

Peran Biotek Gen Tanaman Pada Bidang Pangan dan Farmasi Sebagai Bahan Sediaan Pangan Fungsional, Bahan Aktif Obat dan Kosmetik *Natural*

Firman Rezaldi^{1*}, Zahratul Millah², Susiyanti Susiyanti², Roni Gumilar², Ratna Fitry Yenny³

¹Program Studi D4 Teknologi dan Laboratorium Medis, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Tujuh Belas, Karanganyar, Jawa Tengah, Indonesia

²Program Studi Magister Ilmu Pertanian, Pasca Sarjana, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang, Banten, Indonesia

³Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Sindangsari, Kabupaten Serang, Banten, Indonesia

*Korespondensi: firmanrezaldi890@gmail.com

Kata kunci:

Rekayasa genetika, Pangan fungsional, Obat, Kosmetik

ABSTRAK

Kecenderungan masyarakat dalam meningkatkan taraf hidup yang sehat untuk memanfaatkan bahan herbal sebagai bahan aktif sediaan pangan fungsional, bahan aktif sediaan obat maupun kosmetik cenderung mengalami peningkatan yang berkorelasi secara positif dengan peningkatan jumlah penduduk. Fakta dilapangan yang sering terjadi dan membuat cemas para petani yaitu terjadinya penurunan suatu kualitas bahkan kuantitas dari setiap aktivitas budidaya, sehingga pemenuhan bahan pangan fungsional, bahan aktif obat maupun kosmetik menjadi semakin terhambat. Tantangan dan tanggung jawab seorang pemuliaan tanaman yang memiliki kemampuan pada bidang rekayasa genetika tanaman atau yang dikenal sebagai bioteknologi modern (teknologi DNA rekombinan) menjadi semakin meningkat untuk mengembangkannya yaitu dengan metode rekayasa partenokarpi (buah tanpa biji), biofisika (radiasi), yang perlu dilakukan pengujian pada fasilitas uji lapangan terbatas, sehingga menjadi tanaman transgenik yang tahan simpan setelah diverifikasi melalui PCR dan divisualisasi gen (DNA) pemabawa partenokarpi hasil PCR melalui gel agarosa. Salah satu tanaman komoditas hortikultura yang dapat dikembangkan sebagai bahan sediaan pangan fungsional, obat, dan kosmetik yaitu tomat. Hasil penelitian terkini telah membuktikan bahwa kandungan tomat berupa likopen sebagai salah satu senyawa metabolit sekunder golongan flavonoid dapat dikembangkan sebagai obat kumur, hipertensi, sebagai sediaan kosmetik berupa formulasi dan sediaan lip balm, dan sabun mandi cair yang bersifat antioksidan. Likopen yang terkandung pada buah tomat berperan penting sebagai sumber antioksidan dalam menangkal radikal bebas, sehingga dapat dikembangkan sebagai bahan pangan fungsional, obat, dan kosmetik melalui jalur rekayasa metabolik (biokimia). Jalur biosintesis flavonoid yang terdiri dari dua jalur yaitu jalur siklamat dan asam malonat.

Keywords:

Genetical manipulation, Functional Foods, Medicines, Cosmetics

ABSTRACT

The tendency of society to improve a healthy standard of living by using herbal ingredients as active ingredients in functional food preparations, active ingredients in medicinal and cosmetic preparations tends to increase which is positively correlated with the increase in population. A fact in the field that often occurs and worries farmers is that there is a decline in the quality and even quantity of each cultivation activity, so that the fulfillment of functional food ingredients, active ingredients for medicines and cosmetics becomes increasingly hampered. The challenges and responsibilities of a plant breeder who has the ability in the field of plant genetic engineering or what is known as modern biotechnology (recombinant DNA technology) are increasing to develop it, namely the engineering method of parthenocarpy (seedless fruit), biophysics (radiation), which is necessary. Testing was carried out in limited field testing facilities, so that it became a shelf-stable transgenic plant after being verified via PCR and the parthenocarpy carrier gene (DNA) resulting from the PCR was visualized via agarose gel. One of the horticultural commodity plants that can be developed as an ingredient in functional food preparations, medicines and cosmetics is tomatoes. Recent research results have proven that the content of tomatoes in the form of lycopene as a secondary metabolite compound in the flavonoid group can be developed as a mouthwash, hypertension medicine, as a cosmetic preparation in the form of lip balm formulations and preparations, and as a liquid bath soap which has antioxidant properties. Lycopene contained in tomatoes plays an important role as a source of antioxidants in warding off free radicals, so it can be developed as a functional food ingredient, medicine and cosmetics through metabolic (biochemical) engineering pathways. The flavonoid biosynthesis pathway consists of two pathways, namely the cyclamate and malonic acid pathways.

PENDAHULUAN

Daya tarik masyarakat terhadap pemanfaatan bahan alami baik sebagai pangan fungsional, obat herbal, dan juga kosmetik berkolerasi secara positif terhadap kepadatan jumlah penduduk pada setiap tahunnya. Fakta di lapangan yang terjadi yaitu ketersediaan bahan alami baik sebagai pangan fungsional, obat, dan kosmetik mengalami suatu hambatan terutama terjadinya penurunan kualitas tanaman dari setiap hasil budidaya. Kualitas tanaman yang mengalami penurunan menyebabkan permasalahan yang timbul seperti pemenuhan nutrisi sebagai kebutuhan pangan fungsional, distribusi obat herbal maupun kosmetik alami yang semakin tidak terkendali dari segi permintaan pasar yang semakin meningkat.

Ketiga aspek tersebut merupakan salah satu kebutuhan primer terutama pangan yang menjadi komponen paling prioritas untuk dipenuhi bagi seluruh masyarakat (Advenita *et al.*, 2023). Penyediaan bahan pangan, obat, dan kosmetik alami dalam hal ini menjadi bagian terpenting untuk petani sebagai tanggung jawab besar untuk memiliki sebuah strategi dalam penyediaan bahan pangan, obat, serta kosmetik yang cukup baik dari aspek kualitas maupun kuantitas yang telah ditetapkan berdasarkan persyaratan mutu kesehatan menurut Wahyuni & Parmila (2019).

Kualitas tanaman yang perlu ditingkatkan dalam pemenuhan bahan pangan fungsional, bahan aktif obat maupun kosmetik yang alami perlu ditunjang melalui pemanfaatan makhluk hidup atau yang dikenal dengan istilah bioteknologi. Bioteknologi modern dikenal sebagai rekayasa genetika melalui isolasi bahan genetik (DNA/RNA) serta amplifikasi PCR (Polymeration Chain Reaction), elektroforesis gel agarosa, DNA sequencing menurut Fadhilah *et al.*, (2021). Pemanfaatan teknologi berbasis organisme (bioteknologi) tersebut biasanya diregulasikan untuk meningkatkan produktivitas tanaman, ketahanan tanaman baik terhadap serangan hama maupun penyakit, mampu memproduksi buah dengan kualitas nutrisi yang diharapkan menurut Nurawati & Ashliyah (2023) dari berbagai komoditas potensial yang tersedia dengan cakupan mudah yaitu hortikultura.

Tanaman yang berasal dari komoditas hortikultura yang cukup potensial dengan cakupan mudah, sehingga dapat dikembangkan sebagai bahan makanan fungsional, bahan aktif obat herbal dan kosmetik natural yaitu tomat. Kandungan buah tomat kaya dengan vitamin maupun likopen. Komponen senyawa bioaktif lainnya yang

terkandung pada buah tomat meliputi kalori dan lemak dengan kadar rendah, kolesterol dengan kadar rendah bahkan nol, serat, protein, beta-karoten, dan kalium. Kandungan senyawa bioaktif yang melimpah pada tomat menimbulkan kecenderungan masyarakat untuk memanfaatkannya sebagai bahan pangan fungsional baik dengan cara mengkonsumsi langsung maupun dengan berbagai metode pengolahannya (Advenita *et al.*, 2023).

Data yang diperoleh berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2022 tomat yang dihasilkan mencapai 1.17 ton dengan peningkatan sebesar 4.88% dari tahun sebelumnya. Kebutuhan tomat yang semakin mengalami peningkatan dibutuhkan daya dukung dalam aspek kualitas senyawa bioaktif yang dikandungnya, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan fungsional, bahan aktif sediaan obat maupun kosmetik alami yang cukup ramah lingkungan. Mengingat bahan pangan fungsional pada buah tomat maka dalam pembuatan makalah ini dibutuhkan beberapa studi literatur mengenai hasil rekayasa genetika pada tanaman tomat dan biosintesis jalur penghasil senyawa metabolit sekunder tanaman tomat dalam pemanfaatannya yang telah terbukti pada bidang farmasi baik sebagai bahan aktif sediaan obat maupun kosmetik yang alami serta ramah lingkungan.

METODE PENELITIAN

Metode dalam pengambilan data ini adalah menggunakan studi literatur dengan mengambil dari hasil penelitian yang relevan oleh judul yang sudah disesuaikan pada jurnal ini. Data yang akan dibahas meliputi hasil rekayasa genetika tanaman tomat, tanaman tomat sebagai sediaan bahan aktif obat maupun kosmetik, jalur biosintesis metabolit sekunder golongan flavonoid.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rekayasa Genetika Tanaman Tomat Berdasarkan Hasil Penelitian Relevan

Penelusuran mengenai rekayasa genetika tanaman tomat ini dikaji berdasarkan hasil penelitian yang relevan baik yang disajikan dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2021. Hasil penelitian relevan yang mengacu pada rekayasa genetika tanaman tomat terdapat pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Hasil rekayasa genetika tanaman tomat berdasarkan penelitian relevan

Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Jurnal Terbit
Fibriani <i>et al.</i> , (2019)	Transformasi Genetik dan Ekspresi Mutan Sucrose Phosphate Synthase pada Tanaman Tomat	Terdapat tiga transformasi genetik tanaman tomat 4.20, 5.5.1, dan 5.10 yang telah dikonfirmasi secara PCR dan Biokimia. Hasil tersebut telah membuktikan bahwa ekspresi gen ΔN -SPS pada tanaman transgenik tomat merupakan enzim yang sama aktifnya dengan ekspresi ΔN -SPS di <i>E. coli</i> .	Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia. Volume 6. Nomor 1.
Hunga <i>et al.</i> , (2021)	Rekayasa Genetik Tanaman Tomat Lokal Timor Dengan Metode Irradiasi Multigamma	Karakteristik tomat unggul diperoleh dengan penggunaan radiasi pada dosis 2000 rads.	<i>Magnetic : Research Journal of Physicssand it's Application</i> . Volume 1. No.1
Pardal <i>et al.</i> , (2015)	Analisis Fenotipik Progeni Tiga Galur Tomat Transgenik Partenokarpi di Fasilitas Uji Terbatas	Analisis fenotipik terhadap progeni tiga galur tomat transgenik partenokarpi di rumah kaca dan rumah kaca fasilitas uji terbatas (FUT) dapat dilakukan menggunakan parameter yang menunjukkan sifat/karakter partenokarpi, yaitu jumlah bunga, jumlah buah, berat buah, dan jumlah biji per buah. Hasil analisis fenotipik terhadap progeni tiga galur (event) tomat transgenik partenokarpi (OvR1#14-4, OvM2#10-1, dan OvM2#6-2) menunjukkan bahwa ketiga galur tomat transgenik yang dianalisis memiliki tingkat ekspresi partenokarpi yang berbeda. Galur tomat transgenik partenokarpi OvR1 # 14-4 menunjukkan ekspresi partenokarpi terbaik dibandingkan dua galur lainnya (OvM2#10-1 dan OvM2#6-2) sehingga galur tersebut perlu diuji lebih lanjut di lapangan uji terbatas (LUT) untuk melihat stabilitas dan ekspresi fenotipik dari gen partenokarpinya	Jurnal Hortikultura. Volume 26. No.1

Bioteknologi modern atau lebih cenderung terhadap pemanfaatan rekayasa genetika dapat diaplikasikan pada buah tomat yang mempunyai berbagai tujuan yaitu meliputi peningkatan teknologi pasca panen terhadap produk pertanian, ketahanan terhadap suatu penyakit, kualitas nutrisi yang meningkat, dan umur simpan yang panjang. Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Hunga *et al.*, (2021) telah membuktikan

bahwa benih tomat yang dihasilkan meningkat secara signifikan, sehingga berkolerasi secara positif dalam meningkatkan jumlah buah yang diproduksi pada setiap tanaman maupun ukuran buah.

Manipulasi pada sifat genetik merupakan salah satu tahapan biotransformasi yang dilakukan dengan cara memindahkan gen-gen asing untuk dipisahkan atau diisolasi dari organisme yang potensial seperti tanaman,

virus, bakteri, dan hewan dalam suatu latar belakang genetik terbaru menurut Nugroho & Rahayu (2018). *Agrobacterium* merupakan salah satu genus bakteri yang secara umum digunakan sebagai vektor biotransformasi bagi tanaman dikotil. Hasil optimasi metode biotransformasi pada gen SPS (*Sucrose Phosphat Synthase*) cukup berpotensi bagi tanaman tomat dalam mendukung optimalisasi beberapa faktor biotransformasi gen secara alami yaitu dengan pemanfaatan *Agrobacterium tumefaciens* strain LBA 4404. Strain tersebut mengandung konstruk gen *Sucrose Phosphate Synthase 1* (SoSPS1) yang diisolasi dari tanaman tebu dengan nama ilmiah *Sacharum officinarum*, sehingga hasil dari optimalisasi dapat dimanfaatkan untuk penelitian transformasi gen yang diaplikasikan terhadap tanaman (Okviandari *et al.*, 2019).

Rekayasa genetik lainnya yaitu partenokarpi. Partenokarpi merupakan pengembangan pada buah tanpa biji yang dapat dilakukan secara alami maupun sintetik. Partenokarpi secara sintetik dapat

diaplikasikan melalui perangsangan atau penyisipan ke bagian dalam pustaka genom menurut Rezaldi *et al.*, (2019) sebagai salah satu pengembangan rekayasa genetik, sehingga dapat memproduksi buah tanpa biji walaupun tidak melalui proses polenisasi maupun fertilisasi. Teknologi partenokarpi dilakukan dengan tujuan dapat meningkatkan produksi buah tomat tanpa biji dan pembentukan buah. Hasil dalam menentukan transformasi genetik secara genotipik dapat dilakukan melalui analisis molekuler yaitu dengan menggunakan PCR seperti gen partenokarpi tanaman tomat DefH9-R1-iaaM yang merupakan tiga sampel tanaman tomat transgenik dengan karakteristik partenokarpi yaitu tanpa biji (Oktaviandari *et al.*, 2019 ; Rezaldi *et al.*, 2019).

Hasil Penelitian Relevan Tanaman Tomat Sebagai Sediaan Bahan Aktif Obat dan Kosmetik

Hasil rekayasa genetika pada tanaman tomat memegang peranan penting bagi ketersediaan bahan pangan fungsional, obat maupun kosmetik yang secara natural dapat diaplikasikan sebagai sediaan bahan aktif yang ramah lingkungan dari berbagai hasil penelitian terkemuka pada tanaman tomat yang berperan penting sebagai obat maupun kosmetik terlampir pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Hasil penelitian relevan tanaman tomat sebagai sediaan bahan aktif obat dan kosmetik

Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Jurnal Terbit
Egi <i>et al.</i> , (2018).	Efek Berkumur Sari Buah Tomat (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) Terhadap Indeks Plak Gigi	Ekstrak sari buah tomat dapat dimanfaatkan sebagai bahan sediaan aktif obat alami dalam menurunkan bakteri penyebab plak gigi.	Jurnal SONDE (<i>Sound of Dentistry</i>). Volume 3. No. 2
Cholifah & Hartinah (2021).	Pengaruh Pemberian Jus Tomat Terhadap Tekanan Darah Pada Penderita Hipertensi Di Puskesmas Purwosari Kudus	Terdapat pengaruh pemberian jus tomat terhadap tekanan darah pada penderita hipertensi di Puskesmas Purwosari Kudus.	Jurnal Ilmu Keperawatan dan Kebidanan. Volume 12. No. 2
Dewi <i>et al.</i> , (2018).	Pengaruh Pemberian Ekstrak Likopen Buah Tomat (<i>Lycopersicum esculentum</i>) Terhadap Pertumbuhan <i>Staphylococcus epidermidis</i>	Ekstrak likopen buah tomat dapat memberikan daya hambat terhadap pertumbuhan bakteri <i>S. epidermidis</i> dengan konsentrasi 50% dan rata-rata diameter zona hambat yang dihasilkan adalah 15,89 mm.	Disertasi Doktoral Universitas Mataram. Jurnal Penelitian dan Kajian Ilmiah Kesehatan. Volume 4. No. 2

Yusuf <i>et al.</i> , (2019).	Formulasi Dan Evaluasi Lipbalm Liofilisat Buah Tomat (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) Sebagai Pelembab Bibir	Tiga formula liofilisat buah tomat (<i>Solanum lycopersicum</i> L) stabil secara fisik dan kelembaban tertinggi pada formula 3 dengan konsentrasi liofilisat 5%.	Jurnal Ilmiah Manuntung. Volume 5. No.1
Armadany <i>et al.</i> , (2015)	Formulasi Sediaan Masker Gel Peel-off Antioksidan dari Ekstrak Sari Tomat (<i>Solanum lycopersicum</i> L. var. cucurbita)	Ekstrak sari buah tomat memiliki potensi sebagai sumber antioksidan sehingga dapat diformulasikan sebagai sediaan masker <i>peel off</i> karena memiliki evaluasi yang stabil baik secara fisik maupun kimiawi.	Jurnal Pharmauho : Majalah Farmasi, Sains, dan Kesehatan. Volume 1. No. 2
Agustina <i>et al.</i> , (2017)	Formulasi dan Evaluasi Sabun Mandi Cair dengan Ekstrak Tomat (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) sebagai Antioksidan	Berdasarkan uji evaluasi yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa formula terbaik ada pada F3 dengan konsentrasi carbopol 6%.	Jurnal Wiyata : Penelitian Sains dan Kesehatan. Volume 4. No. 2.

Buah tomat telah banyak dibuktikan mengandung senyawa bioaktif berupa likopen sehingga berperan penting sebagai sumber antioksidan alami. Antioksidan merupakan salah satu kemampuan dari senyawa bioaktif yang berperan penting dalam menghambat atau mencegah terjadinya kerusakan sel oksidatif dan biomolekul yang meliputi lipid, protein, dan DNA. Gangguan atau kerusakan

biomolekul yang terjadi dalam tubuh manusia merupakan salah satu penyebab gangguan utama terhadap penuaan dini maupun penyakit serius lainnya seperti kanker, saluran pernapasan, kardiovaskular, neurogeneratif, dan saluran pencernaan menurut Liu *et al.*, (2018). Kandungan zat gizi yang terdapat pada tanaman tomat terlampir pada tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Kandungan Gizi dalam Tomat

Kandungan Gizi	/100 g Tomat Segar	Kandungan Gizi	/100 g Tomat Segar
Energi	18 K cal	Vitamin K	11 mg
Karbohidrat	3.9 g	Magnesium (Mg)	11 mg
Gula	2.6 g	Mangan (Mn)	0.114 mg
Serat	1.2 g	Besi (Fe)	0.3 mg
Lemak	0.9 g	Tembaga (Cu)	0.19
Protein	94.5 g	Sulfur (S)	24 mg
Air	833 IU	Klor (Cl)	38 mg
Vitamin A	0.037 mg	Natrium (Na)	5 mg
Vitamin B (Thiamin)	0.594 mg	Kalsium (Ca)	20 mg
Vitamin B3 (Niasin)	0.08 mg	Fosfor (P)	24 mg
Vitamin B6	14 mg	Kalium (K)	237 mg
Vitamin C	0.54 mg	Likopen	2537 µg
Vitamin E	7.9 µg	Asam Oksalik	2 mg

Senyawa bioaktif pada tomat yang memiliki peran penting sebagai sumber antioksidan adalah likopen dengan rumus kimia (C₄₀H₅₆). Likopen merupakan salah satu senyawa bioaktif yang berasal dari golongan karotenoid dan diproduksi oleh tanaman serta mikroba. Buah tomat yang dikonsumsi karena

adanya kandungan senyawa likopen telah banyak terbukti berpotensi dalam menangkalkan terjadinya kerusakan sel oksidatif akibat adanya serangan radikal bebas, sehingga dapat mencegah terjadinya penyakit kanker, serangan jantung, dan penuaan dini menurut Srivastava & Vankar (2024), sehingga banyak

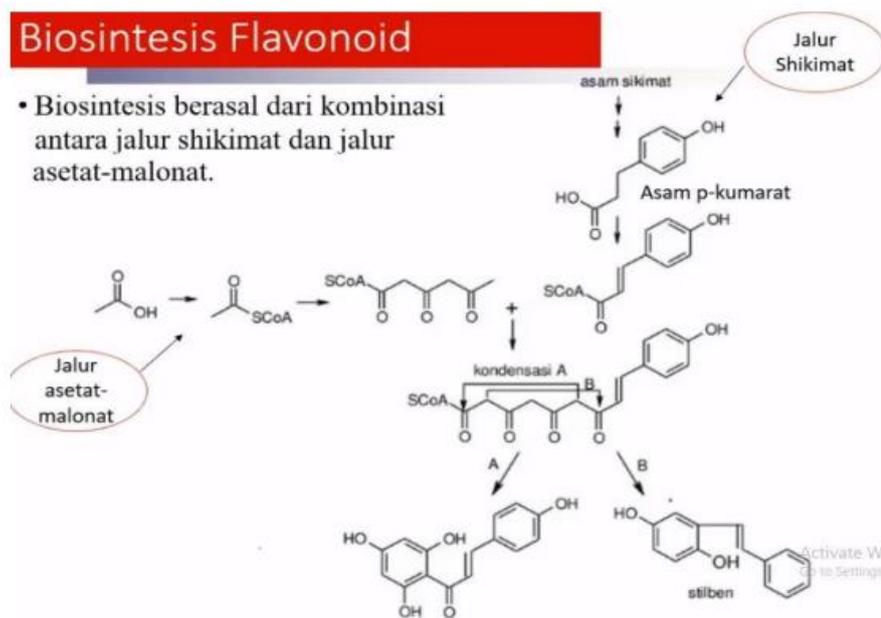
sekali para peneliti menggunakan tanaman tomat selain diperankan sebagai pangan fungsional dapat dibuat sebagai formulasi dan sediaan bahan aktif *natural* bagi industri farmasi yang fokus dalam produksi obat maupun kosmetik melalui biotransformasi genetik tanaman yang mengacu terhadap produksi senyawa metabolit sekunder.

Transformasi genetik dapat dipastikan sebagai penghasil warna baru pada beberapa produk tanaman yang berasal dari komoditas hortikultura. Transformasi genetik tanaman yang mengacu terhadap produksi senyawa metabolit sekunder pada tanaman tomat khususnya flavonoid berupa likopen (karotenoid) dapat ditempuh melalui jalur biosintesis flavonoid. Biosintesis flavonoid berperan penting dalam menghasilkan warna yang cukup unik sehingga dapat diaplikasikan terhadap industri pangan maupun farmaseutikal (obat-obatan dan kosmetik). Sebagai contoh pigmen utama antosianin terdiri dari warna merah, *pink*, dan biru. Pigmen utama flavonoid terdiri atas karetenoid dan betalains. Karetenoid merupakan jenis warna yang dapat dikembangkan.

Jalur Biosintesis Metabolit Sekunder Golongan Flavonoid

Flavonoid diproduksi dari 2-phenyl-benzyl- γ -pyrone melalui jalur biosintesis fenilpropanoid. Flavonoid yang diproduksi bagi tanaman dapat memberikan rasa pada biji, bunga, buah, dan aroma (Mierziak *et al.*, 2014). Peran lain bagi senyawa flavonoid terhadap tanaman adalah sebagai proteksi dari efek lingkungan, sumber antimikroba, dan proteksi dari paparan sinar UV. Peran senyawa flavonoid bagi bidang terapi yaitu sebagai sumber antiinflamasi, antidiabetes, dan antibakteri (Pance *et al.*, 2016).

Biosintesis senyawa flavonoid yang terbentuk terjadi melalui gabungan dua jalur yang meliputi jalur siklomat dan jalur asetat malonat. Flavonoid yang terdiri atas cincin A dan B diproduksi dari kedua jalur baik siklomat maupun asetat malonat. Cincin A dihasilkan melalui jalur asetat malonat dan cincin B sebagai propana dihasilkan melalui jalur sikimat. Jalur metabolit berupa sikimat idealnya fenilalanin akan mengubah menjadi asam sikimat. Lalu asam sikimat akan mengubah menjadi asam P-kumarat, kemudian asam P-kumarat akan mengubah menjadi p-coumaric koenzim A. P-coumaric koenzim A merupakan gabungan yang terbentuk dari jalur asetat malonat.



Gambar 1. Jalur Biosintesis Flavonoid (Putri & Yawahar, 2023).

Biosintesis flavonoid pada jalur asetat malonat idealnya akan mensintesis asam asetat yang akan mengubah menjadi asetil koenzim A, untuk menjadi 3 unit asetat malonat. 3 unit asetat malonat tersebut akan bergabung menjadi P-coumaric koenzim A

yang berasal dari jalur sikimat. Bergabungnya 3 unit asetat malonat dan P-coumaric koenzim A ini terjadi melalui reaksi kondensasi. Reaksi kondensasi merupakan mekanisme bergabungnya dua molekul atau lebih menjadi molekul yang lebih besar. Kedua molekul yang

bergabung ini akan memproduksi tetraketida. Tetraketida akan memproduksi kondensasi atas komponen-komponen penyusunnya. Kondensasi atas komponen-komponen penyusun inilah yang akan memproduksi flavonoid yang beragam. Keberagaman flavonoid ini meliputi kalkon, flavon, flavonol, dan antosianin. Mayoritas flavonoid terkumpul dalam vakuola meskipun tempat pembentukannya sering terjadi diluar vakuola menurut (Julianto, 2019).

Mekanisme senyawa flavonoid sebagai sumber antioksidan yaitu dengan cara memperlambat pembentukan *Reactive Oxygen Species* (ROS), dan memecah ROS. Antioksidan sangat dibutuhkan dalam menangkal radikal bebas yang berikatan dengan elektron dari molekul lain kemudian menghasilkan senyawa baru dalam kondisi abnormal sebagai penyebab reaksi berantai menurut (Molyneux, 2014). Antioksidan yang dihasilkan dari senyawa flavonoid dapat terjadi secara langsung maupun tidak langsung.

Potensi senyawa metabolit sekunder berupa golongan flavonoid dalam mendonorkan ion hidrogen merupakan aktivitas sumber antioksidan (Fadillah *et al.*, 2024) secara langsung, sementara sumber aktivitas antioksidan secara tidak langsung dapat dilakukan dengan cara meningkatkan ekspresi gen secara endogen melalui aktivasi *nuclear factor erythroid 2 related factor 2* (Nrf2) yang menyebabkan ekspresi gen SOD (*superoxide dismutase*) mengalami peningkatan.

Kemampuan yang cukup potensial bagi senyawa metabolit sekunder yang dapat direkayasa biotransformasi genetik pada buah tomat melahirkan berbagai ide penelitian untuk terus dapat ditingkatkan baik sebagai bahan sediaan pangan fungsional, bahan aktif sediaan obat, dan kosmetik. Tabel 3 menjelaskan bahwa ekstrak sari buah tomat berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Egi *et al.*, (2018) dapat digunakan sebagai bahan aktif sediaan obat kumur dalam menghambat pertumbuhan bakteri plak gigi. Dewi *et al.*, (2019) telah membuktikan dalam hasil penelitiannya bahwa ekstrak likopen yang diisolasi dari buah tomat berpotensi dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus epidermidis*.

Kemampuan likopen sebagai senyawa metabolit sekunder golongan flavonoid yang bekerja secara seluler dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen adalah mendenaturasi sel bakteri serta merusak membran sel menjadi pecah (lisis), membentuk senyawa kompleks pada protein ekstraseluler yang berpotensi mengganggu keutuhan membran sel bakteri, sehingga sel bakteri dan membran sel bakteri patogen mengalami kerusakan yang tidak dapat

diperbaiki seperti dalam kondisi normal (Abdilah *et al.*, 2022). Tabel 3 berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Cholifah dan Hartinah menjelaskan bahwa pemberian jus tomat dapat menurunkan pasien hipertensi. Mekanisme flavonoid sebagai antihipertensi yaitu menghambat aktivitas angiotensin converting enzim, meningkatkan relaksasi endotel pembuluh darah, dan meregulasi signaling sel dan ekspresi gen menurut (Widasari, 2018).

KESIMPULAN

Hasil penelusuran berbagai kajian literatur makalah ini dapat disimpulkan bahwa bioteknologi modern yang mengacu terhadap rekayasa genetika tanaman memiliki peranan penting dalam aspek pangan fungsional, bahan aktif bagi sediaan farmasi baik obat maupun kosmetik. Rekayasa genetika tanaman tomat dalam pemenuhan pangan fungsional dapat dilakukan dengan cara transformasi genetik, biofisika, PCR, dan partenokarpi. Rekayasa genetika tanaman tomat sebagai penghasil senyawa bioaktif dapat dilakukan melalui jalur biosintesis flavonoid yang terdiri dari dua jalur yaitu jalur siklamat dan asam malonat. Likopen merupakan salah satu senyawa bioaktif pada tanaman tomat yang cukup berpotensi sebagai sumber antioksidan sehingga dapat dikembangkan sebagai bahan pangan fungsional, bahan aktif sediaan obat maupun kosmetik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ini saya sampaikan kepada Dosen pengampu mata kuliah rekayasa genetika tanaman yaitu Ibu Dr. Zahratul Millah, SP., M.Si dan Ibu Dr. Susiyanti, SP., MP, mahasiswa program studi magister ilmu pertanian Roni Gumilar, STp, dan Kepala Laboratorium Bioteknologi Tanaman Departemen Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Ibu Dr. Ratna Fitry Yenny, SP., M.Si yang telah mendukung untuk mempublikasikan tugas mata kuliah rekayasa genetika tanaman ini sebagai literatur review terkini. Ucapan terima kasih ini juga kami sampaikan kepada pengelola jurnal agroteknologi fakultas pertanian universitas merdeka pasuruan yang telah memberikan kesempatan untuk menuangkan ringkasan hasil penelitian relevan yang mendukung judul artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

Abdilah, N. A., Rezaldi, F., Pertiwi, F. D., & Fadillah, M. F. (2022). fitokimia dan skrining awal metode bioteknologi

- fermentasi kombucha bunga telang (*Clitoria Ternatea* L) sebagai bahan aktif sabun cuci tangan probiotik. *MEDFARM: Jurnal Farmasi dan Kesehatan*, 11(1), 44-61.
- Advenita, V. E. S. R., Mevotema, C., Situmorang, I. A., Haris, L., & Irawati, W. (2023). The Potency of Vitamin C in Tomato Plant for the Result of Genetically Modified Lanceolate Gene Through Agrobacterium Tumefaciens Using CRISPR-CAS 9. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(1), 443-450.
- Agustina, L., Yulianti, M., Shoviantari, F., & Sabban, I. F. (2018). Formulasi dan Evaluasi Sabun Mandi Cair dengan Ekstrak Tomat (*Solanum Lycopersicum* L.) sebagai Antioksidan. *Jurnal Wiyata: Penelitian Sains dan Kesehatan*, 4(2), 104-110.
- Armadany, F. I., Hasnawati, H., & Sirait, M. (2015). Formulasi Sediaan Masker Gel Peel-Off Antioksidan Dari Ekstrak Sari Tomat (*Solanum Lycopersicum* L. Var. Cucurbita). *Pharmauho: Jurnal Farmasi, Sains, Dan Kesehatan*, 1 (2), 29-32.
- Badan Pusat Statistik. (2022). Statistik Hortikultura 2022 (Issue 1, pp. 1-14).
- Dewi, E. S. (2018). *Pengaruh Pemberian Ekstrak Likopen Buah Tomat (*Lycopersicum esculentum*) Terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus epidermidis** (Doctoral dissertation, Universitas Mataram).
- Egi, M., Soegiharto, G. S., & Evacuasiyany, E. (2018). Efek berkumur sari buah tomat (*Solanum lycopersicum* L.) terhadap indeks plak gigi. *SONDE (Sound of Dentistry)*, 3(2), 70-84.
- Fadhilah, F. R., Rezaldi, F., Fadillah, M. F., Fathurohim, M. F., & Setiawan, U. (2021). Narrative Review: Metode Analisis Produk Vaksin Yang Aman dan Halal Berdasarkan Perspektif Bioteknologi. *International Journal Mathla'ul Anwar of Halal Issues*, 1(1), 64-80.
- Fadillah, M. F., Rezaldi, F., Fadila, R., Andry, M., Pamungkas, B. T., Mubarak, S., Susiyanti, S., & Maritha, V. (2024). Studi Bioteknologi Komputasi (Bioinformatika) Senyawa Vitexin Pada Kombucha Bunga Telang Vitexin Sebagai Antioksidan dan Antikanker. *Jurnal Gizi Kerja dan Produktivitas*, 5(1), 60-67.
- Fibriani, S., Agustien, I., Sawitri, W. D., & Sugiharto, B. (2019). Transformasi Genetik dan Ekspresi Mutan Sucrose Phosphate Synthase pada Tanaman Tomat. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia*, 6(1), 130-138.
- Hunga, Y., Pasangka, B., & Tarigan, J. (2021). Rekayasa Genetik Tanaman Tomat Lokal Timor Dengan Metode Irradiasi Multigamma. *Magnetic: Research Journal of Physics and It's Application*, 1(1), 13-17.
- Koundinya, A. V. V., Kumar, P. P., Ashadevi, R. K., Hegde, V., & Kumar, P. A. (2018). Adaptation and mitigation of climate change in vegetable cultivation: a review. *Journal of Water and Climate Change*, 9(1), 17-36.
- Liu, C. C., Chi, C., Jin, L. J., Zhu, J., Yu, J. Q., & Zhou, Y. H. (2018). The bZip transcription factor HY5 mediates CRY1a-induced anthocyanin biosynthesis in tomato. *Plant, cell & environment*, 41(8), 1762-1775.
- Mierziak, J., Kostyn, K., & Kulma, A. (2014). Flavonoids as important molecules of plant interactions with the environment. *Molecules*, 19(10), 16240-16265.
- Molyneux, P. (2014). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarinn J. sci. technol*, 26(2), 211-219.
- Nugroho, E. D., & Rahayu, D. A. (2018). *Pengantar Bioteknologi: Teori dan Aplikasi*. Deepublish
- Nurmawati, A., & Ashliyah, F. A. R. (2023). Pengaruh Rekayasa Genetika Pada Organ Tumbuhan Produk Pangan. *International Journal of Technology, Education and Social Humanities (IJoTES)*, 1(2), 55-68.
- Okviandari, P. (2019). Optimasi Metode Tranformasi Gen Sucrose Phosphat Synthase (SPS) pada Tanaman Tomat (*Lycopersicon esculentum*) dengan Bantuan Agrobacterium tumefaciens. *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(3), 40-45.
- Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: an overview. *Journal of nutritional science*, 5, e47.
- Pardal, S. J., Purnamaningsih, R., & Lestari, E. G. (2016). Analisis Fenotipik Progeni Tiga Galur Tomat Transgenik Partenokarpi di Fasilitas Uji Terbatas (Phenotypic Analysis on Progenies of Three Transgenic Parthenocarp Tomato

- Lines in Biosafety Containment). *Jurnal Hortikultura*, 26(1), 21-30.
- Putri, A. H., & Yawahar, J. (2023). Kajian agro sosiologi dan potensi metabolit sekunder bunga telang (*Clitoria ternatea*) sebagai peningkat imunitas tubuh. *Journal of Agrosociology and Sustainability*, 1(1).
- Rezaldi, F., Qonit, M. A. H., Nuraini, A., Kusumiyati, K., & Mubarok, S. (2019). Pemanfaatan fenomena pembentukan buah partenokarpi dalam perspektif pertanian di Indonesia. *Kultivasi*, 18(2), 859-868.
- Srivastava, F., & Vankar, P. S. Papper Ilmiah: Pigmen Karoten Sebagai pewarna makanan alami dari Bunga Kanna (*Canna indica* L) Papper Ilmiah: Pigmen Karoten Sebagai pewarna makanan alami dari Bunga Kanna (*canna Indica* L). 01-mei-2024. Akses web. 08.53 WIB.
- TS, J. (2019). Fitokimia Tinjauan Metabolit Sekunder dan Skrining Fitokimia. Vol. 53. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 1689-1699.
- Wahyuni, P. S., & Parmila, P. (2019). Peran bioteknologi dalam pembuatan pupuk hayati. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 2(1), 46-57.
- Widiasari, S. (2018). Mekanisme inhibisi angiotensin converting enzym oleh flavonoid pada hipertensi. *Collaborative Medical Journal (CMJ)*, 1(2), 30-44.
- Yusuf, N. A., Hardianti, B., Lestari, I. A., & Sapra, A. (2019). Formulasi Dan Evaluasi Lip Balm Liofilisat Buah Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) Sebagai Pelembab Bibir. *Jurnal Ilmiah Manuntung*, 5(1), 115-121.