Bt maize on the common swallowtail, *Papilio machaon* L. (Lepidoptera, Papilionidae). *Basic and Applied Ecology*, 7(4), 296–306. <http://doi.org/10.1016/j.baae.2005.10.003>
- Li, S. X., Chen, L. H., Zheng, F. Y., & Li, Y. C. (2013). Effect of the cp4-epsps gene on metal bioavailability in maize and soybean using bionic gastrointestinal tracts and ICP-MS determination. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(7), 1579–1584. <http://doi.org/10.1021/jf303962a>
- Lin, C. H., & Pan, T. M. (2016). Perspectives on genetically modified crops and food detection. *Journal of Food and Drug Analysis*, 24(1), 1–8. <http://doi.org/10.1016/j.jfda.2015.06.011>
- Losey, J. E., Rayor, L. S., & Carter, M. E. (1999). Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature*, 399(May), 214–215.
- Lu, I.-J., Lin, C.-H., & Pan, T.-M. (2010). Establishment of a system based on universal multiplex-PCR for screening genetically modified crops. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 396(6), 2055–2064. <http://doi.org/10.1007/s00216-009-3214-x>
- Mahkamah Konstitusi Republik Indonesia. (2012). *Putusan Nomor 99/PUU-X/2012*. Jakarta, Indonesia. Retrieved from https://www.spi.or.id/wp-content/uploads/2014/11/putusan_sidang_99-PUU-2012-tanaman-telah-ucap-18-Juli-2013.pdf
- Mattila, H. R., Sears, M. K., & Duan, J. J. (2005). Response of *Danaus plexippus* to pollen of two new Bt corn events via laboratory bioassay. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 116(1), 31–41. <http://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2005.00304.x>
- McClain, S., & Bannon, G. A. (2006). Animal models of food allergy: opportunities and barriers. *Current Allergy and Asthma Reports*, 6(2), 141–144.
- Mudzakir. (2013). *Pengkajian hukum tentang ketentuan pidana dalam penerapan bioteknologi kesehatan*. Jakarta, Indonesia: BPHN-Departemen Kehakiman dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia.
- Nakamura, R., Teshima, R., Takagi, K., & Sawada, J. (2005). Development of allergen database for food safety (adfs): an integrated database to search allergens and predict allergenicity. *Kokuritsu Iyakuhin Shokuhin Eisei Kenkyujo hokoku = Bulletin of National Institute of Health Sciences*, 123, 32–36.
- Natarajan, S., Luthria, D., Bae, H., Lakshman, D., & Mitra, A. (2013). Transgenic soybeans and soybean protein analysis: An overview. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(48), 11736–11743. <http://doi.org/10.1021/jf402148e>
- Pearson, W. R., & Lipman, D. J. (1988). Improved tools for biological sequence comparison. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 85(8), 2444–2448.
- Perry, J. N., Devos, Y., Arpaia, S., Bartsch, D., Gathmann, A., Hails, R. S., ... Sweet, J. B. (2010). A mathematical model of exposure of nontarget Lepidoptera to Bt-maize pollen expressing Cry1Ab within Europe. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 277(1686), 1417–1425. <http://doi.org/DOI10.1098/rspb.2009.2091>
- Prasifka, P. L., Hellmich, R. L., Prasifka, J. R., & Lewis, L. C. (2007). Effects of Cry1Ab-expressing corn anthers on the movement of monarch butterfly larvae. *Environmental Entomology*, 36(1), 228–233.

- Rahayu, T. (2015). *Indonesia agricultural biotechnology annual*. Indonesia.
- Saha, S., & Raghava, G. P. S. (2006). AlgPred: Prediction of allergenic proteins and mapping of IgE epitopes. *Nucleic Acids Research*, *34*, 202–209. <http://doi.org/10.1093/nar/gkl343>
- Takano-Kai, N., Jiang, H., Kubo, T., Sweeney, M., Matsumoto, T., Kanamori, H., ... McCouch, S. (2009). Evolutionary history of GS3, a gene conferring grain length in rice. *Genetics*, *182*(4), 1323–1334. <http://doi.org/10.1534/genetics.109.103002>
- Wright, T., & Rahmanulloh, A. (2016). *Oilseeds and Products annual report 2017*. Indonesia.
- Xue, K., Yang, J., Liu, B., & Xue, D. (2012). The integrated risk assessment of transgenic rice *Oryza sativa*: A comparative proteomics approach. *Food Chemistry*, *135*(1), 314–318. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.04.042>