

PENERAPAN PRINSIP ETIKA LINGKUNGAN PADA TEKNOLOGI REKAYASA GENETIK TANAMAN DAN REGULASI KEAMANAN PRODUK REKAYASA GENETIKA

Isna Rahma Dini^{1*}, Hapsoh¹, Arnis En Yulia¹

¹Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Riau

Email: isna.rahmadini@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

Biotechnology activities related to genetic engineering in plants are currently developing rapidly. This is done to overcome several problems related to improving the quality of food crops as well as various obstacles encountered during crop cultivation. However, along with the development of transgenic plants, various environmental issues due to genetic engineering technology in plants have emerged. The perpetrators of genetic engineering technology development must of course continue to apply environmental ethics so that cases related to the development of genetic engineering products do not occur. Therefore, efforts are needed to apply environmental ethical principles to genetic engineering technology. Several principles of environmental ethics include (1) respect for nature; (2) The principle of moral responsibility (moral responsibility for nature); (3) cosmic solidarity; (4) compassion and concern for nature (caring for nature); (5) The principle of not causing damage (no harm principle); (6) Living simply and in harmony with nature; (7) The principle of justice; (8) The principle of democracy; (9) The principle of moral integrity. In addition to upholding the ethical principles of the environment, government regulations regarding the safety regulations for genetically engineered products must still be complied with in order to avoid the risk of negatively impacting these engineered products.

Keywords: *environmental ethics, genetic engineering, regulation, transgenic crops*

PENDAHULUAN

Munculnya produk-produk yang berasal dari teknologi rekayasa genetik atau dikenal dengan Produk Rekayasa Genetik (PRG) termasuk pada isu lingkungan yang cukup meresahkan. Hal ini disebabkan karena rekayasa genetik diduga dapat mengganggu keseimbangan ekosistem dan menimbulkan bahaya bagi manusia. Rekayasa genetik merupakan hasil penerapan dari bioteknologi modern yang menerapkan teknologi DNA rekombinan, yaitu teknologi yang dapat menyisipkan gen yang berasal dari makhluk hidup lain dengan tujuan untuk meningkatkan potensi makhluk hidup hasil rekayasa tersebut atau terjadinya proses transfer gen spesifik dari satu spesies ke spesies yang lain. Suyanegara (2011) menyatakan bahwa rekayasa genetika merupakan upaya manusia yang dilakukan dengan sengaja mengubah, memodifikasi, dan/atau menambahkan susunan suatu gen dengan material baru pada suatu organisme untuk mendapatkan turunan sesuai dengan yang diinginkan manusia. Teknologi rekayasa genetik dapat diterapkan pada tanaman, hewan, ikan, dan jasad renik sehingga hasil organisme yang telah direkayasa disebut sebagai *Genetically Modified Organism* (GMO) atau Produk Rekayasa Genetik (PRG). Salah satu kelebihan dari teknik rekayasa genetik adalah sumber gen yang disisipkan ke dalam suatu organisme dapat berasal dari organisme yang tidak sekerabat. Hal ini diharapkan dapat mengatasi kendala ketidaktersediaan sumber gen bermanfaat pada organisme yang sekerabat (Estiati dan Herman, 2015).

Suatu tanaman yang telah dilakukan rekayasa genetik disebut sebagai tanaman transgenik. Karmana (2009) menyatakan bahwa tanaman transgenik hasil rekayasa genetika ini dipercaya mempunyai sifat-sifat unggul di antaranya memiliki produktivitas yang lebih tinggi, tahan

terhadap hama, toleran terhadap herbisida, dan mengandung kualitas nutrisi yang lebih baik. Sebagai contoh adalah padi Bt merupakan padi yang telah disisipi oleh bakteri *Bacillus thuringiensis* (Bt). Gen yang diambil dari bakteri tersebut adalah gen penyandi protein Bt yang dapat membunuh larva hama Lepidoptera dan Coleoptera. Penyisipan gen dari bakteri ini ke dalam tanaman disebabkan karena gen ketahanan terhadap hama Lepidoptera ini tidak terdapat pada plasma nutfah tanaman padi. Melalui keberadaan gen Bt di dalam padi maka akan membuat padi dapat tahan terhadap serangan hama khususnya Lepidoptera yang biasanya menyerang tanaman padi. Aplikasi gen Bt tidak hanya dilakukan pada tanaman padi, terdapat juga tanaman jagung transgenik yang telah dirakit untuk mengekspresi protein crystalline (Cry) dari bakteri *Bacillus thuringiensis* (Bt). Menurut Delaney (2015), saat ini banyak variasi jagung PRG maupun tanaman PRG lainnya yang telah dikomersialisasi untuk mengekspresi protein Cry dari bakteri Bt dengan strain yang berbeda. Selain tanaman padi dan kapas Bt, terdapat juga tanaman padi tahan penyakit papaya ringspot virus dan lain-lain. Tidak hanya mengatasi cekaman biotik seperti yang telah dikemukakan sebelumnya, aplikasi rekayasa genetik tanaman juga dilakukan untuk merakit tanaman resisten cekaman abiotik. Pada jenis cekaman abiotik, penerapan tanaman PRG dilakukan untuk perakitan tanaman resisten pada stres abiotik salah satunya yaitu kekeringan. Di Indonesia, PT. Perkebunan Nusantara XI (PTPN XI), Universitas Jember, dan Ajinomoto telah mengembangkan dan mengkomersialisasi tanaman tebu PRG toleran kekeringan NXI-4T. Jika dilihat dari fungsinya, maka dapat dikatakan bahwa tanaman transgenik dapat berpotensi besar untuk peningkatan kehidupan dan kesejahteraan manusia baik di sektor pertanian, pangan, industri, kesehatan manusia, dan lingkungan hidup.

Namun, seiring dengan semakin berkembangnya aplikasi tanaman hasil rekayasa genetika, banyak kalangan yang menyambut positif dan mendukung penerapan teknologi ini sebagai komoditi pangan yang menjanjikan, namun tak sedikit pula yang menentangnya. Kebanyakan masyarakat merasa khawatir terutama menyangkut masalah jaminan kesehatan dan efeknya terhadap keseimbangan lingkungan, sehingga pemanfaatan teknologi ini masih menjadi polemik apakah dapat dijadikan solusi mengatasi kelaparan atau justru menjadi polusi yang membawa kerusakan dan bencana (Dianninar, 2014).

Sampai saat ini, pro dan kontra terhadap perkembangan tanaman transegnik ini terus terjadi. Sebagian masyarakat yang pro pada penerapan tanaman transgenik berdasarkan pada asumsi bahwa rekayasa genetika memiliki potensi yang bisa dikembangkan untuk meningkatkan kesejahteraan manusia dalam menghadapi permasalahan-permasalahan di masa mendatang, sedangkan sebagian masyarakat yang kontra menganggap tanaman transgenik dapat membahayakan kesehatan manusia dan mengganggu keseimbangan ekosistem. Menurut Sugianto (2017), penggunaan gen Bt pada tanaman jagung dan kapas dapat menyebabkan alergi pada manusia, selain itu tanaman hasil rekayasa genetika juga diduga bersifat karsinogenik atau berpotensi menyebabkan kanker, serta minim gizi karena kandungannya telah dimodifikasi sedemikian rupa sehingga menghilangkan beberapa kandungan alami produk hasil olahannya. Karmana (2009) melaporkan bahwa kedelai transgenik yang diintroduksi dengan gen penghasil protein metionin dari tanaman brazil nut menunjukkan kedelai transgenik tersebut positif sebagai allergen berdasarkan hasil uji skin prick-test. Selain itu, ternak yang diberi makan kentang dan tomat hasil rekayasa genetika mengalami perubahan dalam perutnya yang mengindikasikan pada kanker, kerusakan ginjal dan organ

tubuh lainnya, serta perkembangan otak yang lambat. Lebih lanjut lagi, tanaman transgenik yang diintroduksi dengan antibiotik Kanamycin R (Kan R) bila dikonsumsi manusia disinyalir dapat mengakibatkan resistensi bakteri dalam tubuh akibat pemaparan dengan antibiotik secara kontinu. Akibatnya, penggunaan antibiotik untuk menyembuhkan penyakit menjadi tidak ampuh lagi. Sebelumnya, A. Putzai dari Inggris pada tahun 1998 juga melakukan penelitian terhadap tikus yang diberi pakan kentang transgenik dan menemukan munculnya gejala kekeerdilan dan imunodepresi (Haryanti, 2012).

Dampak negatif tanaman rekayasa genetika bagi lingkungan yang sangat merusak yakni hilangnya keanekaragaman hayati. Ini dapat terjadi salah satunya melalui polusi gen. Menurut Cahyadi dalam Karmana (2009), tanaman transgenik dikhawatirkan dapat mengancam pertumbuhan varietas asli tanaman dengan menyebarkan serbuk sarinya sehingga terjadi persilangan atau pertukaran gen dengan tanaman asli yang mengakibatkan tanaman berubah menjadi tanaman transgenik seluruhnya atau dengan kata lain terjadi penularan sifat ermutasinya pada tanaman non transgenik. Tidak hanya keanekaragaman hayati tanaman, keanekaragaman hayati hewan pun mengalami ancaman serupa. Ini ditunjukkan dari hasil uji laboratorium pada tanaman transgenik yang mempunyai gen resisten pestisida, yakni jagung Bt, serbuk sari jagung Bt yang ditaburkan pada daun *milkweed* menyebabkan kematian larva spesies kupu-kupu monarch (*Danaus plexippus*) (Losey et al., 1999). Hasil uji ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Hansen dan Obrycki (1999) dengan memberi makan larva kupu-kupu monarch dengan daun *milkweed* yang diambil di sekitar ladang jagung Bt. Studi ini menunjukkan bahwa jagung Bt meracuni kupu-kupu monarch yang hidup di sekitar ladang jagung tersebut. Kematian organisme non target ini dikhawatirkan akan mengganggu keseimbangan ekosistem akibat musnahnya keanekaragaman hayati kupu-kupu tersebut.

Dampak yang tak kalah pentingnya adalah dampak sosial dan ekonomi. Apabila tanaman transgenik dibudidayakan secara besar-besaran di seluruh dunia, maka dikhawatirkan akan terjadinya pergeseran penguasaan benih dari yang semula milik umum atau *common property*. Pada kasus ini, petani menjadi pemilik benih yang bisa disimpan dan ditanam berulang kali menjadi milik beberapa perusahaan besar multinasional (Santosa, 2000). Persaingan dalam perdagangan dan pemasaran produk pertanian transgenik akan menimbulkan ketidakadilan bagi negara agraris berkembang karena adanya kesenjangan teknologi yang sangat jauh dengan negara maju. Kesenjangan tersebut timbul karena bioteknologi modern sangatlah mahal sehingga sulit bagi negara berkembang untuk mengembangkannya.

Berdasarkan penguraian tersebut, suatu teknologi baru yang modern bisa saja memberikan pengaruh positif bagi manusia, namun juga bisa memberikan pengaruh negatif pada manusia. Oleh sebab itu, seorang peneliti terkait rekayasa genetika atau pemulia tanaman modern tetap harus memperhatikan dan menerapkan etika lingkungan pengembangan teknologi rekayasa genetika ini guna mencegah kerusakan lingkungan yang akan terjadi pada lingkungan. Menurut Djaelani (2011), etika lingkungan merupakan pendalaman kesadaran individu maupun kelompok baik berbagai lapisan sosial, profesi, mengenai norma moral yang seharusnya mereka anut dalam menghadapi lingkungan. Oleh karena itu, kajian ini bertujuan untuk menguraikan prinsip etika lingkungan pada penerapan teknologi rekayasa genetika serta regulasi keamanan produk rekayasa genetika tanaman.

METODE

Metode yang digunakan kajian ini yaitu deskriptif berdasarkan kajian literatur berupa publikasi ilmiah, laporan penelitian maupun buku yang berhubungan dengan topik pembahasan. Menurut Syahza *et al.* (2015), metode penelitian secara deskriptif dipilih untuk mendeskripsikan suatu topik atau permasalahan secara sistematis berdasarkan sifat, kondisi dan hubungan antar variabel penelitian. Beberapa hal yang akan diuraikan dalam kajian ini meliputi: 1) Teknologi rekayasa genetik tanaman, 2) Prinsip etika lingkungan, 3) Regulasi keamanan hayati produk rekayasa genetik tanaman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Teknologi Rekayasa Genetik Tanaman

Teknologi rekayasa genetik adalah teknologi rekayasa/manipulasi yang dilakukan oleh manusia secara sengaja dengan mengubah secara genetik pada suatu organisme dengan cara menyisipkan gen asing di luar tubuh makhluk hidup yang akan direkayasa tersebut. Produk dari kegiatan rekayasa genetik tanaman disebut sebagai tanaman transgenik. Tanaman transgenik adalah tanaman yang telah mengalami perubahan secara genetik yang terjadi akibat adanya penyisipan gen asing yang berasal dari luar organisme tersebut melalui teknik rekayasa genetika yang bertujuan untuk memberikan manfaat pada organisme tersebut. Beberapa aplikasi tanaman transgenik di antaranya yaitu:

1. Perakitan tanaman transgenik resisten hama
2. Perakitan tanaman transgenik resisten cekaman biotik (patogen penyebab penyakit tanaman)
3. Perakitan tanaman transgenik resisten herbisida
4. Perakitan tanaman transgenik tahan cekaman abiotik
5. Perakitan tanaman transgenik modifikasi nutrisi
6. Perakitan tanaman transgenik penundaan masak buah dan layu
7. Perakitan tanaman transgenik modifikasi pigmentasi bunga
8. Perakitan tanaman transgenik jantan steril.

Perkembangan bioteknologi modern pada bidang rekayasa genetik tanaman baru baru ini menjadi isu lingkungan di samping kasus pencemaran air, tanah, dan udara akibat residu pestisida. Hal ini disebabkan karena produk dari hasil rekayasa genetik diduga dapat menghasilkan racun sehingga membahayakan kesehatan manusia dan juga disinyalir dapat menyebabkan ketidakseimbangan ekosistem. Oleh karena itu, sebagai upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah terhadap besarnya resiko bahaya kepada manusia dan kerusakan lingkungan yang terjadi akibat produk rekayasa genetik, maka sangat diperlukan agar setiap pengembang kegiatan bioteknologi pertanian tetap menaati etika lingkungan dengan menerapkan prinsip-prinsip etika lingkungan.

Prinsip Etika Lingkungan

Prinsip etika lingkungan dirumuskan bertujuan untuk dapat digunakan sebagai pegangan dan tuntunan bagi perilaku manusia dalam berkehidupan selaras dengan alam, baik perilaku secara langsung maupun perilaku terhadap sesama manusia yang menimbulkan dampak tertentu terhadap alam. Prinsip etika lingkungan dirumuskan bertujuan untuk dapat digunakan sebagai pegangan dan tuntunan bagi perilaku manusia dalam berkehidupan selaras dengan

alam, baik perilaku secara langsung maupun perilaku terhadap sesama manusia yang menimbulkan dampak tertentu terhadap alam. Lebih luas lagi, prinsip etika lingkungan hidup dapat digunakan dalam pelaksanaan pembangunan berwawasan lingkungan dan berkelanjutan. Adapun prinsip-prinsip etika lingkungan dapat dirumuskan sebagai berikut: (1) Sikap hormat terhadap alam (*respect for nature*); (2) Prinsip tanggung jawab moral (*moral responsibility for nature*); (3) Solidaritas kosmis (*cosmic solidarity*); (4) Kasih sayang dan kepedulian terhadap alam (*caring for nature*); (5) Prinsip tidak menimbulkan kerusakan (*no harm principle*); (6) Hidup sederhana dan selaras dengan alam; (7) Prinsip keadilan; (8) Prinsip demokrasi; (9) Prinsip integritas moral (Keraf, 2002). Berikut penguraian prinsip etika lingkungan pada teknologi rekayasa genetika.

Prinsip sikap hormat terhadap alam

Prinsip ini menunjukkan bahwa ada cara-cara manusia untuk dapat menghormati alam seperti merawat, menjaga, melindungi, dan melestarikan alam beserta seluruh isinya. Selain itu, manusia juga tidak diperbolehkan merusak alam tanpa alasan yang dapat dibenarkan secara moral. Pada prinsip ini tentu saja harus ditekankan pada pengembang maupun pengguna ilmu bioteknologi tanaman dimana kegiatan rekayasa yang akan dilakukan semestinya tetap harus melindungi khususnya konsumen PRG ini agar tetap aman saat mengkonsumsi PRG tersebut.

Dari segi pelestarian alam, kegiatan rekayasa genetik tentu saja dapat memberikan dampak positif terkait manfaat dari budidaya tanaman transgenik ini. Sebagai contoh yaitu tanaman transgenik resisten hama misalnya kapas Bt. Kapas Bt merupakan kapas hasil rekayasa genetik yang disebabkan karena ada penyisipan gen dari bakteri *Bacillus thuringiensis* yang dapat menghasilkan toksin bagi hama yang menyerang tanaman kapas tersebut. Gen yang bersifat racun bagi hama yang dihasilkan oleh *B. thuringiensis* ini disebut sebagai gen cry. Gen ini akan menghasilkan protoksin di dalam perut serangga ketika bagian tanaman transgenik masuk ke dalam saluran pencernaan serangga tersebut. Selanjutnya protoksin ini akan menjadi toksin akibat adanya enzim protease di lama lambung hama yang pada akhirnya menyebabkan kerusakan lambung dan lama kelamaan hama tersebut menjadi mati. Perakitan tanaman transgenik resisten hama ini tentunya memberikan manfaat baik (pengaruh positif) bagi tanaman maupun juga bagi petani. Manfaat positif akibat tanaman transgenik ini di antaranya yaitu tanaman resisten terhadap hama sehingga petani dapat mengurangi penggunaan insektisida kimia dalam budidaya tanaman yang dilakukan. Penggunaan insektisida yang dibatasi tentunya akan mengurangi tingkat pencemaran dan mengurangi biaya sarana produksi yang harus dikeluarkan oleh petani. Menurunnya dampak pencemaran akibat pengurangan penggunaan insektisida tentu saja akan menjadi dampak positif bagi keseimbangan ekosistem dan pelestarian alam.

Prinsip tanggung jawab moral terhadap alam

Pada prinsip ini, penekanannya pada wujud rasa memiliki alam dengan tetap memegang rasa tanggung jawab bersama pada setiap diri manusia untuk merawat dan menjaga alam. Perkembangan tanaman transgenik saat ini terus meningkat seiring dengan kemajuan teknologi yang menemukan gen-gen potensial yang dapat disisipkan pada tanaman sehingga diharapkan dapat memberikan manfaat bagi tanaman tersebut. Artinya, gen-gen potensial yang akan disisipkan pada tanaman melalui kegiatan rekayasa genetik ini dipastikan harus aman dan tidak menimbulkan bahaya bagi manusia maupun lingkungan. Apabila di kemudian

hari gen hasil rekayasa tersebut memberikan pengaruh negatif pada lingkungan maka pengembang bioteknologi ini akan bertanggung jawab atas kerugian yang ditimbulkan dan mencari alternatif gen lain yang lebih aman bagi lingkungan.

Prinsip solidaritas kosmis

Prinsip solidaritas kosmis mendorong manusia untuk melakukan upaya menyelamatkan lingkungan guna menyelamatkan seluruh kehidupan yang ada di dunia, karena sejatinya seluruh kehidupan alam dan sekitarnya memiliki nilai yang sama dengan kehidupan manusia. Teknologi rekayasa genetik, seperti juga pemuliaan secara konvensional, digunakan untuk perbaikan sifat suatu organisme. Seperti contohnya pada tanaman, teknologi ini digunakan untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman biotik dan abiotik, dua faktor penyebab penurunan produksi tanaman. Selain itu, teknologi ini dapat digunakan untuk peningkatan kandungan nutrisi tanaman dan produksi vaksin dalam tanaman. Padi *Bt* tahan penggerek batang, pepaya tahan penyakit *papaya ringspot virus*, jagung *Bt* dan kapas *Bt* tahan hama Lepidoptera, kedelai toleran herbisida, tomat *Flavr Savr* dengan penundaan pematangan buah, *Golden rice* yang mengandung *beta carotene* dalam endosperma dan pisang penghasil vaksin merupakan contoh keberhasilan dari penerapan teknologi rekayasa genetik. Bahkan, jagung *Bt* dan kapas *Bt* telah dikomersialkan secara global di berbagai benua. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa teknologi rekayasa genetik ini telah menerapkan prinsip ini dimana melalui teknologi rekayasa genetik ini kita dapat menyelamatkan seluruh kehidupan khususnya manusia dalam kebutuhan pangan. Teknologi rekayasa genetik dapat membantu dalam perakitan tanaman yang menghasilkan produksi tinggi dan hasil modifikasi tanaman transgenik dapat menghasilkan produk tanaman dengan kandungan nutrisi yang baik bagi manusia.

Prinsip kasih sayang dan kepedulian terhadap alam

Prinsip kasih sayang dan kepedulian adalah prinsip moral satu arah, menuju yang lain, tanpa mengharapkan balasan. Pada prinsip ini ditujukan pada rasa kepedulian petani terhadap lingkungannya. Meskipun teknologi ini menggunakan teknologi modern akan tetapi produk hasil rekayasa genetik ini harus tetap dipastikan agar tidak berbahaya bagi lingkungan saat pelepasan kepada petani untuk dibudidayakan. Selain itu, penggunaan tanaman transgenik tahan hama seperti kapas *Bt* merupakan salah satu wujud kasih sayang dan kepedulian seseorang terhadap alam yaitu menghasilkan tanaman tahan hama sehingga mampu mengurangi penggunaan pestisida pada tanaman tersebut.

Prinsip tidak merugikan

Prinsip tidak merugikan (*no harm*) artinya manusia mempunyai kewajiban moral dan tanggung jawab terhadap alam, paling tidak manusia tidak akan mau merugikan alam dengan melakukan kerusakan dan hal-hal yang dapat membahayakan alam. Prinsip ini benar-benar harus ditekankan pada pengembang bioteknologi yaitu PRG yang dihasilkan harus tidak menimbulkan kerugian pada manusia dan lingkungan. Dalam menyikapi PRG, baik yang berasal dari luar negeri maupun hasil penelitian dan pengembangan nasional, Pemerintah Indonesia menerapkan pendekatan kehati-hatian. Pendekatan kehati-hatian adalah suatu pendekatan dalam pengambilan keputusan untuk melakukan tindakan pencegahan atas adanya kemungkinan terjadinya dampak merugikan pada lingkungan dan kesehatan manusia yang signifikan, bahkan sebelum bukti-bukti ilmiah konklusif mengenai dampak tersebut muncul.

Prinsip hidup sederhana dan selaras dengan alam

Prinsip ini menekankan pada nilai, kualitas, dan cara hidup, bukan kekayaan, sarana, serta material. Teknologi rekayasa genetik tanaman sangat selaras dengan alam. Sebagai contoh yaitu tanaman padi transgenik hasil perakitan terhadap modifikasi nutrisi. Pada konteks ini, gen-gen yang disisipkan pada tanaman padi transegnik ini merupakan gen yang juga berasal dari makhluk hidup lain yang memiliki potensi seperti tanaman *Golden rice* yaitu tanaman padi yang telah disisipi oleh gen yang dapat menghasilkan enzim dalam pembentukan β -caroten yang diisolasi dari tanaman Daffodils. β -caroten merupakan prekursor pembentuk vitamin A. Artinya jika biasanya manusia mengkonsumsi nasi sebagai sumber karbohidrat saja, namun dengan rekayasa genetik ini manusia juga mendapatkan prekursor vitamin A untuk memberikan manfaat terhadap kesehatan mata. Hal ini tentu saja merupakan keuntungan positif bagi kita sebagai konsumen.

Prinsip keadilan

Pada prinsip ini terjadi penekanan bahwa manusia harus berperilaku adil terhadap apa pun yang memiliki keterkaitan dengan alam semesta. Termasuk di dalamnya sistem sosial yang harus diatur agar berdampak positif bagi kelestarian lingkungan hidup. Kegiatan rekayasa genetik yang dilakukan memang sejatinya harus menerapkan prinsip keadilan di mana PRG yang akan dibudidayakan tidak hanya pada kalangan pengembang bioteknologi saja melainkan juga bisa ditetapkan oleh petani konvensional sehingga petani tersebut tidak kalah dalam hal peningkatan produktivitas tanaman dan mampu mengurangi biaya sarana dan produksi yang diperlukan pada usaha budidayanya. Hal ini disebabkan karena tanaman transgenik yang akan dibudidayakan mampu mengurangi penggunaan pestisida kimia.

Prinsip ini nantinya dapat mengurangi dampak ketidakadilan bagi negara agraris berkembang karena adanya kesenjangan teknologi yang sangat jauh dengan negara maju. Jika terjadi pergeseran penguasaan benih dari yang semula milik umum atau *common property* akibat penanaman tanaman transgenik dibudidayakan secara besar-besaran di seluruh dunia, dalam hal ini petani menjadi pemilik benih yang bisa disimpan dan ditanam berulang kali, menjadi milik beberapa perusahaan besar multinasional. Persaingan dalam perdagangan dan pemasaran produk pertanian transgenik akan menimbulkan kesenjangan karena bioteknologi modern sangatlah mahal sehingga sulit bagi negara berkembang untuk mengembangkannya. Oleh karena itu dibutuhkan kerjasama antar negara di mana Indonesia sebagai sumber *mega biodiversity* dapat melakukan kerjasama dalam hal penggunaan teknologi yang berkaitan dengan bioteknologi rekayasa genetik sehingga juga dapat menghasilkan PRG yang berkualitas internasional.

Prinsip demokrasi

Pada prinsip ini menggambarkan bahwa demokrasi memberi tempat seluas-luasnya bagi perbedaan, keanekaragaman, dan pluralitas. Artinya pengembang bioteknologi rekayasa genetik ini diberikan kebebasan seluas-luasnya untuk mencari gen-gen potensial yang akan diterapkan pada tanaman, namun dengan tetap menekankan pada prinsip kehati-hatian agar dapat memastikan bahwa tanaman transgenik yang akan dilepas ke masyarakat dapat terjamin aman bagi manusia maupun lingkungan.

Prinsip integrasi moral

Prinsip ini utamanya ditujukan kepada orang-orang yang menjabat kedudukan lebih tinggi dalam berkehidupan dan atau bernegara, atau orang-orang yang memiliki keahlian dan tanggung jawab di bidang yang berhubungan dengan lingkungan dan alam. Kegiatan rekayasa genetika telah menerapkan prinsip integrasi moral di mana pemerintah Indonesia telah mengeluarkan beberapa peraturan perundang-undangan yang terkait dengan keamanan lingkungan, keamanan pangan, dan/ atau keamanan pakan PRG baik dalam bentuk keputusan menteri, keputusan bersama menteri, peraturan pemerintah, dan undang-undang untuk menjamin pemanfaatan PRG yang aman sebagai prioritas utama. Selain itu, telah dibentuk pula Kelembagaan yang terdiri dari Komisi Keamanan Hayati Produk Rekayasa Genetik (KKH PRG), Balai Kliring Keamanan Hayati Produk Rekayasa Genetik (BKKH PRG), dan Tim Teknis Keamanan Hayati Produk Rekayasa Genetik (TTKH PRG).

Dari penguraian di atas dapat disimpulkan bahwa teknologi rekayasa genetika tanaman telah menerapkan semua prinsip etika lingkungan namun hanya saja tetap harus ada pemantauan agar kegiatan bioteknologi rekayasa genetika ini dapat terus dikembangkan namun dengan tidak menimbulkan bahaya bagi manusia, hewan, maupun organisme lain yang ada di alam tersebut.

Regulasi Keamanan Hayati Produk Rekayasa Genetik Tanaman

Teknologi rekayasa genetika di Indonesia telah dikembangkan sejak tahun 1990 dan saat ini telah banyak lembaga penelitian, perguruan tinggi, badan usaha milik negara (BUMN) dan perusahaan swasta yang terlibat dalam penelitian dan pengembangan di bidang pertanian menggunakan teknologi rekayasa genetika.

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 21/2005, Tanaman PRG adalah tanaman yang dihasilkan dari penerapan teknik rekayasa genetika. Hewan PRG adalah hewan yang dihasilkan dari penerapan teknik rekayasa genetika sebagian besar atau seluruh hidupnya berada di darat. Ikan PRG adalah sumber daya ikan dan spesies biota perairan lainnya yang sebagian besar atau seluruh daur hidupnya berada di air yang dihasilkan dari penerapan teknik rekayasa genetika. Sementara itu, jasad renik PRG adalah jasad renik yang dihasilkan dari penerapan teknik rekayasa genetika. Pada Peraturan Pemerintah RI No. 21 Tahun 2015 tentang Keamanan Hayati Produk Rekayasa Genetik, PRG didefinisikan sebagai organisme hidup, bagian-bagiannya dan/atau hasil olahannya yang mempunyai susunan genetika baru dari hasil penerapan bioteknologi modern.

Secara global pemanfaatan dan peredaran produk rekayasa genetika, baik untuk tujuan penelitian dan pengembangan maupun komersial, dan juga untuk perlindungan terhadap masyarakat akan produk tersebut diatur oleh peraturan perundang-undangan atau pedoman yang baru atau yang sudah ada dan berlaku dalam suatu negara. Tidak ada satu pun negara yang tidak melaksanakan pendekatan kehati-hatian terkait produk rekayasa genetika dan ini terbukti dalam Pasal-Pasal yang tertuang dalam peraturan perundang-undangan yang berlaku dalam suatu negara, termasuk Indonesia.

Beberapa undang-undang yang mengatur tentang regulasi keamanan produk rekayasa genetika yang kutip dari Estiati dan Herman (2015) di antaranya yaitu :

1. Indonesia telah mengesahkan Konvensi Keanekaragaman Hayati (KKH) dengan Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1994. KKH mengatur ketentuan mengenai keamanan penerapan bioteknologi modern di dalam klausul Pasal 8 huruf (g), Pasal

- 17, dan Pasal 19 ayat (3) dan ayat (4) yang mengamanatkan diterapkannya suatu Protokol di dalam KKH untuk mengatur pergerakan lintas batas, penanganan, dan pemanfaatan Produk Rekayasa Genetik (PRG) sebagai produk dari bioteknologi modern.
2. Untuk mengantisipasi masuknya produk rekayasa genetik ke Indonesia, dan melindungi masyarakat dari produksi produk pangan tersebut maka pemerintah mengeluarkan peraturan perundang-undangan yang pertama kali terkait dengan produk rekayasa genetik, yaitu Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 1996 tentang Pangan. Peraturan tersebut kemudian direvisi menjadi Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2012. Dalam Undang-Undang Pangan Nomor 18 Tahun 2012, Pemerintah menegaskan bahwa bagi setiap orang yang akan memproduksi pangan atau melakukan kegiatan atau proses produksi pangan menggunakan bahan baku, bahan tambahan pangan, dan/atau bahan lain yang dihasilkan dari rekayasa genetik pangan, harus sudah mendapat persetujuan keamanan pangan produk rekayasa genetik yang diberikan oleh pemerintah. Hal tersebut tertuang dalam Pasal 77 dan mengenai sanksinya tertera dalam Pasal 137 Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2012 tentang Pangan.
 3. Pemerintah juga mengadakan penyelenggaraan keamanan pangan untuk menjamin pangan yang beredar di masyarakat tetap aman dan higienis yang tertuang pada ketentuan penyelenggaraan keamanan pangan pada Pasal 67 Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2012, kemudian diperjelas lagi dalam Peraturan Pemerintah No.28 Tahun 2004 tentang Keamanan Mutu dan Gizi Pangan, Pasal 14 ayat (1), (2), (3), (4), dan (5)
 4. Pemerintah Indonesia juga melakukan pengesahan *Cartagena Protocol on Biosafety to the Convention on Biological Diversity* (Protokol Cartagena tentang Keamanan Hayati atas Konvensi tentang Keanekaragaman Hayati) dengan UU Nomor 21 Tahun 2004 sebagai bentuk langkah pemerintah untuk bisa lebih menjamin tingkat keamanan hayati dan masyarakatnya terhadap bioteknologi rekayasa genetika. Dalam Protokol Cartagena terkandung materi-materi pokok yang mengatur hal-hal tentang persetujuan pemberitahuan terlebih dahulu (*Advance Informed Agreements*), prosedur pemanfaatan produk rekayasa genetik secara langsung, kajian risiko (*risk assessment*), manajemen risiko (*risk management*), perpindahan lintas batas tidak disengaja dan langkah-langkah darurat (*emergency measures*), penanganan, pengangkutan, pengemasan, dan pemanfaatan, balai kliring keamanan hayati (*biosafety clearing house*), pengembangan kapasitas, dan kewajiban para pihak kepada masyarakat.
 5. Pada tahun 2005, pemerintah juga mengeluarkan Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati Produk Rekayasa Genetik. Peraturan ini merupakan pengangkatan Keputusan Bersama Empat Menteri (Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan dan Perkebunan, Menteri Kesehatan, dan Menteri Negara Pangan dan Hortikultura) Nomor 998.1/Kpts/OT.210/9/99, 790.a/KptsIX/19991145A/MENKES/SKB/IX/99, 15A/NmenegPHOR/09/1999 tahun 1999 tentang Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan Produk Pertanian Hasil Rekayasa Genetik (PPHRG). Peraturan ini dibuat berdasarkan prinsip pendekatan kehati-hatian dalam rangka mewujudkan keamanan

lingkungan, keamanan pangan dan pakan berdasarkan metode ilmiah yang juga mempertimbangkan kaidah agama, etika, sosial budaya, dan juga estetika.

6. Pemerintah tidak hanya membuat peraturan yang mengatur keamanan pangan yang beredar dalam masyarakat saja. Tetapi juga membuat perlindungan dua arah dengan melindungi masyarakat sebagai konsumen. Banyak kasus konsumen yang dirugikan tetapi konsumen merasa kesulitan untuk menuntut ganti rugi, bahkan konsumen terkesan sangat lemah kedudukannya di hadapan pelaku usaha, karena yang menjadi kebiasaan di Indonesia adalah asas “*take it or leave it*”, konsumen di Indonesia hanya dijadikan objek aktivitas bisnis oleh para pelaku usaha. Dikaitkan dengan kemajuan teknologi pun seringkali konsumen tidak mengetahui apa yang telah diterapkan oleh para pelaku usaha dalam produknya.
7. Dalam menjamin perlindungan terhadap rakyat selaku konsumen dari produk-produk tersebut, pemerintah telah membuat peraturan seperti yang tertuang dalam Pasal 1 angka (1) Undang-Undang Nomor 8 Tahun 1999 tentang Perlindungan Konsumen yang berbunyi : “Perlindungan konsumen adalah segala upaya yang menjamin adanya kepastian hukum untuk memberi perlindungan kepada konsumen”.
8. Pemerintah juga mengeluarkan Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup untuk melindungi masyarakat melalui lingkungan hidup tempat tinggal manusia. Menurut undang-undang ini teknologi rekayasa genetik saling tergantung dengan masalah lingkungan manusia. Kebergantungan setempat makin meningkat akibat teknologi modern yang digunakan dalam pertanian dan pabrik-pabrik. Sayangnya seiring dengan perkembangan teknologi, lahan menjadi semakin sempit, hak-hak tradisional terhadap hutan dan sumber daya lainnya menjadi luntur, dan tanggung jawab dalam pengambilan keputusan semakin dijauhkan dari kepentingan masyarakat.
9. Pemerintah pusat dan pemerintah daerah untuk menetapkan dan melaksanakan kebijakan mengenai sumber daya alam hayati dan nonhayati, termasuk keamanan hayati produk rekayasa genetik sebagaimana tertuang dalam Pasal 63 ayat (1) huruf i Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Undang-undang ini juga mengatur tentang larangan pelepasan segala bentuk hasil rekayasa genetika ke dalam lingkungan hidup seperti yang tertuang dalam Pasal 69 ayat (1) huruf g yang berbunyi : “Setiap orang dilarang melepaskan produk rekayasa genetik ke media lingkungan hidup yang bertentangan dengan peraturan perundang-undangan atau izin lingkungan”
10. Jika diatas telah dijabarkan perlindungan terhadap masyarakat melalui keamanan peredaran produk pangan, keamanan masyarakat sebagai konsumen, dan keamanan lingkungan hidup masyarakat, pemerintah juga kembali menjamin dan menegaskan bahwa produk rekayasa genetik yang beredar di masyarakat aman melalui ketentuan yang dimuat dalam Pasal 109 Undang-Undang Nomor 39 Tahun 2009 tentang Kesehatan yang berbunyi : “Setiap orang dan/atau badan hukum yang memproduksi, mengolah, serta mendistribusikan makanan dan minuman yang diperlakukan sebagai makanan dan minuman hasil teknologi rekayasa genetik yang diedarkan harus menjamin agar aman bagi manusia, hewan yang dimakan manusia, dan lingkungan.”

Berbagai ketentuan hukum di atas maksudnya tidak lain untuk melindungi rakyat selaku konsumen dari produk-produk rekayasa genetik dalam bentuk apapun, dengan menerapkan prinsip kehati-hatian (*Prudential Principle*). Hal ini mencerminkan kepedulian pemerintah secara formal untuk melindungi masyarakat dari kemungkinan pengaruh negatif produk rekayasa genetik.

KESIMPULAN

Di satu sisi perkembangan budidaya tanaman hasil rekayasa genetika sebagai komoditi pangan cukup pesat dan menjanjikan, namun di sisi lain terdapat berbagai kekhawatiran terhadap pemanfaatan tanaman ini, terutama menyangkut masalah kesehatan dan aspek lingkungan. Pertentangan tersebut wajar adanya mengingat setiap orang memiliki sudut pandangnya masing-masing. Penerapan teknologi sangat diperlukan dalam upaya mencari alternatif pemenuhan kebutuhan pangan, akan tetapi ilmiah saja tidak cukup, diperlukan etika mengenai norma dan nilai-nilai moral yang melindungi hak-hak asasi manusia serta makhluk hidup lainnya.

Pengembangan teknologi dan pemanfaatan sumber daya hayati diperuntukkan seluas-luasnya bagi kepentingan manusia dan makhluk hidup lainnya, wajib menghindari konflik moral dan tidak boleh menimbulkan dampak negatif terhadap harkat manusia dan perlindungan lingkungan hidup. Artinya, jika masih ada tujuan yang baik untuk meningkatkan kualitas tanaman, maka rekayasa genetik pada tanaman akan terus dilakukan dengan tetap menerapkan prinsip etika lingkungan di antaranya yaitu (1) Sikap hormat terhadap alam (*respect for nature*); (2) Prinsip tanggung jawab moral (*moral responsibility for nature*); (3) Solidaritas kosmis (*cosmic solidarity*); (4) Kasih sayang dan kepedulian terhadap alam (*caring for nature*); (5) Prinsip tidak menimbulkan kerusakan (*no harm principle*); (6) Hidup sederhana dan selaras dengan alam; (7) Prinsip keadilan; (8) Prinsip demokrasi; (9) Prinsip integritas moral. Selain prinsip etika lingkungan ditegakkan, peraturan pemerintah tentang regulasi keamanan produk rekayasa genetik (PRG) tetap harus dipatuhi agar menghindari resiko dari pengaruh negatif produk rekayasa tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Delaney, B. 2015. Safety assessment of foods from genetically modified crops in countries with developing economies. *Food and Chemical Toxicology*. 86 (1) :132-143.
- Dianniar, U. 2014. 'Tanaman Transgenik, Solusi atau Polusi?'. Dinas Pangan, Pertanian, dan Perikanan Kota Pontianak. <https://pertanian.pontianakkota.go.id/artikel/23-tanaman-transgenik-solusi-atau-polusi>.
- Djaelani, M. S. 2011. Etika lingkungan dalam pembangunan berkelanjutan. *Jurnal Ilmiah Econosains*, 9(1), 21-27.
- Estiati, A & M. Herman. 2015. Regulasi keamanan hayati produk rekayasa genetik di Indonesia. *Analisis Kebijakan Pertanian*. 13 (2) : 129-146.

- Hansen, L. dan Obrycki. 1999. Non-target Effects of Bt Corn Pollen on the Monarch Butterfly (Lepidoptera: Danaidae), Iowa State University.
- Haryanti, Leni, 'Dampak Bioteknologi', <http://leni-haryanti.blogspot.com/2012/05/makalah-dampak-bioteknologi>.
- Keraf SA. 2002. Etika Lingkungan. Jakarta (ID): Kompas.
- Karmana, I. W. 2009. Adopsi Tanaman Transgenik dan Beberapa Aspek Perkembangannya, *GaneC Swara* 3(2): 12-21.
- Losey, J.E., Rayor, L.S. & Carter, M.E. 1999. Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature*, 399, 214.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati Produk Rekayasa Genetik. 2005. Jakarta: Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Santosa, Dwi Andreas. 2000. Analisis Resiko Lingkungan Tanaman Transgenik. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* 3(2):32-36.
- Sugianto, S. (2017). Kajian Bioetika Tanaman Transgenik. *Mangifera Edu*, 1(2), 25-34.
- Suryanegara, I. W. 2011. Optimisme dan Pesimisme Rekayasa Genetika. <http://wayansuryanegara.blogspot.com/2011/12/optimisme-dan-pesimimsi-rekayasa>.
- Syahza, A. (2015). Metodologi Penelitian. UR Press. <https://almasdi.staff.unri.ac.id/files/2020/09/Buku-METOPEL-2018.pdf> Syamsi, Ana Ainul, 'Sudah Mengenal GMO? (Bagian 2)', <http://blog.khalifamart.com/sudah-mengenal-gmo-bagian-2/>, diakses 6 Oktober 2014.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2012 tentang Pangan. 2012. Jakarta: Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2004 tentang Pengesahan Cartagena Protocol on Biosafety to the Convention on Biological Diversity. 2004. Jakarta: Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia.