



Produktivitas dan keunggulan beberapa tanaman produk rekayasa genetika di Indonesia

MOH. IKMAL ALFI RIZQONI, ASYIFA YASMIN ARUM, DAN MUKHAMAD SU'UDI*

Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Jember

Kata kunci:

impor;
produktivitas;
sifat unggul;
tanaman PRG

ABSTRAK: Beberapa produk yang dihasilkan tanaman memiliki nilai penting bagi manusia dalam kehidupan sehari-hari seperti sebagai bahan pangan, pakan, dan industri. Kebutuhan terhadap produk tersebut setiap tahun semakin meningkat seiring bertambahnya populasi penduduk. Hal ini menjadi masalah di Indonesia karena produksi dalam negeri yang rendah sehingga pasokan utama bersumber dari impor. Rendahnya produktivitas ini disebabkan beberapa hal seperti produktivitas benih rendah, serangan hama dan penyakit, dan kondisi lingkungan. Salah satu upaya untuk mengatasi masalah tersebut adalah dikembangkannya tanaman produk hasil rekayasa genetika (tanaman PRG) karena memiliki sifat unggul yang tidak dimiliki varietas lokal non PRG. Beberapa tanaman PRG yang telah dimanfaatkan di Indonesia adalah tebu PRG NXI-4T yang toleran terhadap kekeringan, padi Bt 11 dan kapas Bt11 yang tahan terhadap serangan hama. Pemanfaatan dari masing-masing tanaman PRG ini memberi dampak positif seperti meningkatkan hasil pertanian hingga 30-40%, tanaman lebih tahan hama sehingga penggunaan pestisida berkurang, dan keuntungan ekonomi yang dihasilkan meningkat. Pemanfaatan tanaman PRG di Indonesia masih terbatas karena biaya yang mahal dan regulasi yang ketat agar bisa dimanfaatkan secara komersial.

Keywords:

GMO plants;
import,
productivity,
superior traits

ABSTRACT: Several products produced by plants have important values for humans in daily life such as food, feed, and industry. The need for these products is increasing every year as the population increases. This is a problem in Indonesia because domestic production is low so that the main supply comes from imports. This low productivity is due to several things, such as low seed productivity, pest and disease attacks, and environmental conditions. One of the efforts to overcome this problem is the development of genetically modified crops (GMO crops) because they have superior properties that non-GMO local varieties do not have. Some of the GMO crops that have been used in Indonesia are GMO sugarcane NXI-4T which is tolerant to drought, Bt 11 rice and Bt11 cotton which is resistant to pests. The utilization of each of these PRG crops has a positive impact such as increasing agricultural yields by 30-40%, plants are more resistant to pests so that the use of pesticides is reduced and the resulting economic benefits are increased. The use of PRG plants in Indonesia is still limited due to the high cost and strict regulations so that they can be used commercially.

1 PENDAHULUAN

Sejumlah tanaman memiliki nilai penting untuk dimanfaatkan manusia dalam kehidupan sehari-hari seperti dalam bahan makanan, pakan ternak, bahan baku industri, dan lain sebagainya. Pemenuhan kebutuhan akan produk tersebut diperoleh dari sektor pertanian [1]. Bertambahnya jumlah penduduk setiap tahun di Indonesia menyebabkan permintaan terhadap produk pertanian semakin meningkat. Produksi dari sektor pertanian di Indonesia yang tergolong rendah membuat pemenuhan

pasokan kebutuhan tersebut sebagian besar dari impor [2]. Beberapa faktor yang mempengaruhi rendahnya produksi hasil pertanian dalam negeri adalah benih tanaman varietas lokal yang produktivitasnya rendah, mudah terserang hama dan penyakit, dipengaruhi kondisi lingkungan yang tidak terkendali, dan berkurangnya area lahan pertanian. Adanya masalah tersebut mendorong dikembangkannya pencarian varietas tanaman yang bersifat unggul baik secara konvensional maupun non-konvensional. Metode konvensional contohnya adalah melalui persilangan dengan varietas yang memiliki sifat unggul. Meskipun dihasilkan tanaman yang

* Corresponding Author: msuudi52@gmail.com

sudah memiliki sifat unggul metode ini memiliki kekurangan karena terkadang tanaman yang dihasilkan masih membawa sifat merugikan dari induknya. Hal inilah yang mendorong dikembangkannya metode nonkonvensional yaitu melalui pendekatan bioteknologi tanaman [3].

Pendekatan bioteknologi tanaman untuk memperoleh varietas yang bersifat unggul adalah melalui teknik rekayasa genetika. Prinsip dari teknik ini adalah membuat tanaman yang gen-gennya telah dimodifikasi untuk tujuan tertentu. Salah satu metode teknik rekayasa genetika adalah transformasi gen yaitu dengan menyisipkan atau memasukkan gen asing yang bersifat unggul pada tanaman target. Gen asing ini dapat berasal dari tanaman yang tidak terkait atau dari spesies yang sama sekali berbeda. Tanaman yang dihasilkan dari teknik ini disebut tanaman produk rekayasa genetik (PRG) [4]. Kelebihan teknik ini adalah diperolehnya sifat baru yang unggul pada tanaman tersebut tanpa membawa sifat lemah dari tanaman sebelumnya. Sifat unggul ini nantinya diharapkan dapat memberikan keuntungan bagi manusia [5].

Kehadiran tanaman PRG di Indonesia memiliki peluang dalam meningkatkan nilai produksi dari sektor pertanian karena tanaman ini memiliki sifat yang lebih unggul dibanding tanaman non PRG. Sifat unggul yang dapat diperoleh seperti meningkatkan umur simpan, produktivitas yang lebih tinggi, ketahanan hama dan penyakit, dan toleran terhadap kondisi lingkungan ekstrem (panas, dingin, dan kekeringan) [6]. Pemanfaatan tanaman PRG ini lebih diutamakan pada tanaman yang memiliki nilai komersial yang tinggi karena kebutuhan akan tanaman tersebut diprediksi akan terus meningkat. Hal ini karena pengembangan tanaman PRG membutuhkan biaya yang sangat mahal, ketersediaan alat canggih yang terbatas, sumber daya manusia serta regulasi dari lembaga dan instansi terkait sangat ketat dalam izinnya untuk dimanfaatkan secara komersil di Indonesia [7]. Beberapa tanaman PRG yang telah dikembangkan di Indonesia antara lain tebu, jagung, kedelai, dan kapas [6]. Pemanfaatan dari tanaman PRG khususnya di Indonesia ini diharapkan dapat meningkatkan nilai produksi dari hasil pertanian yang rendah dan kebutuhan bahan baku dalam negeri dapat terpenuhi tanpa harus diimpor dari negara lain sehingga akan menghemat biaya produksi dan menguntungkan petani lokal [8].

Metode yang digunakan dalam studi ini adalah metode telaah ulasan ilmiah. Hasil diperoleh dari berbagai sumber dari berbagai jurnal atau artikel ilmiah dan buku mengenai pemanfaatan tanaman PRG di Indonesia, meliputi tanaman tebu, jagung,

kapas, dan kedelai. Hasil yang diperoleh dikoleksi dan dikaji lebih lanjut oleh penulis sehingga menghasilkan artikel yang padu.

2 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemanfaatan Tanaman Tebu PRG di Indonesia

Tebu (*Saccharum officinarum*) adalah bahan baku utama dalam produksi gula di Indonesia. Kebutuhan gula di Indonesia pada tahun 2020 sebesar 5,8 juta ton dan diprediksi akan meningkat setiap tahunnya. Namun, hal ini tidak diimbangi dengan jumlah produksi gula di dalam negeri yang hanya 2,1 juta ton sehingga diperlukan impor gula untuk memenuhi kebutuhan tersebut [9]. Salah satu faktor yang membuat produksi gula tebu ini rendah adalah ketidakstabilan iklim di Indonesia. Contohnya, musim hujan yang terlambat menyebabkan tanaman tebu ini mengalami kekeringan dan berupaya untuk bertahan hidup dengan cara mengurangi atau membatasi penguapan, seperti menutup stomata daun sehingga laju fotosintesis berkurang dan memperlambat pertumbuhan tanaman. Hal inilah yang membuat tanaman tebu pada saat dipanen produktivitasnya rendah [10]. Salah satu faktor inilah yang mendorong dikembangkannya tebu PRG yang tahan terhadap kekeringan untuk memberi kontribusi yang besar terhadap peningkatan produktivitas tebu di Indonesia [11]. Terdapat tiga tanaman tebu PRG yang telah dikembangkan di Indonesia dan sudah mendapatkan Persetujuan Keamanan Pangan PRG dari BPOM Indonesia (Tabel 1). Namun, dari ketiganya hanya tebu NXI-4T yang sudah mulai dimanfaatkan dalam produksi tebu di Indonesia.

Tabel 1. Tanaman Tebu PRG di Indonesia yang telah mendapatkan Persetujuan Keamanan Pangan PRG dari BPOM [12]

Nama	Sifat Unggul	Gen
Tebu NXI-1T	Toleran terhadap kekeringan	Gen <i>betA</i> dari <i>Escherichia coli</i>
Tebu NXI-4T	Toleran terhadap kekeringan	Gen <i>betA</i> dari <i>Rhizobium meliloti</i>
Tebu NXI-6T	Toleran terhadap kekeringan	Gen <i>betA</i> dari <i>Escherichia coli</i>

Salah satu tanaman tebu PRG di Indonesia adalah tebu NXI-4T yang memiliki sifat unggul toleran terhadap kekeringan. Tebu PRG ini dikembangkan oleh peneliti dari Universitas Jember bekerja sama dengan PT Perkebunan Nusantara XI (PTPN XI) yang telah melakukan pengembangan produk rekayasa genetika (PRG) dengan mentransfer gen ketahanan kekeringan dari *Rhizobium meliloti* ke genom tebu lokal varietas BL [13]. Tebu PRG NXI-4T ini telah

mendapatkan sertifikat Keamanan Lingkungan dari Kantor Menteri Lingkungan Hidup / Menteri Pertanian dengan nomor B-7945/MENLH/08/2011 dan sertifikat Keamanan Pangan dari Badan Pengawasan Obat dan Makanan (BPOM) nomor HK.04.1.52.10.12.6489 Tahun 2012 tentang izin peredaran pangan komoditas tebu produk rekayasa genetik (PRG). Kedua sertifikasi memperkuat tebu PRG NXI-4T yang aman untuk dibudidayakan dan tidak menimbulkan adanya aliran gen ke organisme lain atau potensi menjadi gulma invasif sehingga tebu PRG ini aman untuk dikonsumsi oleh manusia [14].

Pemanfaatan dan budidaya tebu PRG NXI-4T di Indonesia masih terbatas di lahan milik PTPN XI dan sejumlah petani tebu di sekitar kawasan perusahaan negara itu saja. Hal ini karena tebu PRG NXI-4T masih dalam tahap komersialisasi untuk dapat dimanfaatkan dalam skala lebih luas di Indonesia. Tebu PRG NXI-4T memiliki tinggi hingga tiga meter sementara tebu non PRG rata-rata tingginya hanya dua meter, diameter tebunya lebih besar dan dapat hidup dengan baik pada kondisi tanah yang kering [15]. Meskipun pemanfaatannya masih terbatas, produksi gula dari tebu NXI-4T di lahan milik PTPN XI menghasilkan produksi yang lebih tinggi sekitar 30-40% yaitu sebesar 77,67 kwintal dibanding tebu non PRG yang hanya 58,74 kwintal pada jumlah lahan yang sama. Hasil panen dari petani yang membudidayakan tebu PRG bisa mengantongi keuntungan Rp. 20 juta/ha tiap musim yang nilainya jauh lebih tinggi dibanding tebu non PRG [16].

Pemanfaatan Tanaman Jagung PRG di Indonesia

Pemanfaatan jagung (*Zea mays*) di Indonesia adalah sebagai bahan makanan, pakan ternak, dan bahan baku industri seperti tepung dan minyak [17]. Kebutuhan terhadap jagung di Indonesia pada tahun 2019 diperkirakan sebesar 14,37 ton untuk pakan, konsumsi, dan industri pangan sedangkan ketersediaan jagung produksi dalam negeri hanya 6 juta ton [18]. Produksi jagung dalam negeri masih tergolong dalam kategori rendah sehingga pemenuhan pasokan jagung harus diimpor [19]. Salah satu hambatan yang paling besar dalam upaya peningkatan produksi jagung adalah serangan organisme pengganggu tanaman (OPT), seperti hama dan penyakit tanaman. Salah satu upaya untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan pemanfaatan tanaman PRG yang tahan terhadap serangan hama sehingga produksi jagung tidak menurun dan akan meningkat [20]. Terdapat lebih dari lima tanaman jagung PRG yang telah dikembangkan di Indonesia dan sudah

mendapatkan Persetujuan Keamanan Pangan PRG dari BPOM Indonesia (Tabel 2). Namun dari keti-ganya hanya jagung varietas Bt 11 yang sudah mulai dimanfaatkan dalam produksi jagung di Indonesia.

Tabel 2. Tanaman Jagung PRG di Indonesia yang telah mendapatkan Persetujuan Keamanan Pangan PRG dari BPOM [12]

Nama	Sifat Unggul	Gen
Jagung MON 89034	Tahan terhadap serangga hama penggerek jagung.	-Gen <i>cry1A.105</i> dari <i>Bacillus thuringiensis</i> -Gen <i>Cry2Ab2</i> dari <i>Bacillus thuringiensis</i>
Jagung NK 603	Toleran terhadap herbisida glifosat.	Dua kaset gen <i>CP4 EPSPS</i> dari <i>Agrobacterium tumefaciens</i>
Jagung Bt 11	-Tahan terhadap serangga hama penggerek jagung dan hama kelompok <i>Lepidoptera</i> . -Toleran terhadap <i>phosphinithricin</i> (herbisida glufosinat).	-Gen <i>CryIA(b)</i> dari <i>Bacillus thuringiensis</i> -Gen <i>PAT</i> dari <i>Streptomyces viridochromogenes</i>
Jagung MON 87460	-Toleran terhadap kekeringan -Tahan terhadap neomisin, dan kanamisin	-Gen <i>CSPB (cold shock protein B)</i> dari <i>Bacillus subtilis</i> -Gen <i>NPT II (neomycin phosphotransferase II)</i> dari <i>Escherichia coli</i>
Jagung MON 87411	-Memberikan perlindungan terhadap ulat akar jagung Corn Root Worm (<i>Diabrotica spp.</i>) -Toleran terhadap herbisida glifosat.	-Gen <i>Snf7</i> dari serangga <i>Diabrotica virgifera</i> . -Gen <i>cry3Bb1</i> dari <i>Bacillus thuringiensis</i>
Jagung MON 88017	-Toleran terhadap serangga Coleoptera, khususnya Corn Rootworm. -Toleran terhadap herbisida glifosat	-Gen <i>cry3Bb1</i> dari <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kumamotoensis</i> strain EG4691. -Gen <i>cp4 epsps</i> dari <i>Agrobacterium sp</i> strain 7CP4

Salah satu tanaman jagung PRG yang telah dimanfaatkan di Indonesia adalah jagung PRG Bt 11. Jagung ini telah disisipi gen Bt. Gen Bt adalah gen yang diisolasi dari bakteri tanah *Bacillus thuringiensis* (Bt). Jagung ini memiliki sifat unggul yaitu tahan terhadap hama penggerek batang jagung dan dari kelompok *Lepidoptera*. Kedua hama ini dapat menurunkan hasil panen jagung 14-18%. Jagung PRG Bt ini bermanfaat dalam mencegah pengurangan hasil panen dan meningkatkan hasil panen pada tanaman jagung [21]. Keuntungan yang diperoleh dari tanaman jagung Bt ini yaitu hasil produksinya lebih tinggi sebesar 59% dibanding jagung non PRG. Pemanfaatan jagung PRG Bt 11 ini juga mempunyai dampak positif terhadap lingkungan karena dapat menekan penggunaan pestisida hingga 80%, disisi lain pengurangan pestisida berarti menurunkan biaya produksi [20]. Pemanfaatan jagung PRG Bt 11 memberi manfaat ekonomi yang diperoleh hingga mencapai Rp. 7 triliun dan dengan peningkatan produktivitas 10% akan meningkatkan produksi jagung nasional sebesar 370,72 ribu ton [22].

Pemanfaatan Tanaman Kapas PRG di Indonesia

Kapas (*Gossypium hirsutum L.*) di Indonesia pemanfaatan utamanya adalah sebagai bahan baku utama dalam industri tekstil [23]. Indonesia merupakan negara penghasil tekstil terbesar di dunia tetapi tidak diiringi dengan kemampuan produksi kapas dalam negeri yang mencukupi. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara importir kapas terbesar di dunia pada tahun 2019 [24]. Badan Pusat Statistik (BPS) melaporkan impor kapas di Indonesia pada tahun 2022 sebesar 17.803 ton dengan nilai US\$ 79,731 juta [25]. Lahan potensial untuk penanaman kapas di Indonesia terbilang cukup besar. Namun, ada beberapa hal yang mempengaruhi produksi kapas, seperti belum tersedianya benih kapas bermutu tinggi yang tahan serangan hama dan penyakit. Berkaitan dengan hal tersebut, maka pengembangan tanaman kapas hasil rekayasa genetika (PRG) diharapkan dapat menghasilkan benih kapas PRG berpotensi hasil tinggi yang tahan hama utama [26]. Berikut ini adalah beberapa tanaman transgenik kapas PRG yang telah dikembangkan di Indonesia (Tabel 3) dan telah mendapat Persetujuan Keamanan Pangan PRG (Sertifikat keamanan pangan PRG).

Tabel 3. Tanaman Kapas PRG di Indonesia yang telah mendapatkan Persetujuan Keamanan Pangan PRG dari BPOM [12]

Nama	Sifat Unggul	Gen
Kapas GHB119	-Tahan terhadap serangan hama Lepidoptera -Tahan terhadap herbisida amonium glufosinat	-Gen <i>cry2Ae</i> diisolasi dari bakteri tanah <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>Dakota</i> -Gen <i>bar</i> diisolasi dari bakteri <i>Streptomyces hygroscopicus</i>
Kapas LLCotton25	Tahan terhadap herbisida amonium glufosinat	Gen <i>bar</i> diisolasi dari bakteri <i>Streptomyces hygroscopicus</i>
Kapas GHB811	-Tahan terhadap herbisida isoksaf lutol -Tahan terhadap herbisida glifosat	-Gen <i>hppdPfw336-1Pa</i> berasal dari bakteri <i>Pseudomonas fluorescens</i> strain A32 yang dimodifikasi dengan penggantian pada asam amino glisin 336 dengan triptofan -Gen <i>2mepsps</i> yang berasal dari <i>Zea mays</i> (jagung)
Kapas GHB614	Tahan terhadap herbisida glifosat	Gen <i>2mepsps</i> diisolasi dari <i>Zea mays</i> (jagung)

Pemanfaatan tanaman kapas PRG di Indonesia sudah dimulai sejak tahun 2001, telah ditanam kapas Bt di Indonesia berdasarkan SK Menteri Pertanian tanggal 7 Februari 2001 No. 107/Kpts/KB.430/2/2001 dan SK Menteri Pertanian No. 03/Kpts/KB.430/1/2002 tentang Pelepasan kapas Bt secara terbatas di tujuh kabupaten di Provinsi Sulawesi Selatan [27]. Kapas PRG Bt ini adalah memiliki sifat unggul yaitu tahan terhadap serangan hama. Kapas Bt ini secara

komersial ditanam dalam skala terbatas di Sulawesi Selatan. Hasil penelitian oleh Lokollo et al [28], pemanfaatan kapas Bt PRG ini dapat meningkatkan produksi kapas mencapai 220% lebih tinggi daripada kapas lokal kanesia. Produksi yang meningkat ini memberi keuntungan bagi petani yang lebih tinggi. Hasil keuntungan bersih kapas Bt berkisar antara Rp 3,1-5,6 juta/ha dibandingkan hanya Rp 600.000/ha pada kapas non Bt.

Pemanfaatan Tanaman Kedelai PRG di Indonesia

Pemanfaatan kedelai di Indonesia lebih banyak digunakan sebagai bahan baku pangan terutama olahan tahu dan tempe, dan sisanya untuk pangan olahan lainnya [29]. Kebutuhan kedelai nasional di Indonesia tiap tahunnya mencapai 3 juta ton dan 60% pemenuhan kebutuhannya berasal dari impor [30]. Beberapa faktor yang menyebabkan produksi kedelai di Indonesia masih rendah adalah varietas kedelai lokal produktivitasnya rendah, serangan hama dan penyakit, kondisi lingkungan dan berkurangnya area lahan tanam kedelai. Teknologi rekayasa genetik mulai dikembangkan di Indonesia sebagai upaya untuk memperoleh kedelai PRG yang memiliki sifat unggul [3]. Beberapa kedelai PRG yang telah dikembangkan di Indonesia telah mendapat Persetujuan Keamanan Pangan PRG dari BPOM (Tabel 4). Namun, hingga sejauh ini belum ada kedelai PRG lokal yang sudah dimanfaatkan secara luas di Indonesia.

Tabel 4. Tanaman Kedelai PRG di Indonesia yang telah mendapatkan Persetujuan Keamanan Pangan PRG dari BPOM [12]

Nama	Sifat Unggul	Gen
Kedelai GTS 40-3-2	Toleran terhadap herbisida glifosat	<i>CP4 EPSPS (5-enolpyruvyl shikimate-3-phosphate synthase)</i> dari <i>Agrobacterium tumefaciens</i> strain CP4
Kedelai MON 89788	Toleran terhadap herbisida glifosat	<i>CP4 EPSPS (5-enolpyruvyl shikimate-3-phosphate synthase)</i> dari <i>Agrobacterium tumefaciens</i> strain CP4
Kedelai MON 87701	Tahan terhadap serangan hama Lepidoptera	Gen <i>Cry1Ac</i> dari <i>Bacillus thuringiensis</i>
Kedelai MON 87705	Toleran terhadap herbisida glifosat Memiliki kandungan asam lemak jenuhnya setengah dari kedelai non PRG, sehingga profil asam lemak tidak jenuhnya mirip dengan minyak zaitun dan minyak kanola	-Gen <i>CP4 EPSPS</i> dari <i>Agrobacterium tumefaciens</i> strain CP4 -Gen <i>FAD2-1A</i> dan gen <i>FATB1-A</i> dari kedelai (<i>Glycine max</i>)

3 SIMPULAN

Pemanfaatan beberapa jenis tanaman PRG di Indonesia dapat meningkatkan produktivitas hasil panen hingga 30-40%, menurunkan penggunaan pestisida, dan tumbuh dengan baik pada kondisi lahan kering. Hal ini memberi peluang bagi tanaman PRG agar kebutuhan bahan pangan dan tekstil dalam negeri yang sebelumnya banyak didominasi dengan impor dapat dipenuhi dalam negeri.

REFERENSI

- [1] Rente, A. *Pengantar Agroindustri*. CV. Mujahid Press: Jakarta, Indonesia, 2016.
- [2] Kementerian Pertahanan Republik Indonesia. *Buku Putih Pertahanan Indonesia*. Kementerian Pertahanan Republik Indonesia: Jakarta, Indonesia. 2015.
- [3] Pardal, S.J. 2015. Kemajuan perakitan galur kedelai unggul melalui rekayasa genetik di Indonesia. 345-364.
- [4] Desai, K., Solanki, B., Mankad, A., & Pandya, H. Genetic transformation of plants. *Int J Sci Res Rev*. 2019, 8(2), 1792-1806.
- [5] Rani, S.J., & Usha, R. Transgenic plants: types, benefits, public concerns and future. *J Pharmacy Res*. 2013, 6(8), 879-883.
- [6] Bahagiawati, B., & Sutrisno, S. Pemanfaatan tanaman hasil rekayasa genetik: status, regulasi, dan metode deteksi di Indonesia. *J AgroBiogen*. 2007, 3(1), 40.
- [7] Ketut, W. *Pertanian Berkelanjutan Sebuah Pendekatan Konsep dan Praktis*. Swasta Lulus: Denpasar, Indonesia, 2020.
- [8] Bahagiawati, & Bermawi N. Potensi sumbangan kapas bt untuk peningkatan produksi kapas di Indonesia. *J AgroBiogen*. 2018, 13(2), 137.
- [9] Wardianingsih, R., & Dahiri. 2021. Upaya mewujudkan swasembada gula nasional. *Bul APBN*. 2021, 4(20), 3-6.
- [10] Pramuhadi, G. 2016. Faktor iklim pada budidaya tebu lahan kering. *J Pangan*. 2016, 19(4), 331-344.
- [11] Abdurrakhman, Heliyanto, B., Djumali, Damanhuri, & Ardiarini, N.R. Daya hasil genotipe harapan tebu di lahan kering. *Bul Tan, Tembakau, Serat & Minyak Industri*. 2018, 10, 32-38.
- [12] BPOM. 2022. Pangan Produk Rekayasa Genetika dan Pengkajian Keamanannya di Indonesia. Info POM Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. <https://standarpangan.pom.go.id/produk-standardisasi/produk-rekayasa-genetik?resetfilters=0&clearordering=0&clearfilters=0&limitstart7=30> [diakses pada 26 Juni 2022].
- [13] Nurmalasari M., & Murdiyatmo, U. Peragaan tebu produk rekayasa genetika (prg) toleran kekeringan pada berbagai tipe lahan dan iklim. Makalah Seminar Kongres IKAGI di Surabaya. 2012, 1-60.
- [14] Siswoyo, T.A., Sugiharto, B., & Subagio, A. *Pusat Unggulan Bioteknologi Tanaman Industri*. Universitas Jember. 2018. UNEJ
- [15] Universitas Jember. 2019. *Produsen Gula Terbesar Di Afrika Tertarik Tanam Tebu Varietas Tahan Kering Karya Peneliti Universitas Jember*. <https://unej.ac.id/produsen-gula-terbesar-di-afrika-tertarik-tanam-tebu-varietas-tahan-kering-karya-peneliti-universitas-jember/> [diakses pada 26 Juni 2022].
- [16] *Tabloid sinar tani*. 2016. *Melirik Tebu Transgenik*. <https://tabloidsinartani.com/detail/indeks/komoditi/3005-melirik-tebu-transgenik>. [Diakses pada 26 Juni 2022].
- [17] Krisnamurthi, B. Manfaat jagung dan peran produk bioteknologi sereal dalam menghadapi krisis pangan, pakan dan energi di Indonesia. *Pros Pekan Sereal Nas*. 2010, 2-7.
- [18] Kompas. 2021. *Kementan: Kebutuhan Jagung Capai 14,37 Juta Ton Per Tahun*. <https://money.kompas.com/read/2021/11/24/112000526/kementan-kebutuhan-jagung-capai-1437-juta-ton-per-tahun>. [Diakses pada 26 Juni 2022].
- [19] Wanto, A. Prediksi produktivitas jagung di Indonesia sebagai upaya antisipasi impor menggunakan jaringan saraf tiruan backpropagation. *SINTECH J*. 2019, 2(1), 53-62.
- [20] Sustiprijatno. 2016. *Jagung Transgenik Dan Perkembangan Penelitian Di Indonesia*. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian. 2. BB BIOGEN.
- [21] Herman, M. Sebelas tahun perkembangan jagung bt dan statusnya secara global. *J AgroBiogen*. 2016, 3(2), 73-79.
- [22] LPPM IPB Bogor. 2010. *Jatim Potensial Dikembangkan Jagung Transgenik*. <https://kominfo.jatimprov.go.id/read/umum/22935>. [Diakses pada 26 Juni 2022].
- [23] Ariyanti, N., Razaq, K., Aprilia, M., N. S. J. Dan, N.S.J. & Arahant, N. Aspek ekonomi dari budidaya tanaman kapas (*Gossypium hirsutum* L.) di Indonesia. 2018, (90335).
- [24] Mustiawan, A., Yamin, M., Palopo, U.C., & Palopo, K. Karakter agronomi kapas (*Gossypium hirsutum*) var. kanesia 10 di kota Palopo. *Pros Sem Nas*. 2019, 04(1), 326-333.
- [25] Badan Pusat Statistik. *Data Impor Kapas di Indonesia Tahun 2022*. <https://www.bps.go.id/exim/>
- [26] Bahagiawati, & Bermawie, N. 2017. Potensi sumbangan kapas bt untuk peningkatan produksi kapas di Indonesia (Potential contribution of bt cotton to the increase of cotton production in Indonesia). *J AgroBiogen*. 2017, 13(2), 137-146.
- [27] Bermawie, Bahagiawati, N., Mulya, K., Santoso, D., Sugiarto, B., Juliantini, E., Syahyuti, Rizal, Hasnam, Herman, M. & Trisyono, Y.A. 2003. *Perkembangan dan Dampak Pelepasan Produk Rekayasa Genetika*

dan Produk Komersialnya (Kasus Kapas Bollgard dan Kedelai Impor). Jakarta: Departemen Pertanian-KLH.

- [28] Lokollo, E.M., Syam, A. & Zakaria, A.K. Kajian sosial ekonomi pengembangan kapas transgenik di Sulawesi Selatan MT. 2001. Bogor, Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi Pertanian.

[29] Krisnawati, A. Soybean as source of functional food. *Iptek Tanaman Pangan*. 2017, 12(1), 57-65.

- [30] Kemendag. Profil Komoditas Kedelai. Kementerian Perdagangan: Jakarta, Indonesia. 2018. _____