

The Potency of Vitamin C in Tomato Plant for the Result of Genetically Modified Lanceolate Gene Through *Agrobacterium Tumefaciens* Using CRISPR-CAS 9

Vannesa El Shaday Ruth Advenita¹, Christeven Mevotema¹, Iren Asima Situmorang¹, Lusiana Haris¹, Wahyu Irawati^{1*}

¹Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia;

Article History

Received : January 17th, 2023

Revised : February 03th, 2023

Accepted : February 24th, 2023

*Corresponding Author: **Wahyu Irawati**,

Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia.
Email:

wahyu.irawati@uph.edu

Abstract: Vitamin C is the important part in the formation of protein in the body, one of which is obtained from tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). Due to the needed of vitamin C, a way is needed to get vitamin C from tomatoes which are of higher value. Tomato genetically modified using the lanceolate gene through *Agrobacterium tumefaciens* using CRISPR-CAS9 is a promising solution for the food world. The literature study method is carried out by reviewing the theory and the results of previous research qualitatively. The results is that genetically engineered tomatoes have the advantage of high vitamin content by using plant improvement and modification. The bacterium *Agrobacterium tumefaciens* functions as a vector and insertion site for recombinant genes and CRISPR-CAS9 technology is used to modify the target genome because it has a CAS9 protein containing two homologous domains resulting in a new trait. Tomatoes with lanceolate leaves will have fruit with high vitamin content because the results of photosynthesis are focused on fruit development. Suggestions for conducting in-depth research to ensure safety in the food quality and health. The goals of the research were to 1) determine the potency of tomato rich in vitamin C using genetic engineering of *Agrobacterium tumefaciens*, 2) structure and function of the Lanceolate gene in plants, 3) application of CRISPR-CAS 9 in genetic engineering, and 4) advantages and disadvantages of genetically modified tomato. God gave humans the ability to manage His creation. So that humans can glorifying God through research.

Keywords: *Agrobacterium tumefaciens*, tomato, CRISPR-CAS9, lanceolate gene, vitamin.

Pendahuluan

Jumlah penduduk di dunia yang semakin bertambah setiap harinya membuat kebutuhan akan pangan juga terus meningkat. Namun ketersediaan bahan pangan seringkali mengalami gangguan contohnya adalah menurunnya kualitas bahan hasil pertanian. Pangan menjadi kebutuhan primer bagi kehidupan manusia yang sangat penting untuk dipenuhi. Kebutuhan manusia akan pangan dapat berasal dari beragam bahan pokok, contohnya buah. Tomat dan buah-buahan lainnya kaya akan vitamin. Keberadaan tomat

sangat penting bagi kehidupan manusia, karena hampir setiap orang mengkonsumsi tomat baik secara langsung maupun sebagai campuran kuliner (Mugiyanto & Nugroho, 2000).

Tomat (*Solanum lycopersicum* L) merupakan jenis sayuran dengan peningkatan produksi 891,616 ribu ton per tahun, yang mengandung antioksidan yang cukup tinggi (Handrian *et al.*, 2013, 335). Tomat mengandung likopen dan flavonoid (Junaeni, 2019). *Lycopene* memiliki banyak manfaat, seperti meningkatkan aktivitas antioksidan dan berperan dalam proses non-oksidatif (Mahati, 2019). Selain dimanfaatkan sebagai campuran

bahan masakan, tomat juga memiliki nilai jual. Contoh dari nilai jual tomat ini yaitu dijadikan sebagai bahan utama pembuatan saos tomat dan produk olahan lainnya. Seiring berjalannya waktu, kondisi lingkungan yang terganggu dapat mempengaruhi proses tumbuhnya tomat. Hasil yang diperoleh dari tomat mungkin mengalami penurunan seperti terserang hama yang menjadikan kualitas buah buruk, tekstur terlalu berair, banyak buah yang busuk, dan masih banyak lagi.

Kandungan vitamin C yang ditemukan dalam buah tomat perlu untuk ditingkatkan secara biologis. Peningkatan kandungan vitamin C dapat dilakukan menggunakan bantuan enzim gulonolactone oksidase dari hati mamalia dan menggunakan bantuan mikroorganisme (Telang, 2013). Sintesis gulonolactone oksidase memakan biaya yang lebih besar karena melibatkan organisme besar seperti mamalia. Oleh karena itu, diperlukan adanya peningkatan kualitas produk hasil pertanian melalui rekayasa genetika. Bioteknologi tidak menjadi sarana untuk mengganti prinsip atau tujuan pertanian sebagai produsen penghasil bahan pangan, melainkan digunakan untuk meningkatkan kualitas produk pertanian (Roviati, 2022). Bioteknologi dalam hal biofortifikasi pangan menggunakan bantuan mikroorganisme yang lebih efisien digunakan dengan meningkatkan kualitas selenium pada buah tomat (Kusumaningrum *et al.*, 2016).

Biofortifikasi pangan menggunakan metode rekayasa genetika *bacteria mediated transformation* merupakan peluang yang menjanjikan untuk mendapatkan tomat kaya vitamin C. Biofortifikasi merupakan cara yang lebih aman untuk meningkatkan kualitas antioksidan dalam buah tomat (Ghivari *et al.*, 2020). Rekayasa genetika dapat dilakukan menggunakan bantuan *Agrobacterium tumefaciens* mediated transformation, yang mampu menghadirkan sifat yang dibutuhkan dengan cara menyisipkan gen dari organisme donor gen ke organisme lain penerima gen (Pambudi, 2009). Gen yang disisipkan adalah gen Lanceolate yang mengkodekan struktur daun tomat dan mengubah daun majemuk besar menjadi daun sederhana kecil.

Metode CRISPR-CAS 9 yang dipilih memiliki peran untuk menyunting gen

lanceolate pada buah tomat, karena buah tomat memiliki urutan genom diploid yang jelas dan berkualitas (Ghivari, Suharsono, & Sompid, 2020). Rekayasa genetika menggunakan plasmid *Agrobacterium tumefaciens* diharapkan mampu menjawab permintaan kebutuhan vitamin C bagi manusia sebagai pertanggungjawaban manusia untuk menjaga dan menguasai bumi. Penelitian ini bertujuan untuk 1) mengetahui potensi tomat kaya vitamin C menggunakan rekayasa genetika *Agrobacterium tumefaciens*, 2) mengetahui Struktur dan fungsi gen lanceolate pada tumbuhan, 3) menganalisis penerapan CRISPR-CAS 9 dalam rekayasa genetika 4) menganalisis kekurangan dan kelebihan tomat hasil rekayasa genetika

Bahan dan Metode

Metode penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kajian literatur dengan cara mencari landasan teori berdasarkan penelitian dan penelitian sebelumnya. Metode studi literatur dilakukan merupakan metode mengumpulkan data Pustaka melalui pembacaan, dan pengelolaan sumber (Zed, 2008). Sumber data yang didapatkan selanjutnya dilakukan analisis menggunakan metode analisis deskriptif sesuai dengan sumber referensi tambahan, melalui google scholar (scholar.google.com), scopus (scopus.com), dan situs kumpulan jurnal lainnya.

Hasil dan Pembahasan

Kebutuhan vitamin C pada manusia

Vitamin C (asam askorbat) memiliki peranan yang penting dan krusial bagia tubuh. Hal itu karena vitamin C berperan dalam pembentukan protein pada tubuh. Vitamin C terdiri dari zat-zat berwarna putih dan termasuk dalam zat yang mudah larut dalam air (Maylina, 2010). Peranan Vitamin C secara jelas dapat dilihat dalam reaksi kimia yang berlangsung dalam tubuh dimana vitamin C berperan sebagai katalis. Katalis adalah zat yang membuat kerja reaksi lebih efisien karena dapat mempercepat laju reaksi tanpa ikut bereaksi sehingga fungsi normal tubuh tidak terganggu (Pakaya, 2014).

Vitamin C diperlukan setiap orang dari berbagai umur karena peranannya yang sangat

banyak. Vitamin C dalam tubuh memiliki beberapa peranan, yang pertama adalah sebagai antioksidan. Perananannya sebagai antioksidan karena dapat menangkap radikal bebas dan membantu pembentukan protein kolagen yaitu protein pembentuk jaringan kulit, tulang, persendian dan jaringan penyokong (Zain, 2013). Tubuh manusia tidak memiliki kemampuan untuk mensintesis Vitamin C secara spesifik sehingga membutuhkan asupan (Krisnanda,

2020). Pengetahuan dosis konsumsi yang tepat diperlukan agar vitamin C dalam tubuh dapat seimbang dengan jumlah vitamin lainnya. Widya Karya Nasional Pangan dan Gizi (Maylina, 2010), menyatakan bahwa tingkat kecukupan vitamin C dalam tubuh manusia tidak sama, hal ini diakibatkan adanya faktor-faktor yang menjadi fokus perbedaannya. Berikut adalah tabel tingkat kecukupan vitamin C pada manusia.

Tabel 1. Dosis tingkat kecukupan Vitamin C pada manusia (Maylina, 2010)

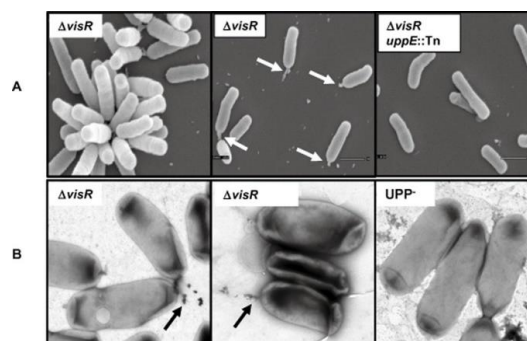
Age	Weigh t (kg)	Height (cm)	VitC needed (mg)	Age	Weight (kg)	Height (cm)	Vitamin C needed (mg)
Pria				Wanita			
0-6 bln	6	60	40	0-6 bl			+45
7-12 bln	8,5	71	40	10-12 th	37	145	50
1-3 thn	12	90	45	13-15 th	48	153	65
4-6 thn	17	110	45	16-18 th	50	154	75
7-9 thn	25	120	45	19-29 th	52	156	75
10-12 thn	35	138	50	30-49 th	55	156	75
13-15 th	46	150	75	50-64 th	55	156	75
16-18 th	55	160	90	≥ 60 t	55	156	75
19-29 th	56	165	90	Hamil			+10
30-49 th	62	165	90	Menyusui			+45
50-64 th	62	165	90	umur 7-12 bln			
≥ 60 th	62	165	90				

Vektor rekayasa genetik *Agrobacterium tumefaciens*

Hasil kajian literatur yang dilakukan terhadap kebutuhan vitamin, dapat dilihat kesinambungan antara potensi rekayasa genetik tomat untuk mencukupi kebutuhan vitamin C manusia (Ghivari *et al.*, 2020). Tomat hasil rekayasa genetika dapat dijadikan solusi atas permasalahan kekurangan vitamin C, karena selain tinggi fosfor juga mengandung vitamin C sejumlah 21 mg (Dobrin *et al.*, 2019). Tomat ditingkatkan menggunakan rekayasa bakteri yang menggunakan bantuan bakteri. Proses penyisipan gen lanceolate ke dalam buah tomat menggunakan vektor *Agrobacterium tumefaciens*.

Tomat mengandung vitamin yang diperlukan tubuh bagi kesehatan, salah satu kandungan yang penting dari buah tomat adalah vitamin C. Hal-hal yang mempengaruhi banyak atau tidaknya kandungan vitamin C yang diproduksi tomat dipengaruhi faktor fisik, mutu selama pertumbuhan, kondisi tanaman, dan kematangan buah (Sari *et al.*, 2021). Karena vitamin C penting bagi manusia dan dibutuhkan dalam jumlah yang banyak sehingga

dibutuhkan pengaplikasian ilmu bioteknologi untuk mendapatkan vitamin C (asam karbonat) tanaman tomat yang lebih baik. Salah satu cara untuk mendapatkan vitamin C dalam buah yaitu menggunakan teaknik rekayasa genetika dengan penerapan metode DNA rekombinan (Dewanti *et al.*, 2011).



Gambar 1. a) *Agrobacterium tumefaciens* menggunakan scanning electron microscopy, b) *Agrobacterium tumefaciens* menggunakan transmission electron microscopy (Niu *et al.*, 2013)

Pada gambar 1 terlihat secara jelas bentuk morfologi *Agrobacterium tumefaciens* dengan

menggunakan mikroskop elektron dan *transmission electron microscopy*. Bakteri ini berbentuk batang pendek berukuran 2,5 sampai 3 mikron, bersifat motil dengan jumlah flagela 1 hingga 4 yang merupakan bakteri Gram negative. Bakteri ini mengandung sebuah plasmid besar yang disebut plasmid-Ti yang berisi gen penyandi faktor virulensi penyebab infeksi pada tanaman. *Agrobacterium tumefaciens* adalah jenis bakteri aerob obligat (memerlukan O₂ untuk pertumbuhannya). Bakteri ini hidup di tanah secara alami dan menjadi penyebab crown gall (tumor) pada tumbuhan khususnya tumbuhan dikotil (Mulyaningsih, 2015). *Agrobacterium tumefaciens* berperan sebagai pembawa gen (DNA) yang diinginkan karena kemampuannya menghasilkan enzim yang dapat menginduksi. Enzim-enzim tersebut berada pada plasmid Ti. Plasmid Ti dapat juga dikatakan sebagai tempat penyisipan gen yang dibutuhkan. Rekayasa genetik yang menghasilkan tanaman transgenik merupakan teknik rekayasa genetik yang menjadi sumber plasma nutfah.

Struktur dan fungsi gen Lanceolate

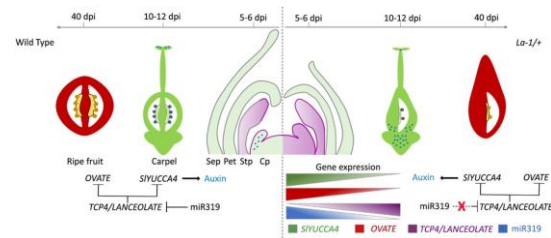
Daun tomat yang termasuk ke dalam jenis daun bercelah menyirip majemuk perlu dipangkas secara rutin untuk mengurangi tunas muda dan menghindari proses pematangan buah yang maksimal (Ramadhan *et al.*, 2019). Hal ini terjadi karena seluruh nutrisi buah tomat difokuskan kepada proses perkembangan dan pematangan buah tomat. Gen lanceolate adalah gen yang mengkodekan bentuk morfologi daun menjadi berbentuk lanset, yaitu bagian daun terlebar berada di tengah daun dan ujung daun berbentuk lancip (Silalahi, 2015).



Gambar 2. a) Morfologi daun menjari bercelah dan b) Morfologi daun lanset (Haque *et al.*, 2017)

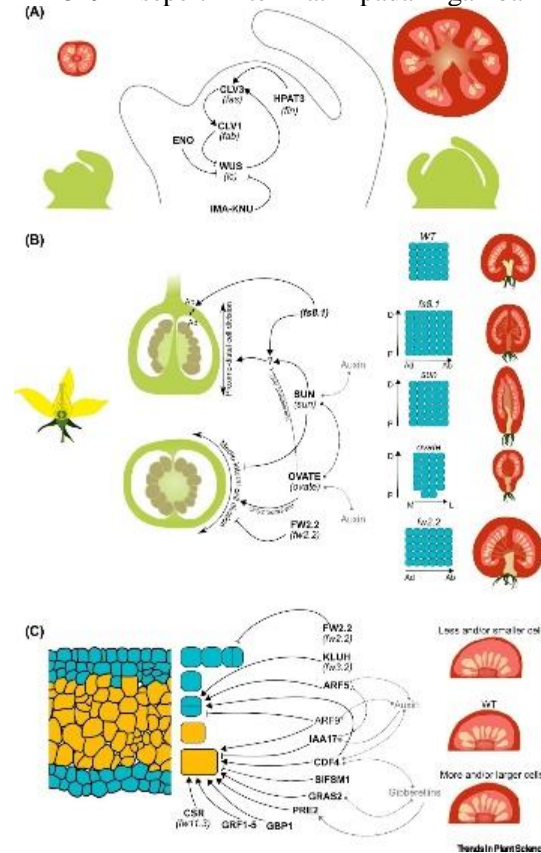
Gambar 2 menjelaskan tentang bentuk daripada morfologi daun lanceolate atau lanset. Daun lanset terjadi dapat terbentuk karena bentuk morfologi daun menjadi berbentuk lanset, yaitu bagian daun terlebar berada di tengah daun dan

ujung daun berbentuk lancip pengeditan gen lanceolate ke dalam tumbuhan tomat. Gen lanceolate berperan dalam memproduksi daun majemuk pada tumbuhan tomat. Supresi yang dilakukan gen lanceolate akan melihat adanya pertumbuhan besar buah tomat dan daun majemuk pada ekspresi gen untuk mengaktifasi *OVATE* dan hormon auxin pada carpel tanaman tomat.



Gambar 3. Skema ekspresi gen (Carvalho, 2022)

Secara klasik, hasil rekayasa gen pada mutasi dominan parsial lanceolate (La) pada daun majemuk besar tomat (*Solanum lycopersicum*). Gen La tersebut akan mengkodekan faktor transkripsi dari keluarga TCP yang berisi situs pengikatan miR319 seperti terlihat pada gambar 3.



Gambar 4. Struktur buah tomat (Carvalho, 2022)

Gambar 4 merupakan hasil penelitian yang

dilakukan Carvalho (2022) menyatakan bentuk dan kandungan pada tomat dikontrol oleh gen lanceolate ini. Gen lanceolate berperan sebagai pengatur miR319 dapat berkontribusi terhadap pertumbuhan dan penghasilan vitamin serta kandungan buah melalui alel *Lanceolate* (La) di TGRC (Carvalho, 2022).

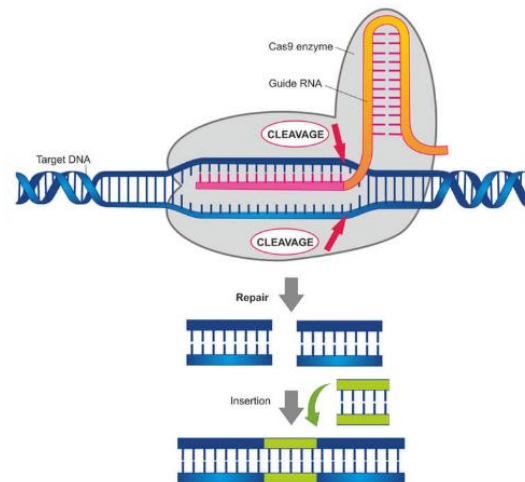
Penerapan CRISPR-CAS 9 dalam rekayasa genetika buah tomat

Tujuan penggunaan metode ini adalah untuk memungkinkan penyuntingan gen atau genom untuk menghasilkan tanaman dengan sifat-sifat baru. Cas9 adalah protein representatif dari sistem CRISPR/Cas khususnya tipe II. Cas9 merupakan enzim nuklease yang berperan untuk memotong DNA target pada sekuens yang berada di dekat protospacer adjacent motif (PAM). Hal ini karena Protein Cas9 memiliki dua domain homolog dengan nuklease RuvC dan HNH, yang masing-masing berperan memotong salah satu dupleks DNA dan sekuens DNA tomat target (*Solanum lycopersicum L.*) yang dipotong tumpul (Ika *et al.*, 2019).

Pengimplementasian pengetahuan untuk menciptakan tanaman baru dapat digunakan dengan ilmu bioteknologi molekuler yaitu pemanfaatan organisme dalam rekayasa genetika. Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats (CRISPR) menjadi salah satu solusi untuk rekayasa genetika yang menghasilkan sifat tanaman baru. Teknologi ini merupakan teknologi pengeditan genom. Teknologi genome editing CRISPR/Cas9 merupakan sistem yang banyak digunakan untuk modifikasi genom target karena sifatnya yang lebih efisien, lebih murah, lebih mudah digunakan dan tidak terlalu rumit (Abdallah *et al.*, 2015; Mishra dan Zhao, 2018). Sistem CRISPR-CAS9 didasarkan pada kombinasi nuclease artificial dengan guide RNA (gRNA) yang disisipkan ke dalam vektor *Escherichia coli* (Kurniawati *et al.*, 2020).

Hasil penelitian Ghivari *et al.*, (2020), setelah plasmid rekombinan disisipkan ke dalam *Escherichia coli*. Kemudian dipindahkan ke vektor disisipkan kedalam bakteri *Agrobacterium tumefaciens* LBA4404. Hasil penyisipan gen yang telah berhasil yang ditandai dengan adanya kandungan plasmid rekombinan dalam bakteri (Ghivari *et al.*, 2020). *Agrobacterium tumefaciens* dipilih menjadi vektor karena memenuhi syarat pemilihan plasmid rekayasa, yaitu memiliki high copy number, ukurannya kecil, memiliki multiple

cloning site, memiliki origin of replication, juga dapat diuji menggunakan selectable marker dan screenable marker (Thieman & Palladino, 2004). Berikut merupakan visualisasi teknik pemotongan DNA dengan bantuan enzim Cas 9 menggunakan metode CRISPR.



Gambar 5. Teknik pemotongan gen CRISPR-CAS9 (Carvalho, 2022)

Agrobacterium tumefaciens dengan plasmid rekombinan kemudian diisolasi untuk mendapatkan isolat murni. Isolasi bakteri merupakan pemindahan bakteri dari lingkungan asal dan ditumbuhkan pada media buatan dengan memperhatikan hal-hal yang mendukung bakteri untuk hidup seperti pada lingkungan sebelumnya. Tujuan penumbuhan bakteri adalah untuk mendapatkan kultur murni. Prinsip isolasi mikroba adalah pemisahan satu jenis mikroorganisme dari mikroorganisme lain yang tidak satu jenis dengan mikroorganisme yang diinginkan. Perbedaan antara mikroorganisme dapat dilihat dengan perbedaan koloni ketika ditumbuhkan pada medium padat (Singleton & Sainsbury, 2006; Sabbatini, 2017). Setelah itu melakukan isolasi DNA genomik dari galur-galur tomat dan dilanjutkan pada tahapan ekstraksi agar DNA dapat dipisahkan melalui lisis yang biasanya dilakukan dengan homogenasi untuk mencegah rusaknya DNA, selain itu ekstraksi pada bakteri isolat juga berfungsi untuk mendapatkan DNA yang berkualitas (Fatchiyah *et al.*, 2011; Restu *et al.*, 2012).

Mengkonfirmasi keberadaan gen lanceolate pada isolat *Agrobacterium tumefaciens* ditandai dengan melakukan uji PCR menggunakan campuran reaksi ada cetakan DNA genomik tomat transforman dengan fragmen gen cas9 (Kurniawati,

2020). Analisis PCR dengan primer spesifik gen Cas9 dilakukan sebagai validasi keberhasilan transformasi genomik tomat PCR diperoleh dari sampel positif kemudian diamplifikasi ulang kepada bagian primer yang mengapit bagian target.

Enzim yang telah diperoleh dari hasil ekstraksi bakteri *Agrobacterium tumefaciens* kemudian disisipkan ke dalam tomat melalui inokulasi dengan infeksi *A. tumefaciens* pada tanaman tomat tersebut. Penyisipan gen dilakukan melalui pembawaan konstruk kaset CRISPR/Cas9-gRNA PCNA. Gen ini ditumbuhkan pada medium padat YEP atau LB yang ditambahkan antibiotik dan dilarutkan pada media inokulasi cair. Proses transformasi tanaman tomat diawali dengan perendaman biji-biji tomat yang sudah mengalami masa kecambah dengan suspensi *A. tumefaciens*.

Benih-benih hasil inokulasi dengan bakteri *A. tumefaciens* kemudian diinkubasi pada kondisi gelap tanpa cahaya selama beberapa hari. Lama waktu perendaman pada saat inokulasi dan proses yang terjadi selama masa inkubasi merupakan faktor penting dalam keberhasilan transformasi genetik dengan bakteri (Dwiyani *et al.*, 2016). Benih-benih buah tomat yang telah ditransformasi dengan penyisipan gen selanjutnya dicuci dengan air sefotaksim 250 mg/l yang berfungsi membunuh bakteri *A. tumefaciens*. Benih yang telah dicuci dengan sefotaksim kemudian dipindahkan ke dalam bak semai untuk dibiakkan.

Kekurangan dan kelebihan tomat hasil rekayasa *Agrobacterium tumefaciens*

Pemanfaatan rekayasa genetika menggunakan *Agrobacterium tumefaciens* tentu saja memiliki dua sisi yang berbeda yaitu sisi keberhasilan (kelebihan) dan sisi kegagalan (kekurangan). Kelebihan dari tomat hasil rekayasa *Agrobacterium tumefaciens* yaitu mencegah atau memperlambat pelunakan pada buah tomat. Tomat hasil rekayasa *Agrobacterium tumefaciens* juga tahan terhadap serangan hama baik itu dalam bentuk insektisida, herbisida, maupun bentuk hama lainnya. Tomat rekayasa genetika memiliki kelebihan kandungan vitamin yang tinggi dengan menggunakan perbaikan dan modifikasi tanaman. Teknologi penyuntingan gen akan membuat satu sifat yang menguntungkan dengan lebih efisien dan tepat karena struktur genetik tomat dan *Agrobacterium tumefaciens* sudah pernah diteliti sebelumnya (Santoso, 2018).

Kelebihan lain dari Tomat hasil rekayasa *Agrobacterium tumefaciens* yaitu meningkatkan kandungan gizi pada tanaman tomat dan meningkatkan kemampuan tanaman untuk beradaptasi dengan lingkungan contohnya hidup pada lahan yang ekstrem, lahan ekstrem yang dimaksud yaitu lahan yang memiliki tingkat asam dan kadar garam tinggi. Tomat rekayasa genetika memiliki kelebihan kandungan vitamin yang tinggi dengan menggunakan perbaikan dan modifikasi tanaman. Teknologi penyuntingan gen akan membuat satu sifat yang menguntungkan dengan lebih efisien dan tepat karena struktur genetik tomat dan *Agrobacterium tumefaciens* sudah pernah diteliti sebelumnya (Santoso, 2018).

Tomat hasil rekayasa *Agrobacterium tumefaciens* juga memiliki kekurangan. Tomat hasil rekayasa *Agrobacterium tumefaciens* dari segi kesehatan diduga sedikit bersifat karsinogenik dan perlu ditinjau ulang persentase karsinogenik yang ada (Syamsi, 2014). Penelitian yang lebih mendalam perlu dilakukan dalam bidang kesehatan apabila ingin mengangkat tanaman tomat hasil rekayasa untuk dapat dipasarkan. Melihat bahwa Tuhan menciptakan segala sesuatunya dengan baik dan kompleks secara spesifik pada setiap organisme, kita patut bersyukur akan hal itu. Manusia sebagai ciptaan Tuhan diberikan pengetahuan akal budi untuk mengolah dan mengusahakan apa yang ada di alam ciptaan-Nya ini. Terlebih dalam proyek rekayasa genetika ini untuk mengusahakan organisme tumbuhan yang dapat menghasilkan produk yang lebih baik manusia meneliti dan melakukan percobaan secara genotipik.

Rekayasa genetik ini akan lebih bernilai guna jika digunakan untuk hal yang bermanfaat bagi manusia, alam dan untuk kemuliaan Tuhan. Manusia dapat melakukan program rekayasa genetika karena diberikan pengetahuan secara khusus dari Allah. Maka, apa yang harus dilakukan manusia juga seharusnya seturut dengan apa yang Allah perkenankan kepada kita. Allah menginginkan kita untuk mengusahakan bumi bukan dengan sewenang-wenang, tetapi tetap dengan kasih yang Yesus Kristus ajarkan kepada kita semua. Mengasihi setiap ciptaan Allah seturut dengan apa yang Allah inginkan menjadi respon kita seharusnya sebagai pengikut Kristus dan sebagai *image of God*.

Kesimpulan

Tomat kaya vitamin C menggunakan rekayasa genetika dengan bantuan vektor *Agrobacterium tumefaciens* yang berpotensi untuk menjadi solusi kebutuhan vitamin C pada manusia. Pengeditan gen *lanceolate* ke tomat menyebabkan daun tomat menjadi lebih sempit. Penerapan CRISPR-CAS 9 dalam rekayasa genetika menggunakan protein Cas9 yang mengandung dua domain homolog. Cas9 ini mengandung nuklease RuvC dan HNH, yang memotong salah satu dupleks DNA dan sekuens DNA tomat target (*Solanum lycopersicum L.*) yang dipotong tumpul. Kelebihan tomat rekayasa genetika adalah pelunakan pada buah tomat melambat, tahan terhadap serangan hama, kandungan vitamin yang tinggi, serta modifikasi tanaman.

Ucapan terima kasih

Terimakasih kepada setiap penulis yang artikelnya dijadikan sebagai sumber referensi kajian literatur ini.

Referensi

- Abdallah, N., Prakash, C., & McHughen, A. (2015). Genome editing for crop improvement: Challenges and opportunities. *GM Crops & Foods*, 6, 183-205. DOI: 10.1080/21645698.2015.1129937
- Advenita, V. (2023). Judul. *Bioedusiana*, 1, 10-11. doi:100291
- Aina, M., & Suprayogi, D. (2022). Uji Kualitatif Vitamin C Pada Berbagai Makanan Dan Pengaruhnya Terhadap Pemanasan. *Media Neliti*, 3, 61.
- Dewanti, P., Islahuddin, M., Okviandari, P., Waluyo, S., Saputra, B. A., Wardiyati, T., & Sugiharto, B. (2011). *EFISIENSI TRANSFORMASI TOMAT Lycopersicon esculentum) DENGAN GEN SoSPSI MENGGUNAKAN Agrobacterium tumefaciens*. Berk. Penel. Hayati Edisi Khusus, 4, 73-78.
- Dobrin, A., Nedelus, A., Bujor, O., Mot, A., Zugra, M., & Badulescu, L. (2019). Nutritional Quality Parameters of the Fresh Red Tomato Varieties Cultivated in Organic System. *Scientific Paper Series B Horticulture*, 63, 439-443. Print ISSN 2285-5653.
- Fernandez, Clara Rodriguez. (2021). CRISPR-Cas9: The Gene Editing Tool Changing the World <https://www.labiotech.eu/in-depth/crispr-cas9-review-gene-editing-tool/>
- Ghivari, A., Suharsono, & Sompid, S. (2020). Konstruksi Vektor Rekombinan untuk Mengedit Gen Lanceolate Menggunakan Sistem CRISPR/Cas9 pada Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum L.*). *Repository IPB*. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/103722>
- Handrian, R. G., Meiriani, & Haryati. (2013, Desember). *Peningkatan Kadar Vitamin C Buah Tomat (Lycopersicum esculentum MILL.) Dataran Rendah dengan Pemberian Hormon GA3*. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 2, 333-339. <https://dx.doi.org/10.32734/jaet.v2i1.5833>
- Haque, M. S., Sousa, A., Soares, C., & Kjaer, K. (2017). Temperature Variation under Continuous Light Restores Tomato Leaf Photosynthesis and Maintains the Diurnal Pattern in Stomatal Conductance. *Frontiers in plant science*, 8, 1-13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01602>
- Haque, M. S., Sousa, A., Soares, C., & Kjaer, K. (2017). Temperature Variation under Continuous Light Restores Tomato Leaf Photosynthesis and Maintains the Diurnal Pattern in Stomatal Conductance. *Frontiers in plant science*, 1-13. <https://doi.org/10.1111/mmi.12321>
- Junaeni, Mahati, E., & Maharani, N. (2019). Ekstrak Tomat (*Lycopersicon esculentum Mill.*) Menurunkan Kadar Glutation Darah Tikus Wistar Hiperurisemia. *Jurnal Kedokteran Diponegoro*. 8, 758-767. <https://doi.org/10.14710/dmj.v8i2.23797>
- Krisnanda, R. (2020, Agustus 3). *Jurnal Penelitian Perawat Profesional. Vitamin C Membantu dalam Absorpsi Zat Besi Pada Anemia Defisiensi Besi*, 2, 279-286. e-ISSN 2715-6885
- Kurniawati, D. A., Suharsono, Santoso, T. J. (2020). *Pengeditan Gen PCNA dengan Teknologi CRISPR/Cas9 untuk Perbaikan Ketahanan Tanaman Cabai terhadap*

- Penyakit Daun Keriting Kuning*. *Jurnal AgroBiogen*, 16, 79–88. DOI:10.21082/jbio.v16n2.2020.p79-88
- Kusumaningrum, S., Putra, E., & Waluyo, S. (2016). Pengaruh Konsentrasi Selenium pada berbagai Fase Pertumbuhan Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Sistem Hidroponik terhadap Kandungan Likopen Buah. *Vegetalika*, 5, 50-66. <https://doi.org/10.22146/veg.25685>
- Maylina, L. A. (2010, juni 30). *Hubungan Antara Konsumsi Pangan Sumber Protein, Zat Besi, dan Vitamin C dengan Kejadian Anemia Siswa Sekolah Dasar*, 29. <http://repository.unej.ac.id/handle/123456789/71941>
- Mugiyanto, & Nugroho, H. (2020). *Budidaya Tomat*. Jambi: Instalasi Penelitian Dan Pengkajian Teknologi Pertanian Kotabaru Jambi Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.
- Mulyaningsih, E. S. (2015). Pemanfaatan *Agrobacterium* Untuk Transformasi Genetik Tanaman dan Jamur. *LIPI*, 4 (1), 26. P-ISSN: 1858-2478
- Niu, B., Vater, J., Rueckert, C., Blom, J., Lehmann, M., Ru, J. J., ... & Borriss, R. (2013). Polymyxin P is the active principle in suppressing phytopathogenic *Erwinia* spp. by the biocontrol rhizobacterium *Paenibacillus polymyxa* M-1. *BMC microbiology*, 13, 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2180-13-137>
- Pakaya, D. (2014, Mei). *Peranan Vitamin C pada Kulit*. *Jurnal Ilmiah Kedokteran*, 1 (2), 45-55. ISSN: 2355-1833
- Pambudi, A. (2009). Teknik Transformasi Genetik beberapa Tanaman Menggunakan *Agrobacterium tumefaciens*. Repository IPB. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/44255>
- Ramadhan, N., Syarif, Z., & Dwipa, I. (2019). Pengaruh Pemangkasan Daun Terhadap Ild Dan Kandungan Klorofil Talas Kimpul (*Xanthosoma Sagittifolium*). *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Pertanian IX Fakultas Pertanian Ugm*, 216. ISSN: 2442-7314
- Roviati, E. (2022). Rekayasa Genetika Pada Tomat. *ACADEMIA*, 3-6.
- Santoso, T. J. (2018). Teknologi Genom Editing Crispr/Cas9 Untuk Perbaikan Tanaman Padi. *Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian*, 365.
- Sari, L. D. A., Ningrum, R. S., Ramadhani, A. H., & Kurniawati, E. (2021). Kadar Vitamin C Buah Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill) Tiap Fase Kematangan Berdasar Hari Setelah Tanam. *Jurnal Farmasi Dan Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 8 (1), 78-82. <https://doi.org/10.20473/jfiki.v8i12021.74-82>
- Sievers, F. & Higgins, D.G. (2014) Clustal Omega. *Current Protocols in Bioinformatics*, 48 (1), 3.13.1–3.13.16. <https://doi.org/10.1002/0471250953.bi0313s48>
- Silalahi, M. (2015). *Bahan Ajar Morfologi Tumbuhan*. Jakarta Timur: Prodi Pendidikan Biologi Universitas Kristen Indonesia. <http://repository.uki.ac.id/id/eprint/195>
- Telang, P. S. (2013). Vitamin C in dermatology. *Indian Dermatology Online Journal*, 4 (2), 143-146. DOI: 10.4103/2229-5178.110593
- Thieman, W. J., & Palladino, M. A. (2004). *Introduction to biotechnology*. San Francisco: Pearson/Benjamin Cummings. <http://catalog.hathitrust.org/api/volumes/oclc/52575910.html>.
- Thieman, W. J., & Palladino, M. A. (2004). *Introduction to Biotechnology*. California : Benjamin Cummings .
- Xu, Jing., et al. (2013). Genetic analysis of *Agrobacterium tumefaciens* unipolar polysaccharide production reveals complex integrated control of the motile-to-sessile switch. *Molecular Microbiology*, 89 (5), 811-1017.
- Zain, R. H. (2013, Juni). *Representasi Pengetahuan (Knowledge) Berbasis Rule (Rule-Based) dalam Menganalisa Kekurangan Vitamin pada Tubuh Manusia*. *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi Teknologi Informasi dan Sistem Komputer*, 8 (2), 13-24. ISSN 2528-0082
- Zed, M. (2008). *Metode Penelitian Kepustakaan*. Jakarta : Yayasan Obor.
- Zed, M. (2008). *Metode Penelitian Kepustakaan*. Jakarta: Yayasan Obor.