

INOVASI UBI KAYU TRANSGENIK MENGGUNAKAN TEKNOLOGI CRISPR-CAS9 SEBAGAI UPAYA PEMENUHAN KEBUTUHAN PANGAN MASA DEPAN

INNOVATION OF TRANSGENIC TIMBER USING CRISPR-CAS9 TECHNOLOGY AS AN EFFORT TO FULFILL FUTURE FOOD NEEDS

May Ningsih Wigati¹, Nurul Fajar Amini¹, dan Esna Dilli Novianto^{2*}

¹Mahasiswa Program Studi Agroteknologi, Universitas Tidar, Indonesia

²Program Studi Agroteknologi, Universitas Tidar, Indonesia

Keywords:

Food diversification, Cassava, Genome editing, CRISPR-Cas9

ABSTRACT

The increasing population causes the need for food to continue to increase. This causes the dependence on rice to also increase. In fact until now, to meet the food needs of rice, the government. In fact, until now, to meet the food needs of rice, the government still has to import. For this reason, as an effort to reduce the dependence on rice consumption of the Indonesian people, the government is promoting a food diversification program. One of the commodities focused on in this program is cassava or cassava. However, in meeting nutritional needs, cassava still has a low protein content. For this reason, genome editing was carried out using the CRISPR-Cas9 technique. CRISPR-Cas9 is a technology that works for genome editing with the ability to find a specific place in DNA, to cut a small part of the DNA at that place, and edit that DNA. The application of the CRISPR-Cas9 technique to cassava resulted in a plant containing higher protein.

Kata Kunci:

Diversifikasi pangan, Ketela pohon, *Genome editing*, CRISPR-Cas9

ABSTRAK

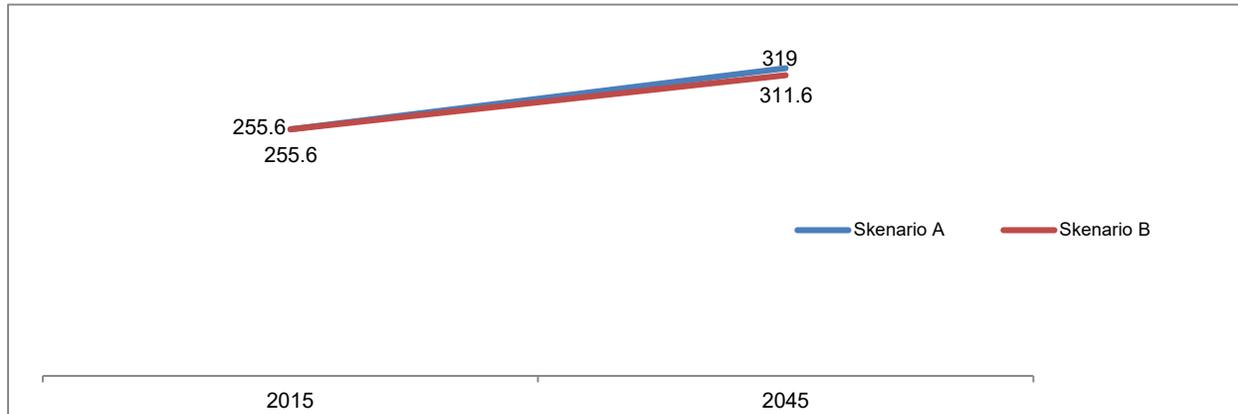
Jumlah penduduk yang kian meningkat menyebabkan kebutuhan pangan terus meningkat. Hal ini menyebabkan angka ketergantungan akan beras juga meningkat. Padahal hingga saat ini, untuk memenuhi kebutuhan bahan pangan beras, pemerintah masih harus melakukan impor. Untuk itu sebagai upaya menurunkan ketergantungan konsumsi beras masyarakat Indonesia, pemerintah menggalakkan program diversifikasi pangan. Salah-satu komoditas yang difokuskan dalam program ini yaitu ketela pohon atau ubi kayu. Namun, dalam pemenuhan kebutuhan gizi, ketela pohon masih memiliki kandungan protein yang rendah. Untuk itu dilakukan genome editing dengan teknik CRISPR-Cas9. CRISPR-Cas9 ini adalah teknologi yang bekerja untuk pengeditan genom dengan kemampuan menemukan tempat tertentu di DNA, untuk memotong sebagian kecil DNA di tempat itu, dan mengedit DNA tersebut. Penerapan teknik CRISPR-Cas9 terhadap ketela pohon menghasilkan tanaman yang mengandung protein yang lebih tinggi.

*Corresponding Author : dilli.novianto@untidar.ac.id

PENDAHULUAN / INTRODUCTION

Indonesia menempati posisi keempat negara dengan penduduk terbesar di dunia, setelah Republik Rakyat Tiongkok, India, dan Amerika Serikat (Satiti, 2019). Peningkatan penduduk di Indonesia dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan. Berdasarkan data Sensus

Penduduk tahun 2015 yang dipublikasikan oleh BPS tahun 2018, jumlah penduduk di Indonesia pada tahun 2015 sebesar 255,6 juta jiwa. Jumlah penduduk tersebut diperkirakan akan terus mengalami peningkatan yakni pada tahun 2045 akan mencapai 311,6-319,0 juta jiwa.



Grafik 1. Proyeksi penduduk Indonesia berdasarkan supas 2015-2045. Skenario A, tren fertilitas stagnan 2,1 sejak tahun 2020, tren mortalitas mengikuti target SDGs turun 3% setiap tahun sejak 2015; dan skenario B, tren fertilitas mengikuti penurunan tren fungsi logistik (BPS, 2018).

Jumlah penduduk yang bertambah sangat cepat menyebabkan kebutuhan pangan terus meningkat. Hal ini serupa dengan pernyataan Khairat & Syahni (2016) bahwa sejalan dengan pertumbuhan penduduk, kebutuhan pangan penduduk juga meningkat karena besarnya jumlah penduduk berkaitan langsung dengan penyediaan pangan. Rikumahu, dkk (2013) mengungkapkan hampir 97% penduduk Indonesia mengonsumsi beras sebagai makanan pokok utama. Menurut Ratnawati (2012) beras merupakan sumber karbohidrat yang tinggi sehingga dijadikan sebagai makanan pokok. Pernyataan lain juga disampaikan oleh Rikumahu, dkk (2013) bahwa kebanyakan masyarakat Indonesia ketergantungan terhadap beras dikarenakan adanya persepsi masyarakat terhadap beras yang dianggap sebagai makanan pokok, kandungan nutrisi dalam

beras, faktor mudah di dapat, mengenyangkan, rasa yang enak, dan mudah diolah.

Widiarti dan Santosa (2014) mengungkapkan bahwa salah satu program pemerintah dalam upaya menurunkan ketergantungan konsumsi beras masyarakat Indonesia yaitu menggalakkan program diversifikasi pangan. Dalam Kompas (2020) dinyatakan bahwa diversifikasi pangan difokuskan pada enam pangan lokal sumber karbohidrat nonberas yaitu ubi kayu (ketela pohon), jagung, sagu, pisang, kentang, dan sorgum. Kepala Biro Humas dan Informasi Publik Kementan Kuntoro Boga Andri menjelaskan bahwa ketela pohon sangat berpotensi dalam program ini karena produktivitasnya yang mencapai 10 ton per hektare.

Penelitian yang dilakukan Prabaswati (2011) menyatakan bahwa ketela pohon

mengandung karbohidrat dan serat yang cukup tinggi sehingga dijadikan sebagai bahan pangan. Ketela pohon segar memiliki komposisi kimiawi yang terdiri dari kadar air 60%, pati 35%, serat kasar 2,5%, kadar protein 1%, kadar lemak 0,5%, dan kadar abu 1%. Koswara (2013) dalam penelitiannya menambahkan bahwa dalam

ketela pohon segar terdapat kekurangan diantaranya kadar protein dan vitamin yang rendah, serta nilai gizi yang tidak seimbang. Selain itu, ketela pohon juga mengandung senyawa glikosida sianogenik dan apabila terjadi proses oksidasi oleh enzim linamarase maka akan dihasilkan glukosa dan asam sianida (HCN) yang terasa pahit.

No	Kandungan Gizi	Jumlah
1	Kalori	146 (kal)
2	Protein	1,2 (g)
3	Lemak	0,3 (g)
4	Karbohidrat	34 (g)
5	Air	62,50 (g)
6	Fosfor	40 (mg)
7	Kalsium	33 (mg)
8	Zat Besi	0,7 (mg)
9	Vitamin C	30 (mg)
10	Vitamin B1	0,06 (mg)
11	Serat	0,9 (g)

Tabel 1. Kandungan gizi dalam tiap 100 gram ketela pohon (Koswara, 2013).

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan ketela pohon kaya akan karbohidrat sehingga cocok digunakan sebagai bahan pangan pokok masyarakat. Namun, disisi lain ketela pohon rendah akan protein. Menyikapi masalah tersebut, penulis memiliki gagasan yaitu mewujudkan ketela pohon transgenik yang mengandung protein.

Selama ini teknologi transgenik yang digunakan adalah GMO (*Genetically Modified Organism*) dan *nuclease* artifisial. Tanaman yang sudah dikembangkan menggunakan teknik GMO diantaranya padi, tebu, tomat, ketela pohon, pepaya, dan tomat (Rahayu, 2015). Namun, penggunaan teknologi GMO tidak selalu menguntungkan karena beberapa penelitian

menunjukkan dampak negatif. Di India peningkatan jumlah tanaman kapas menggunakan teknologi GMO turut meningkatkan gen yang bukan target (Kranti, 2012). Menurut Bortesi dan Fisher (2015) *nuclease* artifisial memiliki potensi untuk mempercepat penelitian dasar dan pemuliaan tanaman melalui modifikasi genom secara tepat dan terprediksi.

Untuk sementara ini penelitian baru menggunakan teknologi GMO dan *nuclease* artifisial. CRISPR-Cas9 merupakan terobosan terbaru untuk pengeditan genom sehingga masih jarang dilakukan. Oleh karena itu, penulis memiliki inovasi untuk menciptakan tanaman hasil rekayasa genetika pada ketela pohon dengan menggunakan teknik CRISPR-Cas9.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi kebutuhan pangan Indonesia

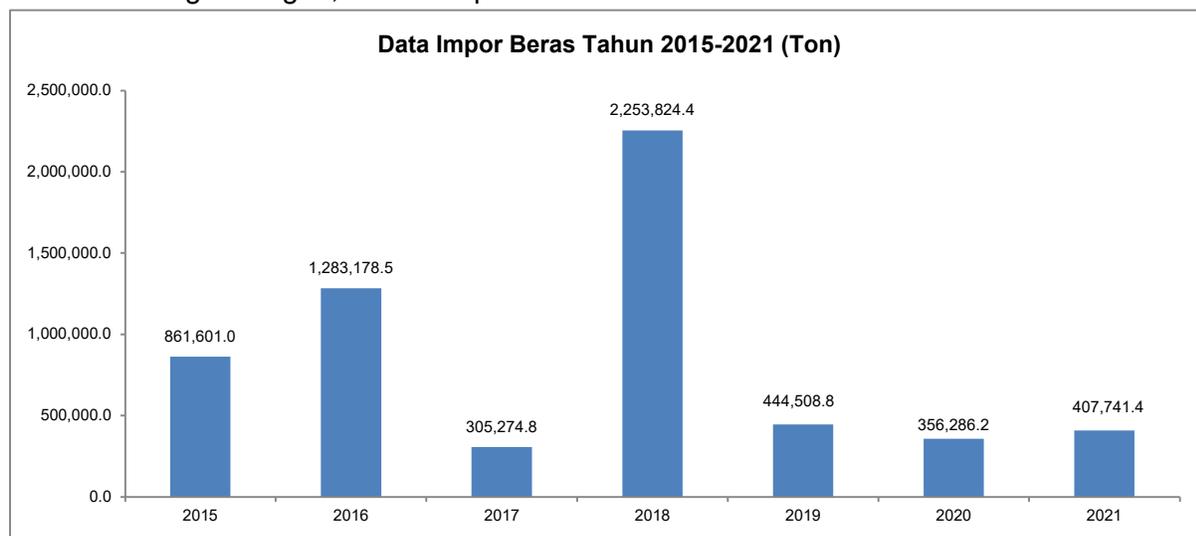
Peningkatan penduduk Indonesia tiap tahun yang makin meningkat menyebabkan kebutuhan pangan di Indonesia pun turut

meningkat. Sebagian besar masyarakat Indonesia mengonsumsi beras sebagai makanan utama. Hal ini menandakan masyarakat Indonesia ketergantungan

terhadap beras. Adanya produksi beras yang tidak sebanding dengan jumlah penduduk menyebabkan Indonesia harus impor.

Berdasarkan UU Nomor 12 Tahun 2018 tentang Pangan, ketika produksi

pangan tidak mencukupi di dalam negeri maka boleh dilakukan impor. Sepanjang tahun 2020, Indonesia telah mengimpor beras sebanyak 356 ribu ton CNN Indonesia (2021).



Grafik 2. Data Impor Beras Tahun 2015-2021 (BPS, 2022).

Berdasarkan BPS (2022) data impor beras di Indonesia mengalami naik turun yang tidak tetap dalam jumlah banyak. Hal ini menunjukkan ketidakstabilan dalam pemenuhan kebutuhan pangan di Indonesia. Apabila dibiarkan terus-menerus akan menyebabkan terjadinya ketergantungan impor bahan pangan pokok yang berupa beras dan menyebabkan semakin tingginya angka impor di Indonesia.

Adanya tingkat impor yang tinggi menyebabkan pemerintah harus melakukan penganeekaragaman pangan. Menurut UU Nomor 12 Tahun 2018 tentang Pangan, penganeekaragaman konsumsi pangan diarahkan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat dan membudidayakan pola konsumsi 7 pangan yang beragam, bergizi seimbang, dan aman serta sesuai dengan potensi dan kearifan lokal.

Solusi pemecahan masalah yang ditawarkan

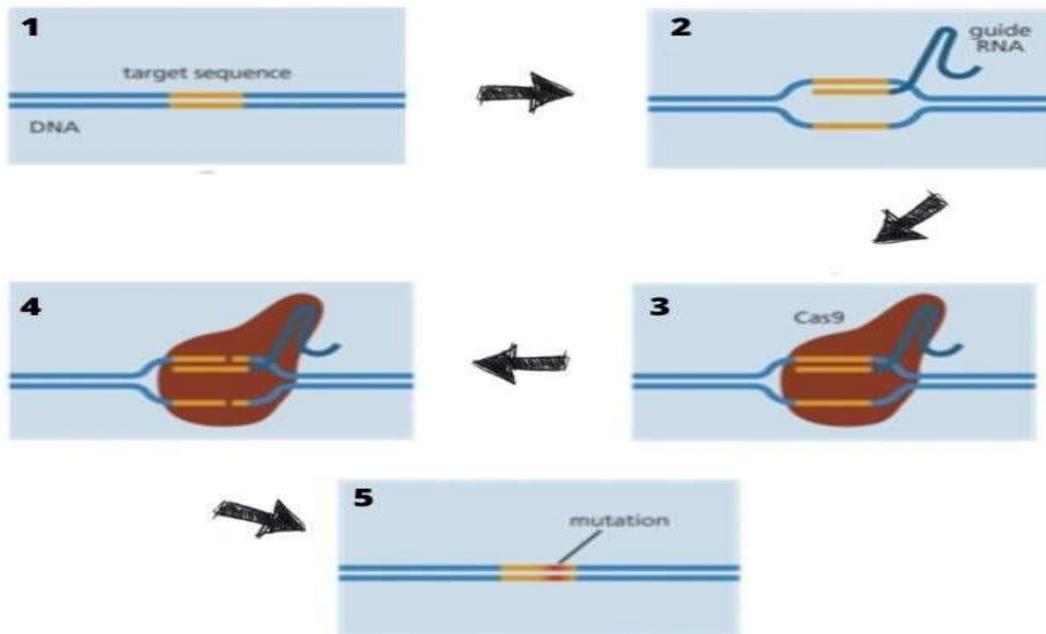
Dalam upaya meningkatkan penganeekaragaman salah satu yang difokuskan yakni peningkatan nilai gizi pada bahan pangan. Peningkatan nilai gizi dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi modern berupa teknologi rekayasa genetika. Teknologi rekayasa genetika yang semakin berkembang, sehingga memungkinkan dilakukannya pemuliaan tanaman dengan hasil yang dikehendaki.

Teknologi rekayasa genetika merupakan suatu teknik dalam pemuliaan tanaman. Pada teknik ini, gen yang dapat diperoleh dari spesies, genus, kelas, dan bahkan kerajaan lain dengan sifat yang diinginkan dapat disisipkan pada genom tanaman yang ditargetkan, sehingga tanaman tersebut memiliki sifat unggul yang tidak dapat dikembangkan melalui teknik pemuliaan konvensional. Semakin

berkembangnya rekayasa genetika, menjadikan munculnya penelitian-penelitian di bidang ini, yang kemudian melahirkan publikasi teknik pemuliaan presisi atau dikenal dengan istilah *genome editing* (Bahagiawati dkk, 2019).

CRISPR-Cas9 (*Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats/CRISPR-associated protein 9*) merupakan salah satu metode genome editing. CRISPR-Cas9 ini adalah teknologi

yang bekerja untuk pengeditan genom. CRISPR sendiri masih berupa terobosan terbaru, dengan kemampuan menemukan tempat tertentu di DNA, untuk memotong sebagian kecil DNA di tempat itu, dan mengedit DNA tersebut. Dengan memanfaatkan teknik pada CRISPR-Cas9 ini memungkinkan untuk didapatkannya tanaman dengan potensi besar dalam ketahanan pangan berkelanjutan (Santoso, 2018).



Gambar 1. Cara Kerja CRISPR-Cas9 untuk pengeditan genom. 1) DNA target yang akan dilakukan pengeditan genom. 2) *Guide RNA* mengikat bagian DNA yang akan disunting. 3) Cas9 mengikat *guide RNA*. 4) Cas9 memotong kedua bagian DNA. 5) Akhirnya DNA template disambungkan pada bagian DNA yang dipotong sehingga menghasilkan DNA baru yang mengandung potongan DNA yang diperbaiki (Mirus Bio, 2018).

Dengan adanya potensi dalam ketahanan pangan berkelanjutan, memungkinkan tanaman ketela pohon (*Manihot esculenta*) untuk dimodifikasi menggunakan teknologi CRISPR-Cas9 (Odipio *et al.* 2017). Bortesi *et al.* (2015) juga berpendapat sistem CRISPR-Cas9 sendiri telah berhasil diterapkan untuk memperbaiki sifat-sifat penting pada beberapa tanaman. Sifat-sifat penting ini

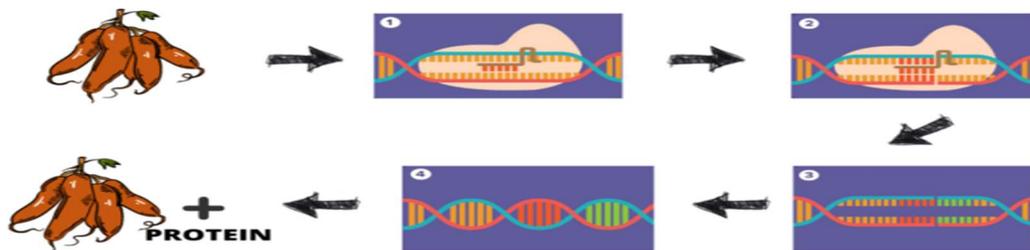
berupa ketahanan terhadap penyakit, perbaikan kualitas dan nutrisi tanaman sebagai sumber pangan, dan toleransi tanaman terhadap cekaman abiotik.

Digunakannya teknologi CRISPR-Cas9 diharapkan dapat menghasilkan tanaman ketela pohon yang berkualitas dengan kandungan gizi yang lebih baik. Perlunya perbaikan kandungan gizi pada tanaman ketela pohon, agar ketela pohon

dapat bersaing dengan padi (*Oryza sativa* L.) yang saat ini menjadi makanan pokok penduduk Indonesia. Tanaman padi sendiri digunakan sebagai makanan pokok karena mengandung banyak energi dan tinggi akan protein. Berdasarkan pernyataan Suliartini, dkk (2011), dalam tiap 100 gram beras mengandung 360 kkal energi; 6,6 gram protein; 0,58 gram lemak; dan 79,34 gram karbohidrat. Tentu dengan demikian, untuk menjadikan ketela pohon sebagai bahan pangan pokok pengganti beras masih sulit dikarenakan kandungan

gizi pada tanaman ketela pohon yang masih kurang terutama pada nilai proteinnya (Tabel 1).

Pada data tersebut menunjukkan bahwa ketela pohon kalah dari segi kandungan gizi dengan tanaman padi. Salah-satu kandungan gizi yang perlu ditingkatkan pada ketela pohon adalah protein. Untuk itu diharapkan pemanfaatan teknologi CRISPR-Cas9 dapat menambahkan kandungan protein yang ada pada ketela pohon.



Gambar 2. Teknik Genome Editing Ketela Pohon dengan CRISPR-Cas9. Pengeditan genom pada ketela pohon dilakukan dengan memotong salah-satu bagian DNA dari ketela pohon kemudian menyambungkannya dengan gen tanaman lain yang tinggi akan protein sehingga menghasilkan ketela pohon dengan DNA baru yakni mengandung protein (Sander *et al.*, 2014).



Gambar 3. Langkah Strategis yang dapat Ditempuh dalam Implementasi Gagasan Inovasi Ketela Pohon Transgenik dengan Teknik CRISPR-Cas9.

Menggunakan sistem ortogonal yaitu sistem yang dapat berevolusi secara independen seperti CRISPR-Cas9 ini dapat dilakukan untuk memodifikasi ketela pohon. Modifikasi ini dilakukan dengan perancangan satu set RNA panduan tunggal (sgRNA) menggunakan algoritme khusus yang menggabungkan pengetahuan tentang potensi efek di luar target dengan perangkat lunak yang diterbitkan yang memprediksi efisiensi pembelahan templat sgRNA. Dengan menargetkan gen AC3 yang mengkode protein REn dalam keterlibatan peningkatan replikasi (Mehta *et al.* 2019). Pengeditan genom ketela pohon yang dengan teknologi CRISPR/Cas9 sangat efisien dan relatif sederhana, serta dapat menghasilkan mutasi multi-alel (Odipio *et al.* 2017).

Langkah strategis

Langkah-langkah strategis yang dilakukan agar gagasan dapat berjalan dengan baik dan diterima masyarakat luas (Gambar 3).

Kesimpulan

Permasalahan yang menjadi sorotan penting pada tulisan ini yaitu mengenai kebutuhan pangan akan beras di Indonesia yang masih belum terpenuhi sehingga mengharuskan untuk dilakukannya impor. Pemerintah sendiri telah merancang program diversifikasi pangan untuk menekan tingginya angka impor. Untuk mendukung program tersebut, dilakukan pemanfaatan ketela pohon dengan menggunakan teknik CRISPR-Cas9 untuk menghasilkan ketela pohon transgenik dengan kandungan protein yang lebih tinggi. Modifikasi pada gen ketela pohon ini dilakukan dengan perancangan satu set RNA panduan tunggal (sgRNA) dengan algoritme khusus yang mampu memprediksi efisiensi pembelahan templat sgRNA

dengan gen target AC3. Gen target AC3 ini dapat mengkode protein REn dalam keterlibatan peningkatan replikasi. Sehingga diharapkan dapat memperoleh ketela pohon transgenik dengan kandungan protein yang lebih tinggi.

Dengan demikian, pemanfaatan ketela pohon transgenik sebagai pendukung program diversifikasi pangan tidak hanya memberikan solusi dengan terpenuhinya kebutuhan pangan, tetapi juga memberikan dampak positif dengan terpenuhinya kebutuhan gizi masyarakat. Hal ini yang menjadikan ketela pohon transgenik potensial untuk dikembangkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2018. *Proyeksi Penduduk Indonesia 2015-2045 Hasil SUPAS 2015*. https://www.bps.go.id/publication/2018/10/19/78d24d9020026ad95c6b5965/pr_oyeksi-penduduk-indonesia-2015-2045-hasil-supas-2015.html. Diakses tanggal 6 Juli 2021.
- Badan Pusat Statistik. 2022. *Impor Beras Menurut Negara Asal Utama, 2000-2021*. <https://www.bps.go.id/statictable/2014/09/08/1043/impor-beras-menurut-negara-asal-utama->. Diakses tanggal 21 Oktober 2022.
- Bahagiawati, Dani, S. Santoso, T. J. 2019. Tanaman Hasil Genome Editing dan Tantangan Pengaturan Keamanannya di Indonesia. *Jurnal AgroBiogen*, 15(2), 93-106.
- Bortesi, L., dan Fischer, R. 2015. The CRISPR/Cas9 system for plant genome editing and beyond. *Biotechnology advances*, 33(1), 41-52.
- CNN Indonesia. 2021. *BPS Buka Data Impor Beras Selama 2019-2020*. <https://www.cnnindonesia.com/ekon>

- [omi/20210328055350-532](https://doi.org/10.21032/20210328055350-532)
[622945/bps- buka-data-impor-beras-](https://doi.org/10.21032/20210328055350-532)
[selama-2019-2020](https://doi.org/10.21032/20210328055350-532). Diakses tanggal
18 Juli 2021.
- Khairat, R. & Syahni, R. 2016. Respons
Permintaan Pangan Terhadap
Pertambahan Penduduk Di
Sumatera Barat Response Of Food
Demand To Population Increase In
West Sumatera. *Jurnal*
Pembangunan Nagari, 1(2).
- Kompas. 2020. *Diversifikasi Pangan,*
Kementan Fokus 6 Komoditas Lokal
Non Beras.
<https://www.google.com/amp/s/amp.kompas.com/money/read/2020/09/09/204000426/diversifikasi-pangan-kementan-fokus-6-komoditas-lokal-non-beras>. Diakses tanggal 16 Juli 2021.
- Koswara, S. 2013. Teknologi Pengolahan
Umbi-Umbian Bagian 6: Pengolahan
Ketela pohon. Institut Pertanian
Bogor.
- Kranti, K. . 2012. Bt cotton Q & A. Mumbai:
Indian Society For Cotton
Improvement.
- Mehta, D., Stürchler, A., Anjanappa, R. B.,
Zaidi, S. S. E. A., Hirsch-Hoffmann,
M., Gruissem, W., dan
Vanderschuren, H. 2019. *Linking*
CRISPR-Cas9 Interference In
Cassava To The Evolution Of
Editing-Resistant Geminiviruses.
Genome biology, 20(1), 1-10.
- Mirus Bio. 2018. *Genome Editing:*
CRISPR/CAS. Delivery Methods.
https://www.mirusbio.com/assets/web_documents/crispr-cas9genome-editing-brochure-pdna-mrna-cas9-grna-rnp.pdf Diakses tanggal 16 Juli 2021.
- Odipto, J., Alicai, T., Ingelbrecht, I.,
Nusinow, D. A., Bart, R., & Taylor, N.
J. 2017. *Efficient CRISPR/Cas9*
Genome Editing Of Phytoene
Desaturase In Cassava. *Frontiers in*
plant science, 8, 1780.
- Prabawati, S. 2011. Inovasi Pengolahan
Ketela Pohon Meningkatkan
Pendapatan Dan Diversifikasi
Pangan. *Balai Besar Penelitian dan*
Pengembangan Pascapanen
Pertanian. Bogor. Edisi, 4-10.
- Rahayu, T. 2015. *Indonesia Agricultural*
Biotechnology Annual. Indonesia.
- Ratnawati. 2012. Pengaruh Penambahan
Agar-Agar Terhadap Tingkat
Kesukaan, Kadar Serat, dan Indeks
Glikemik Nasi Putih. *Media Gizi*
Masyarakat Indonesia, 2(1): 38-44.
- Rikumahu, J. V., Adam, F. P., & Turukay,
M. 2013. Tingkat Ketergantungan
Masyarakat Terhadap Konsumsi
Beras di Kecamatan Nusaniwe Kota
Ambon. *Jurnal Agrilan*, 1(4), 94-105.
- Sander, Jeffry D., dan J. Keith Joung. 2014.
CRISPR Cas System For Editing,
Regulating, and Targeting Genomes.
Nature Biotechnology. 32(4), 347-
355.
- Santoso, T. J. 2018. *Teknologi Genom*
Editing Crispr/Cas9 Untuk Perbaikan
Tanaman Padi.
<http://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/11866>. Diakses
tanggal 15 Juli 2021.
- Suliartini, N. W. S., Sadimantara, G. R., &
Wijayanto, T. 2011. Pengujian Kadar
Antosianin Padi Gogo Beras Merah
Hasil Koleksi Plasma Nutfah
Sulawesi Tenggara [*Examination Of*
Anthocyanin Contents In Red
Upland Rice Obtained From Germ
Plasm Collection In Southeast
Sulawesi]. *Crop Agro*, 4(2), 43-48.
- Widiarti, W., & Santoso, T.H. 2014. Model
Diversifikasi Konsumsi Pangan Bagi
Masyarakat Pinggiran Hutan
Berbasis Sumberdaya Lokal dan
Teknologi. *Jurnal Ilmu-Ilmu*
Pertanian Agritop, 12(2).