

Perkembangan Bioteknologi dalam Bidang Pangan melalui Rekayasa Genetik: Manfaat dan Potensi Risiko

Muh. Risal

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Universitas Negeri Makassar

*Email: risalunm@gmail.com

Article Info

Article history:

Received Juli 12, 2026

Revised Agus 20, 2026

Accepted Online Sep 06, 2026

Keyword:

Bioteknologi,
DNA

Fermantasi

Rekayasa genetik

Pangan

ABSTRAK

Rekayasa genetik pangan merupakan salah satu perkembangan teknologi dalam bidang pertanian dan pangan yang memiliki berbagai manfaat, tetapi juga menimbulkan kontroversi di masyarakat. Genetic Engineering (rekayasa genetika) merupakan teknologi yang memungkinkan modifikasi materi genetik pada tumbuhan, hewan, maupun mikroorganisme untuk menghasilkan karakteristik tertentu sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Praktik perubahan sifat tanaman sebenarnya telah dilakukan manusia sejak dahulu melalui pemuliaan tanaman secara konvensional. Namun, perkembangan bioteknologi modern memungkinkan perubahan gen dilakukan secara lebih spesifik dan terarah. Saat ini, beberapa bahan pangan yang dikonsumsi masyarakat berasal dari organisme hasil rekayasa genetika atau mengandung bahan yang telah mengalami modifikasi genetik. Teknologi tersebut berpotensi memberikan manfaat, seperti meningkatkan produktivitas pertanian, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap hama dan penyakit, serta menghasilkan tanaman dengan kandungan gizi tertentu. Meskipun demikian, penerapannya tetap perlu memperhatikan berbagai kemungkinan risiko. Beberapa potensi risiko rekayasa genetik pangan antara lain perubahan kandungan atau kualitas gizi, potensi toksisitas, kemungkinan munculnya resistensi terhadap antibiotik, serta potensi alergenitas. Selain itu, terdapat kekhawatiran mengenai dampak jangka panjang terhadap kesehatan, termasuk kemungkinan efek karsinogenik, meskipun hal tersebut perlu dibuktikan melalui penelitian ilmiah. Dari aspek lingkungan, risiko yang perlu diperhatikan meliputi pencemaran genetik, transfer gen ke tanaman liar, gangguan terhadap keanekaragaman hayati, dan kemungkinan munculnya organisme yang tidak diharapkan. Di samping aspek kesehatan dan lingkungan, rekayasa genetik pangan juga menimbulkan perdebatan terkait agama, budaya, etika, serta penerimaan masyarakat.

Corresponding Author:

Muh. Risal

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Makassar

PENDAHULUAN

Rekayasa genetik pangan merupakan salah satu perkembangan teknologi dalam bidang pertanian dan pangan yang memiliki berbagai manfaat, tetapi juga menimbulkan kontroversi di masyarakat. Genetic Engineering (rekayasa genetika) merupakan teknologi yang memungkinkan modifikasi materi genetik pada tumbuhan, hewan, maupun mikroorganisme untuk menghasilkan karakteristik tertentu sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Praktik perubahan sifat tanaman sebenarnya telah dilakukan manusia sejak dahulu melalui pemuliaan tanaman secara konvensional. Namun, perkembangan bioteknologi modern memungkinkan perubahan gen dilakukan secara lebih spesifik dan terarah.

Saat ini, beberapa bahan pangan yang dikonsumsi masyarakat berasal dari organisme hasil rekayasa genetika atau mengandung bahan yang telah mengalami modifikasi genetik. Teknologi tersebut berpotensi memberikan manfaat, seperti meningkatkan produktivitas pertanian, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap hama dan penyakit, serta menghasilkan tanaman dengan kandungan gizi tertentu. Meskipun demikian, penerapannya tetap perlu memperhatikan berbagai kemungkinan risiko.

Beberapa potensi risiko rekayasa genetik pangan antara lain perubahan kandungan atau kualitas gizi, potensi toksisitas, kemungkinan munculnya resistensi terhadap antibiotik, serta potensi alergenitas. Selain itu, terdapat kekhawatiran mengenai dampak jangka panjang terhadap kesehatan, termasuk kemungkinan efek karsinogenik, meskipun hal tersebut perlu dibuktikan melalui penelitian ilmiah. Dari aspek lingkungan, risiko yang perlu diperhatikan meliputi pencemaran genetik, transfer gen ke tanaman liar, gangguan terhadap keanekaragaman hayati, dan kemungkinan munculnya organisme yang tidak diharapkan. Di samping aspek kesehatan dan lingkungan, rekayasa genetik pangan juga menimbulkan perdebatan terkait agama, budaya, etika, serta penerimaan masyarakat. Oleh karena itu, penerapan teknologi ini perlu dilakukan secara hati-hati, melalui penelitian, pengujian keamanan, pengawasan, dan regulasi yang memadai.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur dengan pendekatan deskriptif kualitatif. Metode ini dipilih untuk memperoleh informasi dan pemahaman yang lebih mendalam mengenai rekayasa genetik pangan, manfaat, potensi risiko, serta kontroversi yang menyertainya. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber terpercaya, seperti jurnal ilmiah, buku, artikel penelitian, laporan lembaga resmi, dan sumber akademik lainnya yang relevan dengan topik penelitian. Tahapan penelitian dimulai dengan menentukan topik dan permasalahan mengenai penerapan rekayasa genetik dalam bidang pangan. Selanjutnya, dilakukan pencarian dan pengumpulan berbagai literatur yang membahas pengertian rekayasa genetika, penerapannya pada tanaman pangan, manfaat pangan hasil rekayasa genetika, risiko terhadap kesehatan dan lingkungan, serta aspek sosial, budaya, agama, dan etika. Data yang telah terkumpul kemudian diseleksi berdasarkan relevansi dan kredibilitas sumber. Setelah itu, informasi dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan berbagai hasil penelitian dan pendapat yang terdapat dalam literatur. Hasil analisis selanjutnya disusun secara sistematis untuk memberikan gambaran mengenai manfaat dan potensi risiko rekayasa genetik pangan.

Melalui metode ini, penelitian diharapkan dapat memberikan pemahaman yang objektif mengenai rekayasa genetik pangan serta menjadi bahan pertimbangan dalam melihat perkembangan teknologi pangan secara kritis dan bertanggung jawab.

PEMBAHASAN

Produksi makanan dengan proses mengubah bahan baku dari tanaman atau hewan telah dilakukan sejak dulu dengan menggunakan api. Sejarah produksi bioteknologi pangan dimulai dengan produksi makanan fermentasi seperti wine, roti atau keju. Baik pemanasan makanan dan aplikasi fermentasi menghasilkan peningkatan signifikan pada keamanan dan kualitas pangan (de Vos, 1999).

Tabel 1. Kronologi Bioteknologi Pangan (Hulse, 2004) :

Tahun	Peristiwa
Milenium ke-4	Orang Mesir mengembangkan penggilingan gabah, baking, membuat bir.
Milenium ke-3	Orang Mesir dan Sumeria pengawetkan susu, sayur dengan fermentasi asam.
Milenium pertama	Freeze-drying udara terbuka kentang oleh Andean Amerindians.
Abad ke-4	Aristotle mengklasifikasikan tanaman dan hewan. Theophrastus menulis "History of Plant"
Abad ke-18	Linnaeus (Swedia) membuat formula taksonomi klasifikasi tanaman dan hewan.
	Spallanzani (Italia) mensterilisasi makanan dan bahan organik dengan memanaskan dalam tangki kedap udara.
	Spallanzani mendemonstrasikan fertilisasi telur dengan spermatozoa.
	1820. Bracconot (Francis) menghidrolisa gelatin untuk memproduksi glycine, daging, dan wool-leucine.
	1840-50s. J. von Liebig mengenali protein, lemak, karbohidrat, dan berbagai mineral penting untuk nutrisi manusia dan hewan.
Abad ke-19	1854. Lawes & Gilbert (UK) mendemonstrasikan perbedaan nilai nutrisi antara tanaman berprotein yang diumpakan ke babi.
	1825. F. B. Raspall menggunakan iodine sebagai pewarna untuk menampilkan distribusi pati dalam sel tanaman, dikenal sebagai bapak histo-chemistry.
	1827. K. E. von Baer (Estonian) mendeskripsikan telur mamalia.
	1830. Robert Brown (Scotland) mendeskripsikan nukleus sel tanaman.
	1860s. Louis Pasteur (French) membuktikan bahwa mikroba adalah penyebab bukan hasil dari fermentasi dari barang yang telah busuk.
Abad ke-20	1866. Gregor Mendel mengidentifikasi sifat yang diwariskan dari varietas kacang polong yang berbeda. Hasil penemuan Mendel ditolak sampai ditemukan lagi oleh peneliti Amerika pada 1900.
	1883. Johann Kjeldahl (Netherland), menemukan metode analisa nitrogen dalam protein.
	Pengakuan teori Mendel tentang penurunan sifat pada semua tanaman dan hewan.
	1980/90s. Rockafella Foundation dan International Rice Research Institute menemukan cara transgenik untuk mentransfer sifat anti hama antara <i>Oryza spp.</i> liar dan hasil panen, dikembangkan pangan transgenik lain.

Perkembangan kemajuan atau kronologi dari bioteknologi pangan menurut Hulse (2004) dimulai dari milenium ke-4 (Tabel 1).

Bioteknologi pangan tradisional

Proses fermentasi adalah proses tradisional untuk meningkatkan daya simpan hasil pertanian seperti susu, sayuran, dan daging. Banyak sekali jenis fermentasi makanan dan minuman yang dilakukan di beberapa negara berkembang terutama di Asia Tenggara. Di Amerika Utara dan Eropa mempunyai sistem distribusi yang cepat dan terdapat sistem cooling dan freezing sehingga membuat proses fermentasi tidak terpakai lagi. Tren ini tidak berlangsung lama, lebih banyak orang dan perusahaan makanan tertarik pada makanan alami dan tradisional. Industri makanan dan minuman terus mengalami inovasi untuk memenuhi daya tahan dan kealamiannya.

Fermentasi untuk semua makanan dan minuman alami Fermentasi membawa rasa yang unik dan bermanfaat bagi konsumen. Fermentasi adalah cara tradisional yang dapat dikembangkan menjadi proses yang lebih besar. Contohnya adalah produksi kefir (Dobson et al., 2011). Kefir adalah minuman tradisional cair terfermentasi menggunakan campuran bakteri asam laktat, yeast, dan jamur untuk fermentasi susu. Fermentasi susu menghasilkan produk seperti yoghurt dan sedikit produk alkohol yang dikonsumsi oleh jutaan orang terutama di Eropa Timur (Guzel-Seydim et al., 2011). Proses fermentasi dilakukan di rumah atau dekat dengan kompor menggunakan kefir yang diproduksi sebelumnya atau granula kefir kecil yang dibeli di toko bahan makanan sebagai inokulum. Sekarang ini, perusahaan susu meng-upscale proses ini dalam skala industri menggunakan kultur starter aktif dan stabil hanya untuk produk utama susu yaitu yoghurt dan keju. Tantangan utama perusahaan ini adalah menyiapkan minuman keluarga dengan kualitas baik dan tanpa alkohol. Fermentasi harus menggunakan kontrol dengan kultur starter yang terstandarisasi dan kondisi fermentasi yang sama (temperatur rendah).

Pendekatan kedua setelah berhasil melebarkan skala produksi adalah mengembangkan proses fermentasi pada substrat lain. Kefir adalah produk peternakan tradisional menggunakan susu sebagai substrat. Perkembangan terbaru adalah menggunakan kultur kefir untuk fermentasi substrat lain seperti jus buah, produknya dikenal sebagai kefir buah (Dufresne and Farnworth, 2000).

Fermentasi untuk menambah kandungan dalam makanan Lebih dari 10 tahun yang lalu, proses fermentasi diakui sebagai cara yang relatif mudah dan dapat meningkatkan tingkat vitamin pada makanan dan minuman. Contoh pada aplikasi produk peternakan yang mengalami peningkatan secara alami antara lain riboflavin (Burgess et al., 2004), folat (Sybesma et al., 2003), vitamin B12 (Taranto et al., 2003), vitamin K2 (Tani, 1992), dan vitamin lainnya. Beberapa proses fermentasi terbaru menunjukkan peningkatan vitamin karena penggunaan *Lactobacillus plantarum*, bakteri asam laktat ini dapat ditemukan pada hasil pertanian termasuk produk hewan. *Lactobacillus plantarum* dapat menghasilkan folat (Hugenschmidt et al., 2000). Fermentasi melon menggunakan bakteri asam laktat *Lactobacillus plantarum* dan *Lactobacillus reuteri* menunjukkan produksi folat yang lebih tinggi dibandingkan dengan substrat alami lain (Santos et al., 2008). Penambahan vitamin dideskripsikan pada beberapa jenis makanan fermentasi

antara lain kecap (Champagne et al., 2010), kimchi (Kwak et al., 2010), dan lain-lain.

Fermentasi untuk mencegah obesitas

Pada beberapa negara lebih dari setengah populasinya mengalami kelebihan berat badan. Penduduk yang mengalami kelebihan berat badan ini tidak hanya tidak disiplin dengan makan terlalu banyak dan kurang olah raga, tetapi banyak dari mereka telah terserang obesitas yang membutuhkan peanganan dokter. Industri makanan dan minuman mencoba untuk peduli pada isu kesehatan ini dengan mengurangi kalori karbohidrat dalam makanan dan minuman. Fermentasi akan mengurangi kalori dengan mengkonversi gula menjadi asam organik atau etanol, meskipun maksimum kalori yang dapat dikurangi tidak dapat lebih dari 25%.

Fermentasi untuk meningkatkan aktifitas antioksidan

Beberapa buah dan sayuran sangat disukai karena kandungan alami antioksidan seperti lycopen (tomat), equol (kedelai), resveratrol (anggur merah, berry, pomegranate), hesperidin dan naringin (jeruk), dan quercetin (buah, sayur). Antioksidan dapat melindungi buah atau jus buah secara langsung dari oksidasi dan browning serta perubahan rasa yang tidak diinginkan, di samping itu aktifitas antioksidan dalam tubuh dapat melindungi sel dari radikal oksidatif.

Kinerja antioksidan dipengaruhi oleh bagaimana antioksidan dapat diubah dalam tubuh. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa aktifitas enzimatis dan mikroba (fermentasi) dapat mengubah antioksidan polyphenol seperti hesperidin (Jin et al., 2010; Nielses et al., 2006) dan equol (Di Cago et al., 2010; Chien et al., 2006) lebih efisien. Fermentasi dapat mempengaruhi kesehatan konsumen dengan meningkatkan antioksidan.

Fermentasi untuk memperpanjang waktu simpan; Produk fermentasi tradisional mempunyai daya simpan yang relatif lama yaitu sekitar 4 minggu untuk produk peternakan cair dan setahun atau lebih untuk beberapa sosis kering terfermentasi dan minuman beralkohol. Makanan dan minuman non alkohol terfermentasi biasanya masih mengandung banyak residu gula dan beberapa asam amino, vitamin, dan mineral yang dapat menjadi tempat pertumbuhan mikroorganisme terutama yeast atau jamur. Para peneliti mikrobiologi pangan berusaha untuk menemukan mikroorganisme, terutama bakteri asam laktat yang dapat memproduksi komponen antifungal. Beberapa komponen antifungal yang telah diuraikan antara lain siklus peptida dan metabolit seperti 3-phenyllactic. Produsen anti fungal dapat digunakan untuk memperpanjang daya simpan buah segar seperti anggur dan pir (Crowley et al., 2012). Produsen anti fungal dapat melawan pertumbuhan fungal pada jus buah.

Bioteknologi pangan modern

Hampir tidak ada produk makanan di supermarket yang tidak dihasilkan dari hasil kemajuan perkembangbiakan tanaman. Teknologi modern yang telah dilakukan untuk tanaman atau hewan pangan yaitu dengan rekayasa genetik. Bentuk rekayasa genetik telah dipraktekkan oleh petani dengan pembibitan silang tanaman dan hewan untuk meningkatkan atribut tertentu, melalui pengumpulan dan penanaman benih biji-bijian yang lebih gemuk, pemilihan hewan yang lebih gemuk untuk dikembangbiakan dan pemupukan silang tanaman untuk menciptakan

varietas baru yang memiliki sifat- sifat yang diinginkan dari tanaman induk (Schardt, 1994). Penyilangan dalam pembibitan tanaman secara tradisional bersifat acak dan tidak pasti, serta membutuhkan waktu 20 tahun untuk menghasilkan varietas baru yang komersial. Dengan metode ini, petani atau peternak hanya dapat menyilangkan tanaman dengan tanaman kerabat dekatnya (Phillips, 1994).

Makanan hasil rekayasa genetika pertama kali muncul di pasaran pada tahun 1960. Pada tahun 1967, ditemukan varietas kentang baru yang disebut Lenape dengan kandungan padatan yang tinggi dan dimanfaatkan untuk pembuatan kripik kentang. Setelah dua tahun, ditemukan dalam varietas kentang baru ini terdapat racun Solanin. Akibatnya, kentang ini ditarik dari pasar oleh USDA. Adanya racun di dalam kentang ini menunjukkan bahwa perubahan rekayasa genetik tanaman atau hewan memiliki kemungkinan efek yang tidak terduga (McMillan and Thompson, 1979). Meskipun demikian, pemuliaan tanaman memiliki catatan keamanan yang baik dan telah berhasil menghilangkan unsur – unsur beracun di beberapa makanan.

Pada tahun 1979, di Cornell University, New York, para ilmuwan memulai penelitian pertama mengenai recombinant bovine somatotropin (rBST) yaitu hormone pertumbuhan sintetis untuk sapi. Hormon ini disuntikkan ke sapi perah untuk meningkatkan produksi susu. Pada tahun 1980-an, para peneliti di Amerika Serikat (Perusahaan Monsanto), Jerman Barat (Max Planck Institute), dan Belgia menemukan metode untuk menciptakan tanaman transgenik dengan menggunakan bakteri patogen, *Agrobacterium tumefaciens* (Zambrynski et al., 1983). Para peneliti memasukkan gen baru ke dalam tanaman dengan bantuan bakteri dan juga memperkenalkan gen resistensi kanamycin untuk memilih transformasi sel (Bevan et al., 1983). Teknik ini menjadi berguna dan telah digunakan untuk memperkenalkan sifat – sifat lainnya ke tanaman (Hinchee et al., 1988) termasuk sifat pematangan lambat tomat.

Tahun 1983 sampai 1989 terjadi perkembangan lebih canggih pada teknik rekombinan DNA yang memungkinkan transformasi genetik tanaman dan hewan. Selama periode ini, pemerintah Amerika Serikat memberikan persetujuan penggunaan rBST pada sapi perah. Pemerintah Amerika Serikat juga memberikan kerangka untuk mengatur bioteknologi pada tiga lembaga yaitu Food and Drug Administration (FDA), US Department of Agriculture (USDA), dan Environmental Protection Agency (EPA) (Phillips, 1994).

Pada tahun 1990-an, makanan hasil rekayasa genetik pertama kali tersedia untuk masyarakat umum. American Medical Association (AMA) dan National Institute of Health (NIH) secara independen menyimpulkan bahwa daging dan susu dari sapi yang diberi rBST sama amannya dengan sapi biasa. Setahun kemudian, American Pediatric Association juga menyetujui rBST. Pada tahun 1993, FDA memberikan persetujuan untuk penggunaan rBST pada sapi perah. Peneliti dari Universitas Cornell juga menghasilkan rPST (recombinant porcine somatotropin) yang digunakan pada babi untuk menghasilkan daging babi tanpa lemak. rPST juga mengurangi konsumsi pakan ternak tetapi meningkatkan produksi daging babi. Pada tahun 1994, FDA akhirnya memberikan persetujuan untuk Calgene Corporation yaitu tomat Flavr Savr untuk dipasarkan (Thayer, 1994).

Kloning hewan ternak di Skotlandia dari sel janin dan embrio (Dyer, 1996) dan yang mengejutkan dari sel mamalia dewasa (Koch, 1998), penggunaan teknik ‘gene gun’ atau ‘biolistic gun’ (bukan menggunakan *Agrobacterium*) untuk menembak gen asing langsung ke kromosom dari beberapa tanaman (Lesney, 1999), serta produksi tanaman yang memiliki resistensi terhadap herbisida dan hama oleh beberapa perusahaan penghasil benih (Liu, 1999)

Potensi Risiko Bioteknologi Pangan; Rekayasa genetik makanan tidak hanya menyoroti keamanan, efek alergi, karsinogenitas, dan kualitas gizi makanan berubah, tetapi juga masalah lingkungan. Mereka mengkhawatirkan terjadinya kesalahan dari teknik transfer gen ini. Menurut Phillips (1994), materi genetik yang baru terkadang tidak berhasil dipindahkan ke sel target, atau mungkin dipindahkan ke tempat yang salah pada rantai DNA dari organisme sasaran, atau gen baru kemungkinan secara tidak sengaja mengaktifkan gen didekatnya yang biasanya tidak aktif, atau mungkin mengubah atau menghambat fungsi gen yang lain dan menyebabkan mutasi yang tidak terduga sehingga membuat tanaman yang dihasilkan beracun, tidak subur dan tidak layak. Berikut ini beberapa potensi risiko atau permasalahan yang mungkin terjadi : (1) Perubahan kualitas gizi makanan (Phillips, 1994), (2) Resistensi antibiotik (Phillips, 1994), (3) Potensi racun dari makanan rekayasa genetik (Phillips, 1994); (4) Potensi alergi dari makanan rekayasa genetik (Coleman, 1996), (5) Transfer gen yang tidak disengaja pada tanaman liar (Phillips, 1994), (6) Kemungkinan pembentukan virus dan racun baru (Phillips, 1994), (7) Keterbatasan akses terhadap benih dengan adanya paten dari tanaman hasil rekayasa genetik (Koch, 1998), (8) Ancaman terhadap keragaman genetik tanaman (Koch, 1998; Phillips, 1994), (9) Kekhawatiran agama/budaya/etika (Crist, 1996; Robinson, 1997), (10) Kekhawatiran karena tidak ada pelabelan pada makanan rekayasa genetik (Hoef et al., 1998).

Berikut adalah beberapa penemuan unik dalam bioteknologi pangan dari tahun ke tahun yang menunjukkan kemajuan dan inovasi dalam bidang ini:

- a. Fermentasi Modern: Penemuan teknik fermentasi yang lebih efisien dan terstandarisasi telah menghasilkan produk makanan seperti yogurt dan kefir dengan manfaat kesehatan yang lebih tinggi. Proses ini menggunakan mikroorganisme yang telah dimodifikasi untuk meningkatkan kandungan probiotik dan kualitas nutrisi produk.
- b. Rekayasa Genetika pada Tanaman: Sejak tahun 1996, pengembangan varietas tanaman hasil rekayasa genetik telah meningkat pesat. Contohnya, varietas padi dan jagung yang tahan terhadap hama dan kondisi lingkungan yang ekstrem, seperti kekeringan dan salinitas, telah berhasil dikembangkan di beberapa negara, termasuk India dan Filipina.
- c. Mikroba untuk Peningkatan Hasil Pertanian: Penemuan terbaru menunjukkan bahwa mikroba tertentu dapat digunakan untuk meningkatkan kesuburan tanah dan hasil pertanian. Mikroba ini membantu dalam proses dekomposisi bahan organik dan meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman, yang berkontribusi pada produktivitas yang lebih tinggi.
- d. Pengembangan Produk Pangan Berbasis Alga: Alga sebagai sumber pangan alternatif telah mendapatkan perhatian. Penelitian menunjukkan bahwa alga

dapat diproses menjadi produk pangan bergizi tinggi dan ramah lingkungan, serta dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan.

- e. Teknologi CRISPR: Penggunaan teknologi CRISPR dalam rekayasa genetika tanaman telah memungkinkan para ilmuwan untuk melakukan modifikasi genetik dengan lebih tepat dan efisien. Ini membuka peluang untuk menciptakan varietas tanaman yang lebih unggul dalam hal ketahanan terhadap penyakit dan peningkatan nilai gizi.

Penemuan-penemuan ini mencerminkan kemajuan signifikan dalam bioteknologi pangan, yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas, kuantitas, dan keberlanjutan produksi pangan di seluruh dunia.

KESIMPULAN DAN SARAN

Bioteknologi sangat penting dalam bidang pangan karena dapat membantu meningkatkan kualitas dan mutu produk yang dihasilkan. Pemanfaatan bioteknologi dalam bidang pangan telah berkembang seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Pada awalnya, bioteknologi pangan banyak dilakukan melalui proses sederhana dan tradisional, seperti fermentasi dalam pembuatan tempe, tape, yoghurt, keju, dan berbagai produk pangan lainnya. Seiring berjalannya waktu, teknologi tersebut semakin berkembang sehingga dapat digunakan untuk menghasilkan produk pangan yang lebih berkualitas, memiliki nilai gizi yang lebih baik, lebih tahan terhadap kerusakan, serta memiliki daya simpan yang lebih panjang.

Perkembangan bioteknologi juga memberikan berbagai peluang dalam mengatasi permasalahan pangan. Melalui penerapan bioteknologi, produksi pangan dapat ditingkatkan sehingga mampu memenuhi kebutuhan masyarakat yang terus bertambah. Selain itu, bioteknologi dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan tanaman yang lebih tahan terhadap hama dan penyakit, meningkatkan kandungan nutrisi pada bahan pangan, serta mengembangkan produk pangan baru yang memiliki nilai ekonomi lebih tinggi. Dengan demikian, bioteknologi dapat menjadi salah satu teknologi yang mendukung ketahanan dan kemandirian pangan suatu negara.

REFERENSI

- Alliance for Better Foods. Improving Agriculture through Biotechnology: Health and Nutritional Benefits of Food Biotechnology. 1999 Website: www.betterfoods.org/.
- Bevan MW, Flavell RB, Chilton MD. 1983. A chimaeric antibiotic resistant gene as a selectable marker for plant cell transformation. *Nature*. 304:184– 7.
- BIO. Member survey. Biotechnology Industry Organization. 1998. Web site: www.BIO.org.
- Brown KS. 1996. Prescription: one plant please. *Bioscience*. 46(2):82.

- Burgess C, O'connell-Motherway M, Sybesma W, Hugenholtz J, van Sinderen D. 2004. Riboflavin production in *Lactococcus lactis*: potential for in situ production of vitamin-enriched foods. *Appl. Environ. Microbiol.* 70:5769-5777.
- Campbell POQ. 1996. Super foods agricultural product and genetic engineering. *Biology Digest* 1(23) : 10-7
- Clinton SK. 1998. Lycopene: chemistry, biology, and implications for human health and disease. *Nutr.Rev.* 56:35–51.
- Champagne CP, Tompkins TA, Buckley ND, Green- Johnson JM. 2010. Effect of fermentation by pure and mixed cultures of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus helveticus* on isoflavone and B-vitamin content of a fermented soy beverage. *Food Microbiol.* 27:968-972.
- De Vos WM. 1999. Food biotechnology frontiers of food functionality. *Current Opinion in Biotechnology.* 10:483-484.
- Dyer O. 1996. Sheep cloned by nuclear transfer. *Br.*
- Gray SN. 1998. Fungi as potential bioremediation agents in soil contaminated with heavy or radioactive metals. *Biochem. Soc. Trans.* 26(4) :666–70.
- Guzel-Seydim ZB, Kok-Tas T, Greene AK, Seydim AC. 2011. Review: functional properties of kefir. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 51:261-268.
- Habibi-Najafi MB. 2006. Food biotechnology and its impact on our food supply. *Global Journal of Biotechnology & Biochemistry.* 1(1):22-27.
- Hinchee MAW, Connor-Ward DV, Newell CA, McDonnell RE, Sato SJ, Gasser CS, Fischhoff DA, Re DB, Fraley RT, Horsch RB. 1988. Production of transgenic soybean plants during *Agrobacterium*-mediated DNA transfer. *Bio/Technology.* 53(5):50–3
- Hoef AM, Kok EJ, Bowo E, Kuiper HA, Keijer J. 1998. Development and application of a selective detection method for genetically
- Kwak CS, Lee MS, Lee HJ, Whang JY, Park SC. 2010. Dietary source of vitamin B12 intake and vitamin B12 status in female elderly Korean s aged 85 years and older living in rural area. *Nutr. Res. Pract.* 4:229-234.
- Lesney MS. 1999. The Garden of Dr. Moreau: plant biotechnology as a chemical enterprise. Genetically modified foods are the fore-runners of designer chemical plants. *Today's Chemist at Work.* 8(6):28–33.
- Liu K. 1999. Biotech crops: products, properties and prospects. *Food Technology.* 53(5):42–9.
- Losey JE, Rayor LS, Carter ME. 1999. Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature.* 399:214.
- McMillan M, Thompson JC. 1979. An outbreak of suspected solanine poisoning in school boys: examinations of criteria of solanine poisoning. *Q.J. Med.* 48:227–43.
- Nielsen IL, Chee WS, Poulsen L, Offord-Cavin E, Rasmussen SE, Frederiksen H, Enslin M, Barron D, Horcadaja MN, Williamson G. 2006. Bioavailability is improved by enzymatic modification of the citrus flavonoid hesperidin in humans: a randomized, doubleblind, crossover trial. *J. Nutrition.* 136:404-408.
- Phillips SC. 1994. Genetically engineered foods: do they pose health and environmental hazards? *CQ Researcher.* 4(29):673–96.

Indonesian Journal of Science and Public Health
Volume 3 Nomor 2 Mei – Agustus 2026

- Robinson C. 1997. Genetically modified foods and consumer choice. Trends in Food Science and Technol. 8:84–8.
- Rudnitsky H. 1996. Another agricultural revolution: genetically altered seeds hold great promise for seed companies and for the fast growing world population. Forbes Magazine. 157(10):159.
- Sloan AE. 1999. The new market: foods for the not-so- healthy. Food Technol. 53(2):54–60.