

Mubarok. S. · A.R. Al Adawiyah · A. Rosmala · F. Rufaidah · A. Nuraini · E. Suminar

Hormon etilen dan auksin serta kaitannya dalam pembentukan tomat tahan simpan dan tanpa biji

Sari. Tomat merupakan salah satu komoditas tanaman hortikultura penting di Indonesia. Seiring dengan perkembangan teknologi, sudah banyak dikembangkan varietas tomat baru yang mempunyai karakter-karakter yang diinginkan antara lain tahan akan penyakit, produktivitas tinggi tinggi, kandungan nutrisi tinggi dan lain-lain. Penerapan teknologi melalui pendekatan hormonal sangat penting untuk menghasilkan jenis tomat baru, diantaranya adalah hormone etilen dan auksin. Kedua hormone tersebut sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tomat khususnya untuk menghasilkan tomat yang adaptif pada kondisi lingkungan tercekam dan ketahanan simpan buah yang tinggi. Teknologi mutasi pada kedua hormone tersebut sudah dapat menghasilkan tomat yang diinginkan diantaranya adalah tomat *iaa9-3* yang merupakan tomat yang mengalami mutasi pada gen *IAA9* dengan karakter yang dihasilkan berupa buah tanpa biji dan tomat *Sletr1-2* yang merupakan tomat yang mengalami mutasi pada gen *SlETR1* dengan karakter yang dihasilkan berupa buah tomat tahan simpan. Dalam review ini akan dibahas bagaimana peranan auksin, etilen dan peranan mutasi dalam menghasilkan tomat tanpa biji dan tahan simpan, serta persektif masa depan dalam pengembangan tomat di Indonesia.

Kata kunci: Auksin · Etilen · Mutasi · Partenokarpi · Tomat

Ethylene and Auxin, and Their Relation in the Development of Long Fruit Shelf Life and Parthenocarpic Tomatoes

Abstract, Tomato is one of the important horticultural crops in Indonesia. Along with technological developments, many new tomato varieties have been developed that have the desired characteristics, including disease resistance, high productivity, high nutrient content and others. The application of technology through a hormonal approach is very important to produce new varieties of tomatoes, including ethylene and auxin. Both of these hormones are very influential on the growth and yield of tomatoes, especially to produce tomatoes that are adaptive to stressful environmental conditions and high fruit storage resistance. The mutation technology in these two hormones has been able to produce the desired tomatoes, including tomatoes *iaa9-3*, which is a tomato that has a mutation in the *IAA9* gene with the resulting characters in the form of seedless fruit. *Sletr1-2* tomatoes, which are tomatoes that have mutations in the *SlETR1* gene with the resulting character is a shelf-stable tomato. This review will discuss the role of auxin, ethylene and the role of mutations in producing parthenocarpic tomato and long fruit shelf-life tomatoes, as well as future perspectives in the development of tomatoes in Indonesia.

Keywords: Auxin · Ethylene · Mutation · Parthenocarpic · Tomato

Diterima : 11 September 2020, Disetujui : 26 Desember 2020, Dipublikasikan : 31 Desember 2020
doi: <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v19i3.29408>

Mubarok. S¹. · A.R.A. Adawiyah² · A. Rosmala^{2,3} · F. Rufaidah³ · A. Nuraini¹ · E. Suminar¹

¹ Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

² Program Studi Agroekologi Universitas Perjuangan

³ Program Studi Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

Korespondensi: syariful.mubarok@unpad.ac.id

Pendahuluan

Tomat merupakan salah satu komoditas hortikultura yang bernilai ekonomi tinggi dan masih memerlukan penanganan serius, terutama dalam hal peningkatan hasil dan kualitas buahnya (Wasonowati 2011). Tomat merupakan buah yang diminati masyarakat karena kaya akan nutrisi, mineral dan antioksidan. Buah tomat memiliki cukup nutrisi dan bergizi baik karena terdapat kandungan vitamin A, B, C, D, dan E, fitosterol, asam folat, antioksidan, *lycopene*, alpha, beta, karoten, dan potassium (Mubarok *et al.*, 2017). Buah tomat pada kadar 100 g memiliki kandungan setara dengan 4,2 g karbohidrat, 0,3 g lemak, 1 g protein, 5 mg kalsium, 27 mg fosfor, 0,5 mg zat besi, 1500 vitamin A dalam bentuk karoten, 60 mg vitamin B berupa niasin, dan 40 mg vitamin C berupa asam askorbat (Marliah *et al.* 2012). Tomat dapat di konsumsi dalam bentuk segar maupun olahan. Hasil olahan jus tomat sangat bermanfaat untuk mencegah *fotoaging* yang disebabkan oleh radiasi sinar ultraviolet-B (Mubarok *et al.* 2017). Konsumsi tomat dalam bentuk olahan, mulai dari skala rumah tangga sampai pabrik besar, menyebabkan kebutuhan tomat semakin meningkat, akibatnya Indonesia banyak mengimpor tomat untuk memenuhi kebutuhan tomat di Indonesia. Rendahnya produksi tomat sangat bergantung terhadap faktor lingkungan, hal tersebut disebabkan tanaman tomat merupakan tanaman yang rentan terhadap cekaman.

Badan Pusat Statistik (2016), melaporkan bahwa pada tahun 2014 produksi buah tomat di Indonesia mencapai 915.587 ton, sedangkan pada tahun 2015 mengalami penurunan menjadi 887.792 ton. Menurunnya produksi tomat merupakan permasalahan yang dapat disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah kondisi lingkungan tumbuh tanaman yang diakibatkan oleh suhu tinggi. Suhu yang tinggi pada tanaman tomat dapat menyebabkan penurunan produktivitas dan kualitas pascapanennya. Suhu tinggi juga menyebabkan proses respirasi, transpirasi, dan hormon etilen yang dihasilkan mengalami peningkatan yang dapat mengakibatkan hasil panen mudah mengalami kerusakan (Mubarok *et al.*, 2015).

Salah satu faktor yang mempengaruhi hasil produksi tomat adalah penanganan pascapanen. Sifat tanaman tomat yang *perishable* akibat

memiliki kandungan air yang tinggi serta tergolong dalam tanaman klimakterik menyebabkan laju respirasi yang meningkat selaras dengan terjadinya penuaan (Mubarok *et al.*, 2015). Hal tersebut disebabkan kandungan gas etilen mampu mempercepat laju respirasi sehingga buah akan cepat mengalami penuaan (Mubarok *et al.*, 2019). Etilen pada tanaman berdampak buruk terhadap kualitas buah, karena mampu mempercepat daya simpan buah.

Selain permasalahan mengenai daya simpan, permintaan terhadap buah tomat berkualitas semakin menjadi perhatian. Aspek kualitas buah yang menjadi perhatian antara lain warna, aroma, rasa, dan keberadaan biji pada buah. Kebanyakan konsumen lebih suka terhadap buah tanpa biji. Buah tanpa biji disebut sebagai partenokarpi. Keuntungan dari buah yang bersifat sebagai partenokarpi adalah produksi buah lebih stabil, produktivitas lebih meningkat, dan kualitas buah menjadi lebih baik (Purnamaningsih *et al.*, 2016).

Etilen merupakan senyawa hidrokarbon tidak jenuh (C_2H_4) yang pada tumbuhan ditemukan dalam fase gas, sehingga disebut juga gas etilen. Gas etilen tidak berwarna dan mudah menguap pada suhu kamar (Sinha, 2014). Menurut Nazar *et al.* (2014), etilen yang dihasilkan oleh tanaman memiliki peran ganda dalam mengontrol pertumbuhan sekaligus penuaan pada tanaman. Proses pematangan buah dapat ditekan melalui pengendalian produksi etilen maupun sensitivitas tanaman terhadap etilen. *Sletr1-2* merupakan domain transmembran kedua dari gen reseptor etilen (*SLETR1*) yang memiliki efek meminimalkan laju etilen sehingga umur simpan meningkat (Okabe *et al.*, 2011; Mubarok *et al.*, 2015). Karakter yang terdapat pada mutan *Sletr1-2* berguna untuk memperpanjang umur simpan buah dari kultivar tomat hibrida. Pemanfaatan tomat *Sletr1-2* dan *iaa9-3* dapat menjadi solusi terhadap permasalahan penurunan produktivitas ataupun kualitas pascapanen buah tomat yang diakibatkan karena meningkatnya suhu.

Hormon auksin dari jenis *indole acetic acid* (IAA) berperan dalam menginduksi partenokarpi. Selain itu, auksin dari jenis IAA berperan dalam menginduksi pembesaran sel, pertumbuhan sel, pertumbuhan tanaman, perkembangan buah, serta menunda proses kematangan buah (Sinha, 2004).

Buah partenokarpi (tanpa biji) adalah buah yang terbentuk tanpa proses polinasi dan fertilisasi. Buah tanpa biji memiliki karakter yang mewakili kebutuhan pasar karena sangat digemari oleh konsumen (Mazzucato et al. 2015). Penjelasan baru-baru ini mengenai mekanisme genetik molekuler mengendalikan buah yang diatur dalam tomat telah membuka jalan untuk memanfaatkan mutasi baru untuk partenokarpi. Transisi bunga ke buah berada di bawah regulasi multihormon yang kompleks, dan mekanisme molekuler yang mendasari proses ini terus diselidiki secara intensif (Ruan et al. 2012).

Buah partenokarpi memiliki banyak manfaat untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas buah yang biasanya diterapkan pada tanaman dari komoditas hortikultura untuk kepentingan komersil. Menurut Pandolfini (2009), usaha untuk menghasilkan buah yang bersifat sebagai partenokarpi cukup baik untuk dikembangkan karena dalam prosesnya berguna untuk menghambat kematangan buah dan meningkatkan daya simpan buah.

Gen IAA9, anggota keluarga Auksin/IAA dari faktor transkripsi (TF) dalam tomat, memainkan peran utama dalam rangkaian pembentukan buah, karena tanaman yang dipengaruhi oleh teknologi *antisense* (As-IAA9) menunjukkan beberapa cacat perkembangan terkait IAA, termasuk perilaku partenokarpi yang kuat (Wang et al. 2005). Tomat *iaa9-3* merupakan tomat yang mengalami mutasi pada gen *IAA9* dan menghasilkan tingkat partenokarpi lebih tinggi daripada mutan-mutan *iaa9-4* dan *iaa9-5* (Mubarok et al., 2015). Mutan *iaa9-3* juga mampu menekan kegagalan *fruit set* akibat cekaman suhu tinggi yang disebabkan oleh gagalnya perkembangan serbuk sari dan rendahnya fertilitas polen sehingga mempengaruhi keberhasilan proses polinasi dan fertilisasi yang akan berdampak buruk terhadap hasil produksi tomat.

Pengetahuan tentang hormon etilen dan auksin sangatlah penting diketahui, khususnya untuk mengetahui sifat pertumbuhan tanaman dan dalam hal perkaitan varietas tanaman baru yang mempunyai karakter yang diinginkan. Mutan-mutan terkait yang dapat mengendalikan produksi hormone-hormon tersebut sudah banyak diteliti dan secara nyata memberikan potensi yang baik dalam perakitan varietas tomat komersial baru, baik itu galur murninya ataupun generasi F1-nya yang mempunyai karakter ketahanan simpan buah yang lebih lama (Mubarok et al., 2015).

Pemanfaatan Mutasi untuk Meningkatkan Kualitas Pascapanen Buah Tomat

Mutasi adalah perubahan yang terjadi pada bahan genetik, baik pada taraf urutan asam amino yang terbentuk (disebut mutasi titik) maupun pada taraf kromosom (Aristya et al., 2018). Mutasi pada gen dapat mengarah pada munculnya variasi-variasi baru pada spesies. Mutasi dibedakan menjadi mutasi kecil (mutasi gen) dan mutasi besar (mutasi kromosom). Mutasi kecil adalah perubahan yang terjadi pada susunan molekul gen (DNA), sedangkan mutasi besar adalah perubahan yang terjadi pada struktur dan susunan kromosom. Mutasi gen disebut juga mutasi titik. Mutasi ini terjadi karena perubahan urutan basa pada DNA atau dapat dikatakan sebagai perubahan nukleotida pada DNA. Kromosom memiliki dua lengan, yang panjangnya kadang sama dan kadang tidak sama, lengan-lengan itu bergabung pada sentromer (lokasi menempelnya benang spindel selama pembelahan mitosis dan meiosis). Pengaruh bahan mutagen, khususnya radiasi, yang paling banyak terjadi pada kromosom tanaman adalah pecahnya benang kromosom (*chromosome breakage* atau *chromosome aberration*) (Sutapa dan Kasmawan, 2016). Peluang kejadian mutasi tergolong kecil tetapi memiliki potensi yang besar karena sumber perubahan berbasis pada masing-masing lokus (Sellammal dan Maheswaran 2013).

Induksi mutasi berguna untuk mengubah suatu sifat atau karakter target tanpa mengubah latar belakang genetik tanaman. Induksi mutasi yang digunakan dalam perbaikan varietas tanaman efektif untuk meningkatkan keragaman sumber daya genetik (Gnanamurthy et al., 2012). Walaupun telah ditemukan dan telah tersedia beberapa galur mutan yang telah dikoleksi dan diteliti untuk dikaji secara berkesinambungan atau dimanfaatkan untuk memperbaiki umur ketahanan terhadap suhu tinggi serta memperbaiki kualitas tomat yang terbentuk secara alami maupun buatan, namun jumlah dan pemanfaatan galur mutan masih sangat terbatas.

Pemanfaatan dan jumlah galur mutan yang masih sangat terbatas menjadikan hal tersebut sebagai tugas dan tantangan bagi para peneliti untuk terus dikembangkan guna memenuhi permintaan pasar yang semakin meningkat.

Dalam pemanfaatannya, organisme yang mengalami mutasi atau mutan telah ditransformasi melalui gen sehingga dapat meningkatkan ketahanan buah terhadap suhu tinggi yang berkolerasi dengan adanya peningkatan umur simpan tanaman tomat serta memperbaiki kualitas tomat. Di antara mekanisme kerja gen mutan yang berperan untuk menghambat proses kematangan buah adalah penghambatan proses sintesis etilen, sehingga pada akhirnya dalam proses pematangan tidak terjadi peningkatan jumlah etilen.

Beberapa mutan tomat yang dihasilkan karena mutasi yang terjadi pada gen yang terlibat dalam biosintesis dan sinyal transduksi etilen adalah *rin*, *nor* dan *cnr* (Gao *et al.*, 2019). Pada mutan-mutan tersebut etilen tetap digunakan untuk diproduksi selama proses pematangan tetapi ekspresi pematangan buah mengalami penurunan dan tidak mengalami peningkatan walaupun diberi etilen eksogen. Hal ini mengindikasikan bahwa proses fisiologi tumbuhan terkait penghambatan untuk kematangan buah terjadi karena adanya reduksi sensitivitas etilen (Barry *et al.*, 2005). Selain mutan-mutan tersebut, *Sletr1-1* dan *Sletr1-2* merupakan dua mutan yang mengalami mutasi pada bagian transmembran gen reseptor etilen (*SIETR1*) yang memiliki peranan yang penting dalam menghambat kerja etilen dengan tingkat yang berbeda-beda. *Sletr1-1* memiliki karakter sama sekali tidak sensitif terhadap etilen sehingga tidak memunculkan ciri kematangan pada warna buah, sedangkan *Sletr1-2* memiliki karakter sensitif terhadap jumlah etilen yang lebih sedikit, sehingga masih mampu memunculkan ciri kematangan dengan memerahnya warna buah (Mubarok *et al.* 2015). Kedua mutan tersebut sangat efektif dalam memperbaiki kekerasan dan daya simpan buahnya tanpa memengaruhi ukuran buah, produksi etilen, tingkat respirasi, serta kandungan padatan terlarut. Meski demikian, kedua gen berdampak pada pengurangan warna sebagai salah satu bentuk dampak berkurangnya kandungan *lycopene* maupun beta karoten dengan tingkat pengurangan yang tidak begitu besar. Sehingga mutan tersebut dapat direkomendasikan sebagai organisme atau mutan yang berpotensi tinggi untuk ditingkatkan dalam kegiatan perakitan varietas tomat dengan ketahanan simpan buah yang baik (Mubarok *et al.* 2015).

Pemanfaatan Mutasi untuk Menghasilkan Buah Tanpa Biji

Auksin merupakan salah satu zat pengatur tumbuh (ZPT) yang salah satunya memiliki kemampuan untuk menghasilkan buah yang bersifat partenokarpi. Auksin pada umumnya berfungsi untuk meningkatkan kecepatan pemanjangan sel dan bobot basah, sehingga dapat meningkatkan daya serap air untuk memengaruhi proses fisiologis seperti perkembangan buah dan pembentukan biji. Jenis-jenis auksin yang sering digunakan untuk pembentukan buah partenokarpi adalah IAA dan 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D). Serrani *et al.* (2007) menyatakan bahwa penggunaan 2,4-D dengan dosis tinggi mengakibatkan cacat pada tomat, sehingga para peneliti merekomendasikan jenis auksin yang lebih lemah aktivitasnya dari 2,4-D yaitu IAA.

Mutan *iaa9-3* merupakan salah satu mutan yang mengalami mutasi pada gen *IAA9* dan mempunyai karakter buah tanpa biji tanpa dilakukannya polinasi. Gen *IAA9* merupakan bagian dari jenis auksin yang berperan sebagai penekan proses transkripsi melalui jalur persinyalan hormon auksin pada tanaman (Wang *et al.*, 2009). Peran utama dari jenis auksin ini adalah memiliki kemampuan untuk meregulasi buah tomat. Hal tersebut dikembangkan melalui teknologi *antisense* (*As-iaa9*) yang ditandai dengan adanya kelainan pada proses perkembangan termasuk karakteristik yang kuat pada partenokarpi (Wang *et al.*, 2005).

Mutasi pada gen *IAA9* menghasilkan empat mutan yaitu *iaa9-1*, *iaa9-2*, *iaa9-3*, dan *iaa9-4*. Penelitian yang dilakukan oleh Saito *et al.* (2011) menunjukkan bahwa panjang dan lebar buah yang telah berdiferensiasi secara signifikan lebih kecil pada mutan *iaa9-3* dan *iaa9-5*. Sehingga dapat diketahui bahwa mutan *iaa9-4* merupakan mutan yang lebih lemah dibandingkan dengan mutan *iaa9-3* dan *iaa9-5* dalam menghasilkan buah partenokarpi.

Perspektif Masa Depan dalam Pemanfaatan Buah Tomat Partenokarpi Tahan Simpan

Permasalahan lingkungan menjadi salah satu topik khusus yang berpengaruh langsung

terhadap penurunan produktivitas hasil pertanian yang salah satunya diakibatkan oleh pemanasan global. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka peranan teknologi pertanian harus menjadi perhatian khusus. Dengan dikembangkan tomat tahan simpan dan tomat partenokarpik akan menjadi salah satu solusi untuk menghambat penurunan produktivitas tomat pada kondisi lingkungan tercekam akibat adanya efek pemanasan global tersebut.

Penggabungan dua karakter tomat tahan simpan dan partenokarpik atau pembentukan tomat *double mutant* akan menjadi solusi yang tepat, karena akan menghasilkan satu individu tanaman yang mempunyai dua karakter yang diinginkan dalam satu tanaman. Dengan dibentuknya tomat ini yang mempunyai tingkat pembentukan buah yang tinggi pada kondisi suhu tinggi dan mempunyai ketahanan terhadap etilen pada kondisi lingkungan tercekam maka permasalahan dalam pertumbuhan dan pascapanen tomat diharapkan dapat teratasi dengan baik. Oleh sebab itu, maka pembentukan tomat *double mutant* diharapkan mampu berkontribusi dalam meningkatkan produktivitas dan mengurangi kerugian pascapanen tomat sehingga mampu menjadi solusi masa depan terhadap permasalahan produktivitas tomat.

Kesimpulan

Pendekatan hormonal tanaman melalui mutasi pada gen yang terlibat dalam biosintesis dan pensinyalan auksin dan etilen sangatlah penting dalam peningkatan produktivitas tomat. Tomat partenokarpi *iaa9-3* dan *Sletr1-2* merupakan dua tomat mutan yang masing-masing mengalami mutasi pada gen *IAA9* dan *SIETR1*, yang menghasilkan buah tanpa biji dan tahan simpan. Pemanfaatan tomat tersebut untuk pemuliaan tanaman memungkinkan untuk mengatasi permasalahan dalam produksi dan pascapanen tomat di Indonesia.

Daftar Pustaka

Aristya, G.Z., B.S. Daryono, N.S.N. Handayani, T. Arisuryanti. 2015. Karakterisasi Kromosom Tumbuhan dan Hewan. Gadjah Mada University Press.

- Badan Pusat Statistik. 2016. Statistik tanaman sayuran dan buah-buahan semusim. BPS RI. Jakarta.
- Barry, C.S., R.P. McQuinn, A.J. Thompson, G.B. Seymour, D. Grierson, J.J. Giovannoni. 2005. Ethylene insensitivity conferred by the green-ripe and never-ripe 2 ripening mutants of tomato. *Plant Physiology*, 138:267-275.
- Gao, Y., N. Zhu, X. Zhu, *et al.* 2019. Diversity and redundancy of the ripening regulatory networks revealed by the fruitENCODE and the new CRISPR/Cas9 *CNR* and *NOR* mutants. *Hortic Res.* 6(39): 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41438-019-0122-x>
- Gnamamurthy, S., D. Dhanavel, A.L.A. Chidambaram. 2012. Frequency in germination studies of chlorophyll mutants in effectiveness and efficiency using chemical mutagens. *Int. J. Current Life Sci.*, 2:23-27.
- Marliah, A., M. Hayati, I. Muliansyah. 2012. Pemanfaatan pupuk cair organik terhadap pertumbuhan dan hasil beberapa varietas tomat (*Lycopersicon esculantum* Mill). *Jurnal Agrista*, 16 (3) : 122-128.
- Mazzucato, A., F. Cellini, M. Bouzayen, M. Zouine, I. Mila, S. Minoia, E. Petrosza, M.E. Picarella, F. Ruiu, F. Carriero. 2015. A TILLING allele of the tomato *Aux/IAA9* gene offers new insights into fruit set mechanisms and perspectives for breeding seedless tomatoes. *Mol. Breeding*, 35:22.
- Mubarok, S., Y. Okabe, N. Fukuda, T. Ariizumi, T., H. Ezura. 2015. Potential use of a weak ethylene receptor mutant, *Sletr1-2*, as breeding material to extend fruit shelf life of tomato. *Journal of agricultural and food chemistry*, 63(36).
- Mubarok, S., Kusumiyati, H.M.A. Qonit. 2017. Identifikasi dan karakterisasi 11 kultivar tanaman tomat sebagai sumber genetik untuk persilangan. *Agrin* 21(1).
- Mubarok, S., H. Ezura, M.A.H. Qonit, E. Prayudha, Anas, N. Suwali, Kusumiyati, D. Kurnia. 2019. Alteration of nutritional and antioxidant level of ethylene receptor tomato mutants, *Sletr1-1* and *Sletr1-2*. *Scientia Horticulturae*, 256 (15): 108546
- Nazar, R., M.I.R. Khan, N. Iqbal, A. Masood, and N.A. Khan. 2014. Involvement of ethylene in reversal of salt-inhibited photosynthesis by sulfur in mustard. *Physiol. Plant.* 152: 331-344. doi: 10.1111/ppl.12173.

- Okabe, Y., E. Asamizu, T. Saito, C. Matsukura T. Ariizumi, C. Bres, C. Rothan, T. Mizaguchi, H. Ezura. 2011. Tomato TILLING Technology: Development of a reverse genetic tool for the efficient isolation of mutants from Micro-Tom mutant libraries. *Plant Cell Physiology*, 52, 1994–2005.
- Pandolfini, T. 2009. Seedless fruit production by hormonal regulation of fruit set. *Nutrients*. 1(2):168-177.
- Purnamaningsih, R. 2016. Introduksi gen *defh9-iaam* dan *defh9-ri-iaam* ke dalam genom tanaman tomat menggunakan vektor *agrobacterium tumefaciens*. *Jurnal AgroBiogen*. 6(1): 18-25.
- Ruan, Y.L., J.W. Patrick, M. Bouzayen, S. Osorio, Fernie, A.R. 2012. Molecular regulation of seed and fruit set. *Trends Plant Science*. 17:656–665.
- Saito, T., T. Ariizumi, Y. Okabe, E. Asamizu, K. Hiwasa-Tanase, Fukuda, H. Ezura. 2011. TOMATOMA: a novel tomato mutant database distributing Micro-Tom mutant collections. *Plant and cell physiology*, 52(2), 283-296.
- Sellammal, R., and M. Maheswaran. 2013. Mutagenic effectiveness and efficiency based on chlorophyll mutations in M2 generations of Rathu Heenati and PTB33. *Res. J. Agric. Sci*. 4: 428-430.
- Serrani, J.C., M. Fos, A. Atter's, M.J.L. Garci. 2007. Effect of gibberellin and auxin on parthenocarpic fruit growth induction in the cv microtom of tomato. *Journal of Plant Growth Regulators*. 26: 211-221.
- Sinha, R.K. 2004. *Modern plant physiology*. Boca Raton: CRC Press. 462-477.
- Sinha, S., P.H.R. Gowda, S. Kumar, and N.M. Mallikarjuna. 2014. Shelf Life evaluation in selected tomato (*Solanum Lycopersicum* L) F7 Recombinant Inbred Lines (RILs). *Austin Journal of Biotechnology & Bioengineering*, 1(3) : 13-16.
- Sutapa, G.N., dan I.G.A. Kasmawan. 2016. Efek induksi mutasi radiasi gamma 60co pada pertumbuhan fisiologis tanaman tomat (*lycopersicon esculentum* L.). *J. Kes. Rad & Ling*. 1(2):5-11.
- Wang, H., B. Jones, Z. Li, P. Frasse, C. Delalande, F. Regad, S. Chaabouni, A. Latche, J-C. Pech, and M. Bouzayen. 2005. The tomato Aux/IAA transcription factor IAA9 is involved in fruit development and leaf morphogenesis. *Plant Cell* 17:2676–2692
- Wang, H., N. Schauer, B. Usadel, P. Frasse, M. Zouine, and Hernould. 2009. Regulatory features underlying pollination-dependent and independent tomato fruit set revealed by transcript and primary metabolite profiling. *Plant Cell* 21: 1428 – 1452.
- Wasonowati, C. 2011. Meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill) dengan sistem budidaya hidroponik. *Agrovigor* volume 4. Pp 21-28.