

# ANALISIS KEBERLANJUTAN PENGELOLAAN TANAMAN PADI PRODUK REKAYASA GENETIK DI JAWA BARAT DAN JAWA TIMUR

Puspita Deswina<sup>1</sup>, Rizal Syarief<sup>2</sup>, Latief M. Rachman<sup>3</sup>, dan M Herman<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Pusat Penelitian Bioteknologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia  
Jl. Raya Bogor Km 46, Cibinong, Bogor, Jawa Barat, 16911, Indonesia*

<sup>2</sup>*Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor  
Jl. Lingkar Akademik, Kampus IPB Dramaga Bogor, 16680, Indonesia*

<sup>3</sup>*Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor*

*Jl. Meranti, Kampus IPB Dramaga Bogor 16680, Indonesia*

<sup>4</sup>*Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian  
Jl Jalan Tentara Pelajar No.3A, Bogor Barat, 16111, Indonesia*

*E-mail: puspitadeswina@yahoo.com*

Diterima: 17 Februari 2015; Perbaikan: 16 Maret 2016; Disetujui untuk Publikasi: 25 Januari 2015

## ABSTRACT

**Sustainability Analysis of Genetically Engineered Rice Management in West Java and East Java Province.** Bt rice genetically engineered plants (GEPs) having endurance to stem borer insect was developed by the Research Center for Biotechnology LIPI. Compared to conventional plants, the GEP has to obtain a certificate of biosafety and food safety before being released and used by public. It is necessary to study the sustainability of GEP based on indications of sustainable development. The research objective was to determine the sustainability of Bt rice plant based on attributes that construct the dimensions of ecological, economic, social, technological and institutional law. Analysis of the data used Multi Dimensional Scaling (MDS), and the results were expressed in the index form of sustainable management of GEP. Results of the study showed that the sustainability of multidimensional GEP Bt rice corresponds to the criteria of fair with the value 58.99%, except for the technological dimension with the value of 46.71%, which was classified as less sustainable. In addition, lists of value for other dimensions are: 73.02% for environmental dimension, 69.3% for economic dimension, 51.22% for social dimension, 54.74% for institution and law dimension, and 46.71% for technology dimension that was on less sustainable value. The results also showed ten leverage factors that might affect the increasing the sustainability index of all dimensions. These factors are: environmental dimensions (possibility of crossing genetic materials from GE crops to non-GE crops), economic dimensions (farmers dependency to GE crops, affordable price of GEP seed), social dimensions (informations of GEP, public perception and acception, public participation in decision making), technology dimensions (number of GE plants from internal R&D, capacity building in research and assessment of GEP), institutions and law dimensions (implementation of regulations, GEP labelling).

**Keywords:** *Genetically Engineered Plants (GEPs), biosafety, sustainability, Bt Rice*

## ABSTRAK

Tanaman padi Bt Produk Rekayasa Genetik (PRG) memiliki sifat ketahanan terhadap hama penggerek batang kuning, hasil pengembangan Puslit Bioteknologi LIPI. Berbeda dengan tanaman konvensional, tanaman PRG harus memperoleh sertifikat keamanan hayati dan keamanan pangan sebelum dilepas dan dimanfaatkan oleh masyarakat. Kajian keberlanjutan PRG berdasarkan indikasi pembangunan berkelanjutan telah dilakukan menggunakan metode expert survey dan pemilihan responden dari kalangan pakar di wilayah Jawa Barat dan Jawa Timur. Tujuan penelitian adalah mengetahui keberlanjutan tanaman Padi Bt PRG berdasarkan atribut-atribut yang menyusun dimensi ekologi, ekonomi, sosial, teknologi serta hukum kelembagaan. Analisis data yang digunakan adalah *Multi Dimensional Scaling*

(MDS) yang hasilnya dinyatakan dalam bentuk indeks keberlanjutan terhadap setiap dimensi yang dikaji. Hasil kajian terhadap multidimensi keberlanjutan tergolong pada kriteria cukup berkelanjutan dengan nilai 58,99%, kecuali untuk dimensi teknologi dengan nilai 46,71% yang tergolong kurang berkelanjutan. Nilai keberlanjutan untuk dimensi lingkungan 73,02%, dimensi ekonomi 69,30%, dimensi sosial 51,22% dan dimensi hukum kelembagaan 54,74%. Diperoleh sepuluh faktor pengungkit (*leverage factor*) yang dapat mempengaruhi peningkatan indeks keberlanjutan yaitu dari dimensi ekologi (Kemungkinan terjadinya perpindahan (*crossing*) material genetik dari tanaman PRG ke tanaman non-PRG), dimensi ekonomi (Ketergantungan petani pada tanaman PRG, Harga beli benih PRG yang terjangkau), dimensi sosial (persepsi dan penerimaan masyarakat, keterlibatan publik dalam pengambilan keputusan), dimensi teknologi (jumlah tanaman PRG hasil litbang sendiri, kemampuan SDM melakukan riset dan pengujian tanaman PRG) serta dimensi hukum kelembagaan (implementasi peraturan dan undang-undang, labeling terhadap PRG).

**Kata kunci:** *Produk Rekayasa Genetik (PRG), keamanan hayati, keberlanjutan (sustainability), padi Bt*

## PENDAHULUAN

Di Indonesia kegiatan pengembangan bioteknologi telah dimulai sejak tahun 1990-an di beberapa pusat penelitian milik pemerintah dan swasta, dengan keutamaan terhadap perbaikan sifat-sifat tanaman. Salah satunya adalah pengembangan tanaman padi melalui bioteknologi, untuk perbaikan kualitas dan kuantitas dalam memenuhi kebutuhan penduduk akan pangan berkualitas.

Permasalahan utama tanaman padi adalah cekaman terhadap faktor biotik seperti serangan hama dan penyakit. Kondisi ini dapat menimbulkan kerugian di lapangan dan berdampak pada penurunan produksi (Ceccarelli *et al.*, 2010). Salah satu hama penting yang menyebabkan kerugian sampai 20% pada tanaman padi adalah serangan hama penggerek batang kuning (*Scirpophaga incertulas* W.) (Ho *et al.*, 2001; Heckel *et al.*, 2007). Usaha pengendalian yang selama ini dilakukan dengan penyemprotan insektisida kurang efektif, karena beberapa jenis hama hidup dan berkembang di dalam batang tanaman, sehingga waktu kontak dengan insektisida sangat terbatas, oleh karena itu diperlukan jenis tanaman yang memiliki ketahanan terhadap serangan hama. Tetapi sifat tersebut tidak ditemukan pada tanaman padi sendiri, sehingga harus dicari dari sumber yang lain (Ye *et al.*, 2003). Teknologi yang dapat memindahkan sifat atau gen dari spesies yang sama atau berbeda dari

satu tanaman kepada tanaman lain, dikenal dengan teknologi rekayasa genetik. Meskipun masih diperdebatkan, tetapi laporan statistik luas areal tanaman PRG di dunia telah mencapai 170 juta ha pada tahun 2012, meningkat hampir seratus kali lipat dibandingkan dengan tahun 1996 yang hanya 1,7 juta ha (James, 2013).

Tanaman produk rekayasa genetik (PRG) telah dikembangkan oleh beberapa pusat penelitian di Indonesia. Sampai tahun 2013, pemerintah telah melepas dan menyatakan aman untuk sebelas tanaman PRG, tetapi hanya satu tanaman PRG yang merupakan produk Indonesia yaitu Tebu PRG dengan sifat toleran kekeringan. Lembaga pemerintah yang berwenang mengeluarkan keputusan pelepasan tanaman PRG baik untuk dikonsumsi manusia atau hewan atau hanya untuk di tanam adalah kementerian terkait melalui rekomendasi dari Komisi Keamanan Hayati PRG (KKH PRG). Kementerian dan Badan pemerintahan yang berwenang tersebut adalah Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) dan Kementerian Pertanian (Kementan) untuk tujuan keamanan lingkungan dan keamanan pakan, sedangkan Badan Pengawas Obat dan Makanan (POM) untuk keamanan pangan. Keamanan pangan PRG terdapat dalam Undang-undang Pangan No 18 Tahun 2012 yang mengatur tentang pangan PRG. Mengenai keamanan hayati PRG (pangan, lingkungan dan/atau pakan) diatur dalam Peraturan Pemerintah (PP) No 21 Tahun 2005, bahwa setiap tanaman PRG harus memiliki

sertifikat keamanan hayati sebelum dilepas untuk dikomersialisasikan.

Puslit Penelitian Bioteknologi LIPI saat ini tengah mengembangkan tanaman padi yang memiliki sifat tahan terhadap serangan hama penggerek batang kuning melalui introduksi gen Cry dari bakteri *Bacillus thuringiensis* (Bt). Tanaman padi ini dikembangkan dengan tujuan mengurangi aplikasi insektisida selama masa pertumbuhan vegetatif dan generatif (Bravo *et al.*, 2011). Untuk menjamin tanaman padi PRG sampai kepada masyarakat, diperlukan beberapa prosedur pengujian mulai dari laboratorium sampai kepada lapangan uji terbatas. Selanjutnya dilakukan kajian keberlanjutan sesuai dengan kriteria-kriteria yang mempengaruhi berdasarkan dimensi ekologi, ekonomi, sosial, teknologi dan hukum kelembagaan.

Mekanisme dan koordinasi antar lembaga pemerintah terkait pengujian dan pengkajian keamanan PRG berdasarkan peraturan tentang keamanan hayati PRG mengacu pada Protokol Cartagena (Bravo *et al.*, 2011). Teknologi rekayasa genetik membutuhkan pembiayaan yang besar dan waktu penelitian yang cukup lama, maka diperlukan kajian untuk mengetahui keberlanjutannya terhadap masyarakat. Menurut kajian yang dilakukan oleh Bahagiawati *et al.* (2008) terhadap perkembangan penelitian tanaman PRG di Indonesia, prioritas komoditi dan ketersediaan fasilitas serta infrastruktur belum memperoleh perhatian demikian juga dengan aspek teknis dan aspek sosial ekonomi. Faktor sosial ekonomi harus memperoleh perhatian dalam pengelolaan dan keberlanjutan pemanfaatan tanaman PRG, karena berhubungan langsung dengan kehidupan masyarakat sebagai konsumen (Garcia-Alonso *et al.*, 2006).

Tujuan penelitian adalah mengetahui keberlanjutan pengelolaan Padi Bt PRG dan atribut-atribut yang mempengaruhi sesuai dengan prinsip pembangunan pertanian berkelanjutan. Hasil kajian dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan ilmiah dan rekomendasi kebijakan kepada pemerintah dalam pengelolaan terpadu tanaman PRG.

## METODOLOGI

### Waktu dan Lokasi Penelitian

Waktu penelitian berlangsung dari bulan November 2011 sampai dengan April 2012. Lokasi responden pakar untuk penelitian ini berada di wilayah Provinsi Jawa Barat dan Jawa Timur.

### Jenis dan Sumber Data

Penelitian dilakukan melalui wawancara menggunakan kuesioner kepada para pakar yang memiliki kompetensi di bidang teknologi rekombinan DNA dan keamanan hayati PRG. Penentuan responden menggunakan metode *expert survey* dan pemilihan responden dari kalangan pakar, dipilih secara sengaja (*purposive sampling*) dengan kriteria memiliki pengalaman, reputasi, dan kredibilitas yang tinggi serta sesuai dengan bidang yang dikaji. Responden pakar berjumlah 10 orang, berasal dari 6 orang pengembang teknologi (peneliti), 2 orang akademisi dan 2 orang dari perusahaan swasta. Data yang dikumpulkan berupa data primer melalui wawancara dan kuisisioner. yang disusun dalam bentuk atribut lima dimensi keberlanjutan yaitu: dimensi ekologi, ekonomi, sosial, teknologi serta kelembagaan. Selanjutnya pakar memberikan penilaian sesuai dengan nilai skala yang telah ditetapkan menurut standar keamanan hayati pengelolaan PRG di Indonesia. Data sekunder diperoleh dari sumber kepustakaan, dokumen laporan penelitian, dan peraturan (regulasi) dari beberapa instansi yang terkait dengan penelitian tanaman PRG.

### Metode Analisis Data

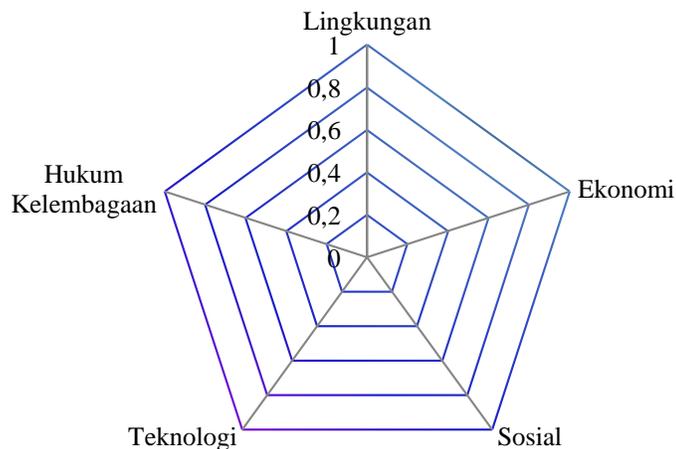
Analisis keberlanjutan kebijakan pengelolaan PRG dilakukan dengan metode pendekatan *Multi Dimensional Scaling* (MDS) menggunakan perangkat lunak *Rapsettlement* (*Rapid Appraisal for Settlements*) yang merupakan penyesuaian dari *Rapfish* (*Rapid Appraisal for Fisheries*) yang dikembangkan oleh Pitcher and Preikshot (2001). Pendekatan ini lebih didasarkan pada prinsip *Multi Criteria Analysis* (MCA) dengan mengandalkan algoritma yang disebut

sebagai algoritma MDS. Teknik Rap-PRG digunakan untuk mengevaluasi jumlah atribut yang banyak akan tetapi mudah dinilai. *Ordinasi Rapsettlement* dapat mengakomodasi dimensi lebih dari tiga yaitu dimensi ekologi, ekonomi, sosial, teknologi dan hukum kelembagaan dengan atribut yang relatif lebih banyak. Keluaran (*output*) dari analisis RAP/MDS adalah indeks keberlanjutan dari masing-masing atribut yang dinilai dengan skor 0 - 100 dan dapat ditampilkan dalam bentuk leveraging (faktor yang relatif sensitif terhadap indeks keberlanjutan) dan diagram layang (*kite diagram*) yang menggambarkan integrasi status keberlanjutan dari semua dimensi (Gambar 1). Semakin dekat jarak analisis ke titik nol dari diagram, semakin menunjukkan rendahnya keberlanjutan dan sebaliknya makin jauh dari titik

nol menunjukkan keberlanjutan yang makin tinggi (Pitcher and Preikshot, 2001).

Analisis MDS dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu: 1) Penentuan atribut keberlanjutan pengelolaan PRG yang mencakup lima dimensi yaitu: ekologi, ekonomi, sosial masyarakat, teknologi serta hukum kelembagaan, 2) Penilaian setiap atribut dalam skala ordinal berdasarkan kriteria keberlanjutan setiap dimensi dan 3) Penyusunan indeks dan status keberlanjutan.

Hasil skor dari setiap atribut setelah dianalisis dengan pendekatan MDS, mencerminkan posisi keberlanjutan terhadap dua titik acuan yaitu titik baik (*good*) dan titik buruk (*bad*) (Pitcher and Preikshot, 2001). Nilai indeks keberlanjutan setiap dimensi dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Ilustrasi indeks keberlanjutan setiap dimensi

Tabel 1. Kategori status keberlanjutan pengelolaan Produk Rekayasa Genetik berdasarkan kisaran nilai indeks

Nilai Indeks	Kategori
0,00-25,00	Buruk (tidak berkelanjutan)
25,01-50,00	Kurang (kurang berkelanjutan)
50,01-75,00	Cukup (cukup berkelanjutan)
75,01-100,00	Baik (sangat berkelanjutan)

Sumber: Fauzi dan Anna (2005)

Dalam analisis tersebut di atas akan terdapat pengaruh galat yang dapat disebabkan oleh berbagai hal seperti kesalahan dalam pembuatan skor, variasi skor akibat perbedaan opini atau penilaian oleh peneliti, proses analisis MDS yang berulang-ulang atau kemungkinan data hilang dan tingginya nilai stress (nilai *stress* dapat diterima jika nilainya <25%) (Kavanagh and Pitcher, 2004). Untuk mengevaluasi pengaruh galat terhadap hasil analisis MDS/Rap-PRG dan pendugaan nilai ordinasi pengelolaan PRG digunakan analisis Monte Carlo. Sedangkan tingkat kepercayaan dapat diukur dengan indikator uji ketepatan (*goodness of fit*) melalui *stress* indikator dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) mendekati 1,0 (100%).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dimensi untuk melihat analisis keberlanjutan pengelolaan tanaman Padi Bt PRG menggunakan Analisis Raphish adalah dimensi lingkungan, ekonomi, sosial, teknologi dan hukum kelembagaan. Status keberlanjutan dari masing-masing dimensi tersebut diuraikan berikut ini.

### Analisis Status Keberlanjutan Setiap Dimensi

#### Analisis keberlanjutan PRG dimensi ekologi

Atribut yang disusun dan diperkirakan memberikan pengaruh terhadap tingkat keberlanjutan pada dimensi ekologi terdiri atas tujuh kriteria yaitu: 1) Keamanan PRG terhadap kesehatan manusia, 2) Perbaikan kualitas lingkungan, 3) Kemungkinan perpindahan material genetik dari Padi Bt PRG ke padi non PRG, 4) Potensi Padi Bt PRG menjadi gulma, 5) Dampak PRG terhadap organisme perairan, 6) Pengaruh PRG terhadap ekosistem, 7) Pengaruh PRG terhadap organisme non target dan keanekaragaman hayati potensial. Berdasarkan hasil analisis Rap-PRG terhadap 7 kriteria (atribut) diperoleh bahwa nilai indeks keberlanjutan pada dimensi ekologi sebesar 73,018% (terletak antara

50,01–75,00%) tergolong pada kriteria cukup berkelanjutan. Nilai indeks berkelanjutan di atas 50% menunjukkan bahwa penilaian pakar terhadap dampak negatif penanaman Padi Bt PRG pada lingkungan dan keanekaragaman hayati cukup baik.

Penilaian ini berdasarkan hasil pengujian keamanan lingkungan Padi Bt yang telah dilakukan di Lapangan Uji Terbatas (LUT) di beberapa lokasi di Jawa Barat antara Puslit Bioteknologi LIPI bekerja sama dengan Balai Penelitian Padi (Balitpa) Sukamandi. Tidak terdapat perbedaan populasi serangga non-target (seperti wereng punggung putih, hama putih palsu dan wereng coklat) dan musuh alami (laba-laba, *Paederus sp.* dan *Coccinella*) pada lokasi pertanaman Padi Bt dan Padi non-Bt (Deswina *et al.*, 2009; Enung *et al.*, 2010). Pengaruh yang bersifat langsung maupun tidak langsung dari tanaman mengandung gen Bt terhadap organisme non target harus menjadi pertimbangan utama sebelum pengambilan keputusan untuk melepas tanaman tersebut ke lingkungan (Garcia-Alonso *et al.*, 2006). Menurut Icoz and Stotzky (2008) dan Chen *et al.* (2006) komersialisasi dan pemanfaatan tanaman Bt secara luas tidak terbukti memberikan pengaruh toksik (racun) terhadap organisme non target baik yang berada di atas maupun di bawah permukaan tanah.

Atribut-atribut yang disusun untuk kriteria keamanan lingkungan dibuat berdasarkan pedoman Analisis Risiko Lingkungan (ARL), sehingga dapat menggambarkan kondisi keberlanjutan dalam pengelolaan tanaman Padi PRG. Pemanfaatan tanaman Padi Bt diharapkan dapat memperbaiki kualitas lingkungan dengan cara mengurangi penggunaan bahan kimia seperti insektida, sehingga lebih ramah lingkungan.

Berdasarkan hasil analisis sensitivitas (*leveraging*) pada dimensi ekologi (Gambar 2) diketahui bahwa atribut perpindahan material genetik (persilangan) dari tanaman Padi Bt ke tanaman Padi non-Bt merupakan atribut yang paling sensitif dengan nilai *root mean square* (RMS) sebesar 10,21%. Atribut ini dapat diintervensi atau diperbaiki dengan melakukan

penelitian yang lebih intensif berdasarkan fakta ilmiah, sehingga kemungkinan terjadinya dampak negatif terhadap lingkungan terutama keanekaragaman hayati di sekitar pertanaman tanaman PRG dapat diatasi. Kekhawatiran sebagian besar masyarakat terhadap pengaruh tanaman PRG adalah terjadinya persilangan dengan tanaman lain, kerabat liar atau tanaman sejenis (Raybould, 2006).

Berdasarkan hasil analisis Rap-PRG diperoleh nilai indeks keberlanjutan dimensi ekonomi sebesar 69,29% yang berarti cukup berkelanjutan karena terletak antara 50,01-75,00%.

Dari hasil analisis *leverage* yang tersaji pada Gambar 3, terdapat atribut-atribut sensitif yang mempengaruhi nilai indeks keberlanjutan yaitu: 1) Tingkat ketergantungan petani terhadap

### Analisis titik ungkit dimensi ekologi



### Perubahan RMS ordinasinya jika salah satu atribut dihilangkan

Gambar 2. Atribut-atribut sensitif pada dimensi ekologi pengelolaan Padi Bt PRG tahun 2011/2012

### Analisis keberlanjutan PRG dimensi ekonomi

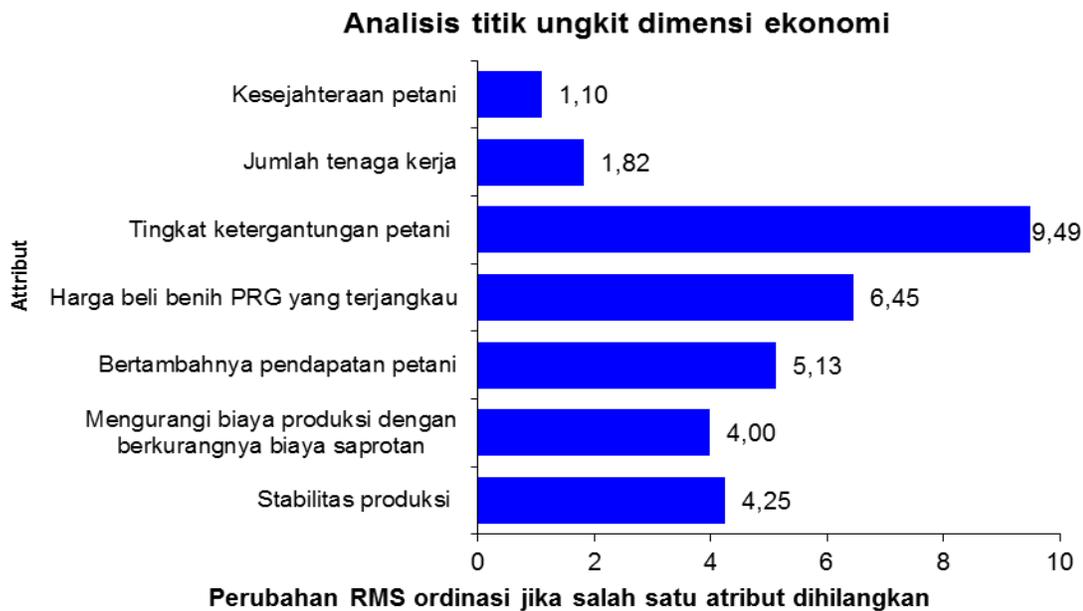
Pemanfaatan Padi Bt PRG berkelanjutan ditinjau dari dimensi ekonomi merupakan kajian *ex ante* dengan membuat 7 atribut yaitu: 1) Kesejahteraan petani, 2) Jumlah tenaga kerja, 3) Tingkat ketergantungan petani, 4) Harga jual benih PRG, 5) Meningkatkan pendapatan petani, 6) Berkurangnya biaya dalam produksi karena berkurangnya biaya saprotan, 7) Stabilitas produksi. Indeks keberlanjutan dimensi ekonomi perlu diketahui agar diperoleh kelayakan dan potensi Padi Bt PRG untuk di lepas atau dikomersialisasikan.

benih PRG, 2) dan harga beli benih PRG yang terjangkau. Tingkat ketergantungan petani terhadap benih tanaman PRG merupakan atribut utama yang perlu perubahan kearah lebih berkelanjutan. Elemen ini memiliki nilai sensitif yang paling tinggi sehingga perlu diperbaiki agar indeks keberlanjutan dapat ditingkatkan karena benih Padi Bt dikembangkan dengan memiliki keunggulan dibandingkan dengan benih non PRG, maka petani harus membeli dengan harga yang lebih tinggi supaya memperoleh manfaat yang maksimal. Jika penanaman dilakukan pada skala yang luas, maka diharapkan hasil yang diperoleh jauh lebih tinggi, sehingga pembelian benih

dengan harga lebih tinggi tidak menimbulkan persoalan, keadaan ini akan berbeda jika petani hanya menanam untuk lahan yang sempit. Atribut ini dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengambilan kebijakan terhadap komersialisasi tanaman PRG, sehingga tingkat ketergantungan petani bisa diatasi.

Tingkat kelayakan ekonomi dalam rencana pemanfaatan Padi Bt PRG menjadi penting untuk

harus sama dengan tanaman aslinya (*substansial equivalent*), kecuali sifat yang ditambahkan. Untuk tanaman Padi Bt, sifat baru yang ditambahkan adalah sifat ketahanan terhadap serangga hama dengan tujuan mengurangi penggunaan insektisida, sehingga mengurangi biaya produksi. Secara ekonomi kondisi ini dapat menguntungkan bagi petani penanam karena berkurangnya biaya produksi.



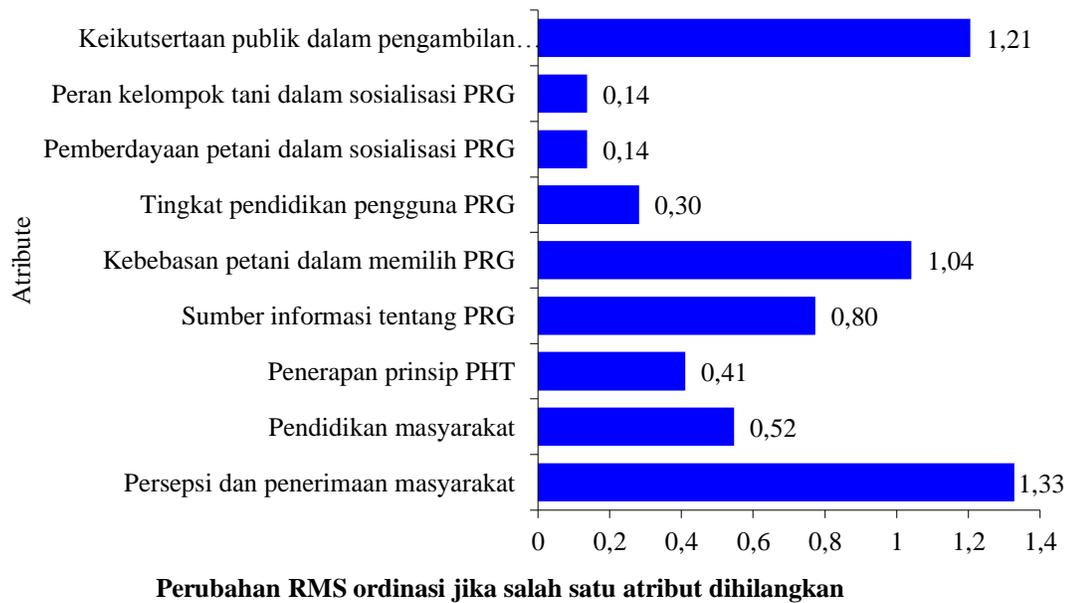
Gambar 3. Atribut-atribut sensitif pada dimensi ekonomi pengelolaan Padi Bt PRG tahun 2011/2012

keberlanjutan pengembangan tanaman PRG agar seimbang dengan pengeluaran (investasi) yang telah digunakan. Parameter dari manfaat ekonomi dapat diukur berdasarkan data statistik produksi dan harga jual produk (Antle and Stoorvogel., 2006; Groote *et al.*, 2011). Oleh karena itu, diperlukan keterlibatan pemerintah dalam hal ini Kementerian Pertanian dalam melakukan sosialisasi terhadap penggunaan benih tanaman PRG yang sesuai dengan aturan penanaman. Tata cara dan pemeliharaan benih PRG harus disesuaikan dengan sifat baru yang diintroduksi pada tanaman tersebut agar manfaatnya lebih optimal. Pada prinsipnya setiap tanaman PRG

**Analisis keberlanjutan PRG dimensi sosial**

Penilaian untuk sembilan atribut padadimensi sosial berdasarkan hasil survei di lapangan, baik terhadap pengguna langsung seperti petani atau tidak langsung seperti konsumen. Hasil analisis Rap-PRG pada dimensi sosial diperoleh nilai indeks keberlanjutan sebesar 51,22% (berada di antara 50,01-75,00%) berarti cukup berkelanjutan. Kategori ini sangat rentan menjadi kurang berkelanjutan, karena nilainya hanya sedikit di atas 50%. Terdapat tiga atribut kunci yang sensitif dalam memberikan perubahan terhadap indeks keberlanjutan yaitu (4) Ketersediaan informasi tentang PRG, (9)

### Analisis titik ungkit dimensi sosial



Gambar 4. Atribut-atribut sensitif pada dimensi sosial pengelolaan padi Bt PRG tahun 2011/2012

Keikutsertaan publik dalam mengambil keputusan dan (1) Persepsi masyarakat terhadap PRG (Gambar 4). Ketiga atribut ini perlu diperbaiki agar nilai indeks keberlanjutan dapat ditingkatkan. Salah satu wahana masyarakat dalam pengambilan keputusan terkait pelepasan PRG melalui forum diskusi dan komunikasi di laman web adalah Balai Kliring Keamanan Hayati (BKKH) Indonesia yang dikelola oleh Kementerian Lingkungan Hidup (KLH). Forum ini belum dimanfaatkan dengan optimal oleh masyarakat, karena kurangnya sosialisasi dan komitmen pemerintah terhadap keberadaan situs web ini.

Keterlibatan masyarakat secara sosial dalam pembangunan bioteknologi sangat rendah di Indonesia. Hal ini terungkap melalui persepsi dan partisipasi sebagian besar masyarakat yang terbukti belum memahami dan mengerti mengenai PRG (Bermawie *et al.*, 2003). Menurut kajian yang dilakukan oleh Adiwibowo *et al.* (2005), beberapa peluang yang dapat dilakukan pemerintah untuk meningkatkan partisipasi masyarakat terhadap introduksi PRG ke lingkungan adalah melalui

kampanye, advokasi bersama dengan kelompok LSM serta memberikan akses yang lebih luas kepada masyarakat untuk berpartisipasi dalam mengambil keputusan kebijakan pembangunan bioteknologi. Dari hasil survei diketahui bahwa peran informasi terhadap cara pandang seseorang dapat mempengaruhi perubahan sikap dalam menentukan pilihan (Tietenberg and Lewis, 2010).

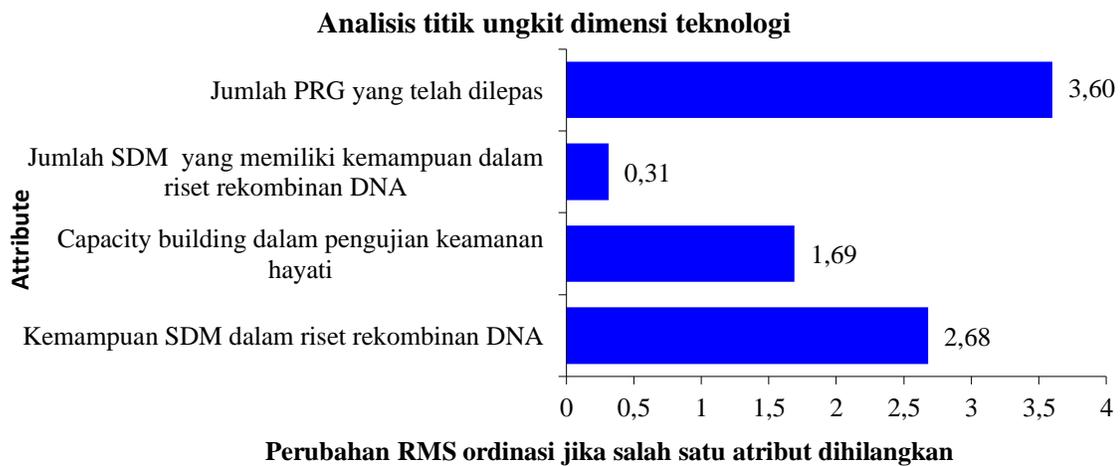
### Analisis keberlanjutan PRG dimensi teknologi

Kajian terhadap keberlanjutan dimensi teknologi melengkapi kajian keberlanjutan dimensi ekologi, ekonomi dan sosial yang turut memberikan kontribusi pada keberlanjutan kebijakan pengelolaan PRG. Pengembangan tanaman Padi Bt PRG memerlukan kemampuan penguasaan teknologi serta kemampuan dalam pengujian dan pengelolaan risiko bioteknologi terutama terhadap isu keamanan hayati di tingkat nasional dan regional. Pembangunan sistem informasi, meningkatkan kemampuan dan pengetahuan sumber daya manusia dan kepakaran yang terkait dalam pelaksanaan keamanan hayati

terhadap PRG merupakan tanggung jawab nasional (Conner *et al.*, 2003; McCammon, 2006). Untuk mengembangkan tanaman PRG hasil litbang sendiri, diperlukan kemampuan sumber daya manusia, kelengkapan infrastruktur dan pendanaan yang konsisten dari pemerintah. Biaya tinggi untuk pengembangan teknologi rekayasa genetik, harus menjadi pertimbangan dalam menentukan pilihan dan prospek tanaman PRG (Watanabe *et al.*, 2005; Bahagiawati *et al.*, 2008).

Terdapat empat atribut yang menjadi bahan kajian yaitu: 1) Jumlah PRG yang telah dilepas atau dikomersialisasikan, 2) Jumlah SDM

Menurut laporan dari Komisi Keamanan Hayati (KKH) PRG Indonesia, sampai saat ini baru satu tanaman PRG yang telah dilepas kepada masyarakat dan dinyatakan aman lingkungan dan aman pangan yaitu Tebu PRG dengan sifat toleran kekeringan (event NXI-1T, NXI-4T dan NXI-6T) (Laporan KKH PRG, 2012). Tanaman PRG hasil pengembangan nasional harus ditingkatkan lagi dalam upaya mengatasi kebutuhan pangan berkualitas, dan memacu pembangunan pertanian berkelanjutan. Menurut Sugandhy dan Hakim (2009) salah satu strategi dan kegiatan yang harus dilakukan dalam pengembangan teknologi



Gambar 5. Atribut-atribut sensitif pada dimensi teknologi pengelolaan Padi Bt PRG tahun 2011/2012

yang memiliki kemampuan dalam melakukan riset rekombinan DNA, 3) Kemampuan SDM (*capacity building*) dalam melakukan pengujian dan pengkajian keamanan hayati, 4) Kemampuan SDM dalam melakukan riset rekombinan DNA. Berdasarkan hasil analisis Rap-PRG diperoleh nilai indeks keberlanjutan dari dimensi teknologi sebesar 46,71%, berarti kurang berkelanjutan (Gambar 5). Terjadinya kondisi yang kurang berkelanjutan untuk dimensi teknologi, diduga karena kemampuan pemerintah dalam menghasilkan PRG hasil penelitian dan pengembangan dalam negeri sangat terbatas.

pembangunan berkelanjutan adalah meningkatkan kualitas sumber daya manusia, mengembangkan pusat-pusat penelitian, meningkatkan kerja sama antara instansi yang terkait dalam merumuskan kebijakan, membuat perumusan dan pengembangan kebijakan dalam mengantisipasi dampak kerusakan terhadap lingkungan dan mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi berwawasan lingkungan yang sesuai dengan nilai-nilai yang berlaku di Indonesia.

**Analisis keberlanjutan PRG dimensi hukum dan kelembagaan**

Berdasarkan analisis keberlanjutan pemanfaatan Padi Bt PRG dari dimensi hukum dan kelembagaan terdapat sembilan atribut yang memiliki kontribusi terhadap tingkat keberlanjutannya dengan metode Rap-PRG. Berdasarkan hasil analisis diperoleh nilai indeks keberlanjutan 54,74% yang termasuk dalam kategori cukup berkelanjutan. Keadaan ini merupakan gambaran dari kondisi status hukum dan kelembagaan dalam pengelolaan PRG yang belum berjalan dengan baik sesuai dengan peraturan dan undang-undang yang telah ditetapkan. Kondisi ini termasuk rentan terhadap terjadinya perubahan menjadi kurang berkelanjutan, oleh karena itu perlu dilakukan perbaikan pada atribut-atribut yang sensitif terhadap nilai indeks keberlanjutan.

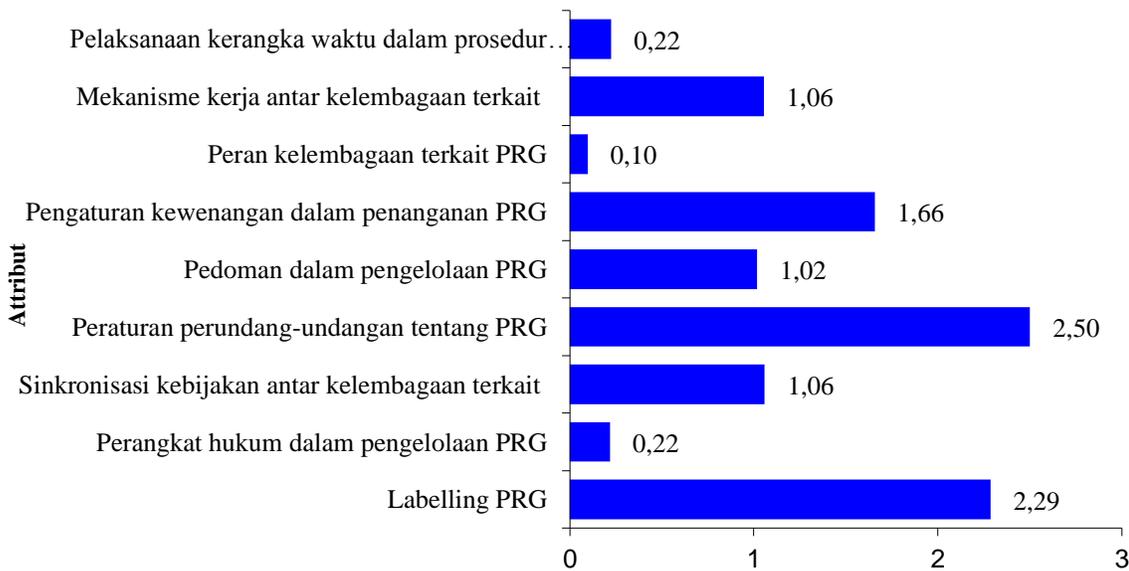
Hasil analisis terhadap atribut *leverage* yang disajikan pada Gambar 6, diperoleh tiga

atribut utama yang memiliki pengaruh sensitif terhadap indeks keberlanjutan hukum dan kelembagaan yaitu: 1) Peraturan perundang-undangan tentang PRG, dan 2) Pelabelan terhadap PRG. Perbaikan atau perubahan pada dua atribut kunci tersebut diperlukan agar diperoleh indeks keberlanjutan yang lebih baik.

**Analisis Keberlanjutan Multidimensi Pengelolaan Kebijakan PRG**

Hasil analisis RAP-PRG yang bersifat multidimensi dan menggabungkan semua dimensi yang dikaji yaitu dimensi ekologi, dimensi ekonomi, dimensi sosial, dimensi teknologi dan dimensi hukum kelembagaan, menghasilkan nilai indeks keberlanjutan 58,99% yang termasuk ke dalam kategori cukup berkelanjutan. Nilai ini diperoleh dari gabungan semua atribut setiap dimensi. Meskipun nilai ini melebihi angka 50%, yang tergolong cukup berkelanjutan, masih terdapat dimensi yang memerlukan perbaikan yaitu

**Analisis titik unkit dimensi hukum kelembagaan**



**Perubahan RMS ordinasi jika salah satu atribut dihilangkan**

Gambar 6. Atribut-atribut sensitif pada dimensi hukum kelembagaan pengelolaan Padi Bt PRG tahun 2011/2012

dimensi teknologi yang termasuk kriteria kurang berkelanjutan (46,71%).

Uji validitas dengan analisis nilai Monte Carlo dan analisis MDS pada taraf kepercayaan 95% diperoleh nilai indeks keberlanjutan pengelolaan Padi Bt PRG menunjukkan adanya selisih nilai rata-rata berkisar dari 0,19 – 1,37%. Kecilnya perbedaan hasil dua analisis tersebut menunjukkan bahwa; (1) kesalahan dalam

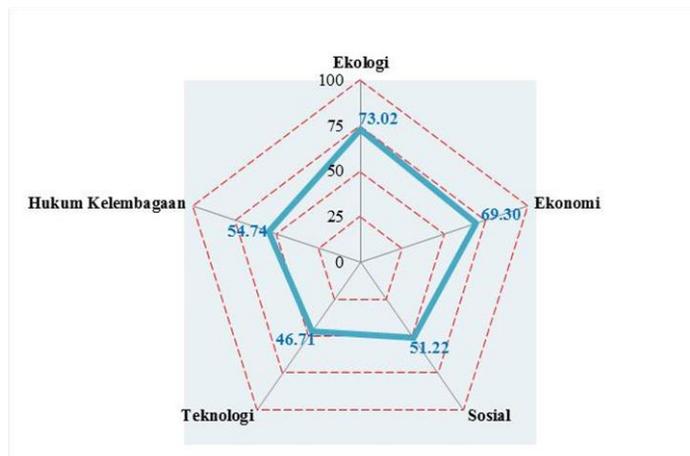
pembuatan skor pada atribut relatif kecil, (2) ragam pemberian skor akibat perbedaan opini relatif kecil, (3) proses analisis yang dilakukan secara berulang relatif stabil, (4) kesalahan dalam pemasukan data dan data yang hilang dapat dihindari. (Fauzi dan Anna, 2005).

Tabel 2. Perbedaan nilai indeks keberlanjutan analisis *Monte Carlo* dengan analisis Rap-PRG pengelolaan Padi Bt PRG di Indonesia, 2011/2012

Dimensi Keberlanjutan	Nilai Indeks Keberlanjutan (%)		Perbedaan
	MDS	<i>Monte Carlo</i>	
Ekologi	73,02	71,65	1,37
Ekonomi	69,30	68,26	1,04
Sosial Masyarakat	51,22	51,31	0,09
Teknologi	46,71	47,05	0,34
Hukum dan Kelembagaan	54,74	54,93	0,19

Tabel 3. Nilai Stress dan koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) hasil analisis Rap-PRG pengelolaan padi Bt PRG

No	Dimensi Keberlanjutan	Parameter	
		<i>Stress</i> (%)	R <sup>2</sup>
1	Ekologi	13,35	0,95
2	Ekonomi	13,48	0,95
3	Sosial Masyarakat	15,16	0,94
4	Teknologi	14,30	0,95
5	Hukum dan Kelembagaan	14,80	0,95



Gambar 7. Diagram layang-layang (kite diagram) dengan nilai indeks keberlanjutan pengelolaan tanaman Padi Bt PRG di Indonesia, 2011/2012

Berdasarkan hasil uji validitas, menunjukkan bahwa analisis RAP PRG menggunakan metode MDS untuk menentukan keberlanjutan sistem pengelolaan PRG khususnya tanaman Padi Bt memiliki tingkat kepercayaan yang tinggi sehingga dapat digunakan untuk mengetahui secara cepat (*rapid appraisal*) keberlanjutan dari sistem pengelolaan terhadap PRG di Indonesia. Analisis Monte Carlo juga dapat digunakan sebagai metoda simulasi untuk mengevaluasi dampak kesalahan acak/galat (*random error*) dalam analisis statistik yang dilakukan terhadap seluruh dimensi yang digunakan (Fauzi dan Anna, 2005).

Hasil analisis MDS dengan Rap-PRG menunjukkan bahwa semua atribut yang dikaji terhadap status keberlanjutan pengelolaan tanaman Padi Bt PRG cukup akurat sehingga diperoleh hasil analisis untuk uji ketepatan (*goodness of fit*) yang dapat dipertanggungjawabkan. Nilai stress berkisar antara 13,35 sampai 15,16% dan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) berkisar antara 0,94 dan 0,95. Hasil analisis cukup memadai apabila nilai stress lebih kecil dari 0,25 (25%) dan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) mendekati 1,0 (100%). Adapun nilai *stress* dan koefisien determinasi seperti Tabel 3.

Diharapkan nilai keberlanjutan dapat ditingkatkan dari cukup berkelanjutan menjadi berkelanjutan (*sustainable*), karena itu perlu perbaikan terhadap atribut-atribut sensitif dan memberi pengaruh terhadap nilai indeks keberlanjutan dari dimensi-dimensi yang diukur. Tampilan indeks keberlanjutan untuk kelima dimensi yang diukur dapat dilihat pada gambar diagram layang (*kite diagram*) yang tersaji pada Gambar 7.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis keberlanjutan kebijakan pengelolaan PRG khususnya tanaman Padi Bt di Indonesia, dapat disimpulkan bahwa status keberlanjutan secara multidimensi termasuk kriteria cukup berkelanjutan dengan nilai 58,99%.

Kondisi keberlanjutan untuk masing-masing dimensi yaitu 73,02% untuk dimensi ekologi, 69,30% dimensi ekonomi, 51,22% dimensi sosial, dan dimensi hukum kelembagaan sebesar 54,74%. Sedangkan dimensi teknologi tergolong kurang berkelanjutan (46,71%). Atribut-atribut yang memiliki tingkat sensitivitas tinggi dan mempengaruhi nilai indeks keberlanjutan untuk setiap dimensi adalah :

- a) Dimensi ekologi; kemungkinan terjadinya perpindahan (*crossing*) material genetik dari tanaman PRG ke tanaman non PRG (10,21%).
- b) Dimensi ekonomi; ketergantungan petani pada tanaman PRG (9,49%) dan harga jual benih tanaman PRG yang terjangkau (6,45%).
- c) Dimensi sosial: persepsi dan penerimaan masyarakat (1,33%) serta keterlibatan publik dalam pengambilan keputusan (1,21%).
- d) Dimensi teknologi: jumlah tanaman PRG hasil litbang sendiri yang telah dilepas (3,60%) dan kemampuan SDM melakukan riset dan pengujian tanaman PRG (2,68%).
- e) Dimensi hukum kelembagaan; implementasi peraturan dan undang-undang (2,5%) serta labeling terhadap PRG (2,29%).

Secara umum, kebijakan pengelolaan PRG harus mengacu pada konsep pembangunan pertanian berkelanjutan, contohnya kasus pengelolaan Padi Bt PRG yang berdasarkan pada lima dimensi keberlanjutan, yaitu dimensi ekonomi, lingkungan, sosial, teknologi dan hukum kelembagaan. Setiap dimensi memiliki atribut atau elemen sensitif dengan nilai indeks keberlanjutan yang bervariasi, tergantung pada penilaian pakar berdasarkan fakta yang tersedia. Jika nilai indeks keberlanjutan rendah, dapat dilakukan intervensi atau perbaikan agar nilai keberlanjutannya meningkat. Intervensi terhadap faktor-faktor penguangkit dapat memberikan kenaikan pada angka indeks keberlanjutan. Berdasarkan hasil kajian, diperlukan perubahan kebijakan terhadap dimensi teknologi, terutama meningkatkan kemampuan dalam melakukan riset dan pengujian PRG agar terjadi peningkatan jumlah PRG yang dihasilkan oleh lembaga penelitian di Indonesia.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bapak dan Ibu narasumber kelompok pakar dari Institusi Puslit Bioteknologi-LIPI, Balai Besar Biogen-Kementan, IPB dan PTP Nusantara XI Jawa Timur, atas kerja sama dan kontribusinya dalam melengkapi hasil penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Antle, J.M., J.J. Stoorvogel. 2006. Incorporating systems dynamics and spatial heterogeneity in integrated assessment of agricultural production systems. *Envi and Dev Eco* 11: 39-58.
- Adiwibowo, S., D. Buchori, D.A. Santosa, H. Kartodiharjo, H. Triwidodo. 2005. Partisipasi masyarakat dan kebijakan bioteknologi di Indonesia: Tantangan, kendala dan peluang. Cetakan pertama. KEHATI. Jakarta
- Bahagiawati, A.H., E.M. Lokollo, Supriyati, Sutrisno. 2008. The Cost of research and development for producing a transgenic crop and Its biosafety regulation compliance in Indonesia. *Asian Biotechnol and Dev* 11(1): 5-11.
- Bermawie, N., A.H. Bahagiawati, K. Mulya, D. Santoso, B. Sugiarto, E. Juliantini, Syahyuti, Erizal, Hasnam, M. Herman, Y.A. Trisyono. 2004. Survei perkembangan dan dampak pelepasan produk rekayasa genetik (PRG) dan produk komersialnya. Final report. Nasional Biosafety Framework GEF-UNEP. Ministry of Environment, Jakarta. Indonesia.
- Bravo, A., S. Likitvivanavong, S.S. Gill, M. Soberon. 2011. *Bacillus thuringiensis*: A Story of a successful bioinsecticide. *Insect Biochemistry and Molecular Biol* 41: 423-431.
- Ceccarelli, S., S. Grando, M. Maatougui, M. Michael, M. Slash. 2010. Plant breeding and climate changes. *Journal of Agricultural Science*. 148: 627-637.
- Chen, M., G.Y. Ye., Z.C. Liu., H.W. Yao., X.X. Chen., Z.C. Shen., C. Hu., S.K. Datta. 2006. Field assessment of the effects of transgenic rice expressing a fused gene of cry I Ab cry I Ac from *Bacillus thuringiensis* Berliner on nontarget planthopper and leafhopper populations. *Environ Entomol* 35(1): 127-134.
- Conner, A.J., T.R. Glare., J-P. Nap. 2003. The release of genetically modified crops into the environment. *The Plant Journal* 33: 19-46.
- Deswina, P., N. Usyati, I.H. Slamet-Loedin. 2009. Pengaruh padi transgenik mengandung gen Cry 1A(b) terhadap populasi serangga non-target di lapangan uji terbatas. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 28(2):95-100.
- Enung, S.M., P. Deswina, I.H. Slamet-Loedin. 2010. Dampak padi transgenik mengekspresikan Gen Cry IA(b) untuk ketahanan terhadap penggerek batang di lapang terbatas terhadap serangga bukan sasaran. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 9(2): 85-91.
- Fauzi, A., Anna Z. 2005. *Pemodelan Sumberdaya Perikanan dan Kelautan. Untuk Analisis Kebijakan*. Jakarta, Gramedia.
- Garcia-Alonso, M., E. Jacobs, A. Raybould, T.E. Nickson, P. Sowig, H. Willekens, P. Van Der Kouwe, R. Layton, F. Amijee, A.M. Fuentes, F. Tencalla. 2006. A tiered system for assessing the risk of genetically modified plants to non-target organisms. *Environ Biosafety Res* 5(2): 57-65
- Groote, H.D., W.A. Overholt, J.O. Ouma, J. Wanyama. 2011. Assessing the potential economic impact of *Bacillus thuringiensis* (Bt) maize in Kenya. *African J Biotechnol* 10(23): 4741-4751.

- Heckel, D.G., L.J. Gahan., S.W. Baxter., J-Z Zhao., A.M Shelton., F. Gould.,B.E Tabashnik. 2007. The diversity of Bt resistance genes in species of Lepidoptera. *Journal of Invertebrate Pathology* 95: 192-197.
- Ho, N.H., N.V. Uyen, K. Datta, S.K. Datta. 2001. Production of transgenic rice plants resistant to yellow stem borer and herbicide in two Vietnamese varieties via *Agrobacterium tumefaciens*. *Omonrice* 9: 30-35.
- Icoz, I., G. Stotzky. 2008. Fate and effects of insect-resistant Bt crops in soil ecosystems. *Soil Biol Biochem* 40: 559-589.
- James, C. 2013. Global Biotech/GM Crop Plantings Increase 100-fold from 1996. ISAAA Brief. Philippines February 2013.
- Kavanagh, P., and T.J. Pitcher. 2004. Implementing Microsoft Excel software for Raphish: A technique for the Rapid Appraisal of Fisheries Status. University of British Columbia. Fisheries Centre Research Reports 12(2): 75p.
- McCammon, S.L. 2006. Biosafety research and risk assessment (Session I). *Env Biosafety Res* 5(4): 177-182.
- Pitcher, T.J., D. Preikshot. 2001. RAPFISH: a rapid appraisal technique to evaluate the sustainability status of fisheries. *Fisheries Res* 49: 255-270.
- Raybould, A. 2006. Problem formulation and hypothesis testing for environmental risk assessments of genetically modified crops. *Environ Biosafety Res* 5(4): 119-125.
- Sugandhy, A., R. Hakim. 2009. *Pembangunan berkelanjutan berwawasan lingkungan*. Bumi Aksara. Jakarta.158 hal.
- Tietenberg, T., L.Lewis. 2010. *Environmental Economics and Policy*. Sixth Edition. Pearson Education. California. USA. p 15-90.
- Watanabe, K.N., Y. Sassa., E. Suda., C-H. Chen., M. Inaba., A. Kikuchi. 2005. Global political, economic, social and technological issues on transgenic crops. *Plant Biotechnol* 22: 516-522.
- Ye, G.Y., H.W. Yao , Q.Y.Shu, X.Cheng, C. Hu, Y.W. Xia, M.W. Gao, I. Altosaar. 2003. High levels on stable resistance intransgenic rice with a Cry IA (b) gene from *Bacillus thuringiensis* Berliner to leafroller *Cnaphalocrosis medinalis* (Guence) under field conditions. *Crop Protection* 22: 171-178.