

Rahmat, B.P.N. · N. Wicaksana · S. Mubarok · M.J. Ramadhan · M.Z. Putri · H. Ezura

Respons dua generasi tomat mutan insensitif etilen *Sletr1-2* terhadap cekaman kekeringan

Sari Buah tomat tergolong kedalam golongan buah klimaterik. Umur simpan buah tomat sangat dipengaruhi oleh keberadaan etilen. Tomat mutan *NIL Sletr1-2* adalah generasi baru dari tomat insensitif etilen. Buah dari tomat mutan *NIL Sletr1-2* memiliki umur simpan yang lebih lama dari tomat komersial pada umumnya namun kehilangan fungsi untuk merespon keberadaan etilen dapat berpengaruh kepada pertumbuhan dan perkembangan tanaman, khususnya dalam kondisi cekaman. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efek cekaman kekeringan terhadap dua generasi tomat mutan insensitif etilen (*NIL Sletr1-2* dan *BC₃F₁Sletr1-2*), dengan tomat 'Intan' sebagai tanaman kontrol. Ketiga tomat tersebut disiram dengan tiga interval waktu yang berbeda, yaitu: setiap hari (kondisi normal), interval tiga hari (cekaman kekeringan moderat), dan interval lima hari (cekaman kekeringan berat). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam kondisi cekaman kekeringan moderat dan berat, respons morfologis (tinggi tanaman, jumlah daun, dan panjang akar), dan anatomis (jumlah sel epidermis) kedua generasi tomat mutan lebih buruk dari tetuanya tomat 'Intan'. Hal tersebut menunjukkan bahwa berkurangnya sensitivitas etilen meningkatkan kerentanan tanaman dalam kondisi cekaman kekeringan, sekaligus memperkuat anggapan bahwa etilen berperan penting dalam ketahanan tanaman terhadap cekaman lingkungan.

Kata kunci: Cekaman kekeringan · Etilen · Insensitivitas etilen · Tomat mutan

Response of two mutant tomatoes (*Sletr1-2*) generations under drought stress

Abstract Tomato belongs to climacteric fruits, Its fruit shelf life is highly affected by the presence of ethylene. *NIL Sletr1-2* tomato is a novel generation of an ethylene insensitive mutant. Its fruit has prolonged fruit shelf life, lasting longer than commercial ones. However, the loss of function in ethylene response would affect plant growth and development, especially under stress conditions. The objective of this research was to investigate the effect of drought stress on two generations of ethylene insensitive tomato mutants (*NIL Sletr1-2* and *BC₃F₁Sletr1-2*), with 'Intan' as a control plant. Those tomatoes were watered at three different intervals:every day; three days interval; and five days. The results showed that under three and five days watering interval, both generation of ethylene insensitive mutants have reduction in plant morphological response (plant height, number of leaves, and root length) and anatomical response (epidermal cell count), compared to their control, 'Intan'. These results indicated that reduction in ethylene sensitivity could increase plant susceptibility under drought stress condition, thus solidifying the importance of ethylene in plant defence against environmental stress.

Keywords: Drought stress · Ethylene · Ethylene receptor · Tomato mutant

Diterima : 1 Februari 2021, Disetujui : 7 April 2021, Dipublikasikan : 16 April 2021
doi: <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v20i1.32034>

Rahmat, B.P.N.¹ · N. Wicaksana¹ · S. Mubarok² · M.J. Ramadhan² · M.Z. Putri² · H. Ezura³

¹Prodi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran

²Prodi Agroteknopreneur, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran

³Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Japan

Korespondensi: syariful.mubarok@unpad.ac.id

Pendahuluan

Tanaman tomat merupakan tanaman komersial penting bagi perekonomian berbagai Negara, seperti New Zealand, Malawi, dan China (Kamanga *et al.*, 2018). Permintaan tomat di pasar Indonesia terus meningkat setiap tahunnya. Badan Pusat Statistika Indonesia memprediksi kenaikan permintaan pasar akan buah tomat sebesar 5,32% setiap tahunnya, dimulai dari tahun 2017 hingga tahun 2021 (Pusat Pengkajian Perdagangan Dalam Negeri, 2019). Oleh karena itu, produktivitas dan indeks pertanaman tomat perlu ditingkatkan.

Kekeringan merupakan salah satu faktor utama yang mengurangi produktivitas tanaman di dunia (Mishra *et al.*, 2012). Stress akibat kekurangan air menyebabkan terjadinya alterasi pada karakteristik fisiologis, biokimia, kimia, dan morfologis tanaman (Aguirrezabal *et al.*, 2006; Mishra *et al.*, 2012). Tanaman tomat tergolong ke dalam tanaman yang rentan akan kekeringan dan hasil panennya sangat bergantung kepada ketersediaan air (Yuan *et al.*, 2016). Hal tersebut disebabkan tanaman tomat membutuhkan jumlah air yang banyak agar dapat tumbuh dengan baik (Klunklin and Savage, 2017). Menurut Cahyono (1998) tanaman tomat membutuhkan 400-600 mL air setiap harinya untuk terus tumbuh, dengan total air yang dibutuhkan sebesar 100.000 L/tanaman.

Buah tomat termasuk ke dalam golongan buah klimakterik sehingga umur simpannya sangat dipengaruhi oleh keberadaan hormon etilen (Balaguera-Lopez *et al.*, 2015). Salah satu cara untuk memperpanjang umur simpan tanaman tomat adalah melalui perakitan varietas baru menggunakan teknologi mutasi (Ningrumet *et al.*, 2020). Meskipun etilen dapat memperpendek umur simpan buah, etilen berperan penting dalam ketahanan tanaman dalam kondisi cekaman abiotik. Menurut Jung *et al.* (2009) beragam respons stress yang diatur oleh hormon etilen sangat berpengaruh terhadap kemampuan tanaman untuk bertahan hidup pada kondisi stress. Glick *et al.* (2007) melaporkan bahwa etilen berperan sebagai aktivator sistem pertahanan tanaman. Etilen juga berperan dalam produksi hormon antioksidan (Kamanga *et al.*, 2018). Sehingga tanaman yang respons etilennya terganggu akan kesulitan untuk bertahan dalam kondisi tercekam (Jung *et al.*, 2009).

Tomat mutan *Sletr1-2* merupakan tomat mutan yang insensitif terhadap hormon etilen sehingga masa simpan buahnya lebih lama dibandingkan dengan tomat umumnya. Penelitian Okabe *et al.* (2011) menunjukkan bahwa buah yang dihasilkan tomat mutan *Sletr1-2* dapat disimpan selama 30 hari lebih lama dibandingkan dengan tomat komersial yang digunakan sebagai kontrol. Insensitivitas terhadap etilen pada tomat mutan *Sletr1-2* diakibatkan oleh terjadinya mutasi pada posisi kedua dari transmembran reseptor etilen yaitu adanya perubahan asam amino pada P51 yang tersubstitusi menjadi L (Okabe *et al.*, 2011). Namun demikian, tanaman tomat mutan *Sletr1-2* belum diketahui responsnya terhadap kekeringan sehingga perlu diteliti.

Bahan dan Metode

Penanaman dilakukan didalam *screenhouse* yang berlokasi di Kebun Hidroponik Universitas Padjajaran, Kecamatan Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Rancangan penelitian yang dilakukan yaitu rancangan acak kelompok faktorial yang terdiri dari 2 taraf dengan 3 ulangan. Sebagai taraf pertama yaitu kultivar tomat, yaitu tomat Intan (sebagai kontrol), serta dua varietas insensitif etilen: BC₃F₁*Sletr1-2* dan NIL*Sletr1-2*.

Perlakuan penyiraman yang dilakukan yaitu penyiraman setiap hari, 100% kapasitas lapang (kontrol), penyiraman dengan interval 3 hari (51% kapasitas lapang), dan penyiraman dengan interval 5 hari (12% kapasitas lapang). Penelitian dilakukan pada bulan September hingga bulan Oktober 2020. Perlakuan penyiraman dimulai ketika tanaman berusia 3 minggu setelah tanam (MST) dan berlangsung selama 15 hari. Sebelum tanaman berusia 3 MST tanaman disiram setiap hari. Benih tomat mutan NIL*Sletr1-2*, BC₃F₁*Sletr1-2*, dan Intan disemai terlebih dahulu selama 14 hari. Pindah tanam dilakukan pada polybag berdiameter 50 cm yang diisi oleh campuran media tanam *cocopeat*, arang sekam, dan pupuk kandang dengan perbandingan 1:1:1.

Analisis data respon morfologis dan anatomic dilakukan menggunakan *software* pengolah data SPSS 26. Uji lanjut yang digunakan adalah uji Tukey-HSD pada taraf nyata 5%.

Hasil dan Pembahasan

Tinggi Tanaman. Hasil analisis tinggi tanaman pada 15 hari setelah perlakuan (HSP) menunjukkan bahwa interaksi antara kultivar dan interval penyiraman menimbulkan perbedaan yang nyata pada tinggi tanaman (Tabel 1). Cekaman kekeringan menyebabkan kurangnya laju pertambahan tinggi pada semua tomat uji. Pertambahan tinggi tanaman tomat mutan *NIL Slet1-2* sangat dipengaruhi oleh cekaman kekeringan, sehingga pada interval penyiraman 3 hari dan 5 hari nilai pertambahan tinggi dari tomat mutan *NIL Slet1-2* berbeda nyata dengan kultivar lainnya.

Tabel 1. Respons pertambahan tinggi tanaman (cm) tiga kultivar tomat terhadap cekaman kekeringan pada 15 HSP.

Kultivar	Interval Penyiraman		
	1	3	5
Intan	6,05 a	6,38 b	5,84 b
	AB	B	A
BC ₃ F ₁	7,83 b	6,05 b	5,12 b
<i>Slet1-2</i>	C	B	A
<i>NIL Slet1-2</i>	5,89 a	4,44 a	3,61 a
	C	B	A

Keterangan; Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji lanjut Tukey-HSD pada taraf nyata 5%. Huruf kecil dibaca arah horizontal (baris) dan huruf kapital di baca arah vertikal (kolom).

Terhambatnya laju pertambahan tinggi tanaman pada kondisi kekeringan diakibatkan oleh penurunan tekanan turgor yang membatasi pembesaran dan mengurangi ukuran sel (Steuter, 1981; Ningrum *et al.*, 2020). Rendahnya nilai pertambahan tinggi tanaman tomat mutan *Slet1-2* dalam kondisi cekaman kekeringan diakibatkan oleh pertumbuhan daun (Tabel 2), dan akar yang terhambat (Tabel 3), sehingga tomat mutan *Slet1-2* terganggu kemampuan berfotosintesisnya. Jumawati *et al.* (2014) menyatakan bahwa tanaman yang fotosintesisnya terganggu maka pertumbuhannya akan terhambat.

Jumlah Daun. Pengaturan interval penyiraman yang dilakukan selama 15 hari menunjukkan adanya perbedaan nyata dalam jumlah daun yang dimiliki masing-masing tanaman (Tabel 2). Tanaman yang berada dalam

cekaman kekeringan memiliki rata-rata jumlah daun yang lebih sedikit. Hussain *et al.* (2016) menyatakan bahwa salah satu respons tanaman yang berada dalam cekaman kekeringan adalah pembatasan pembentukan daun.

Tabel 2. Respons jumlah daun tanaman tiga kultivar tomat terhadap cekaman kekeringan pada 15 HSP.

Kultivar	Interval Penyiraman		
	1	3	5
Intan	31 a	31 c	29,67 c
	B	B	A
BC ₃ F ₁ <i>Slet1-2</i>	30,33 b	29,33 b	26,33 b
	C	B	A
<i>NIL Slet1-2</i>	30,33 a	26,33 a	25 a
	C	B	A

Keterangan; Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji lanjut Tukey-HSD pada taraf nyata 5%. Huruf kecil dibaca arah horizontal (baris) dan huruf kapital di baca arah vertikal (kolom).

Jumlah daun tomat mutan *NIL Slet1-2* dan BC₃F₁ *Slet1-2* lebih sedikit dibandingkan dengan tomat Intan pada kondisi cekaman kekeringan. Hal tersebut disebabkan oleh pertumbuhan akar kedua tomat mutan yang terhambat (Tabel 3) dan akibat kematian sel yang terjadi pada bagian daun tanaman yang disebabkan oleh akumulasi ROS (*Reactive Oxygen Species*) pada jaringan tanaman (Poóret *et al.*, 2015). Alves *et al.* (2017) melaporkan hasil penelitian yang serupa, daun tanaman tomat mutan insensitif etilen lainnya, yaitu tomat mutan *Never ripe* (*Nr*) mengandung lebih banyak senyawa ROS dibandingkan dengan *Wild type*-nya. Terhambatnya pertumbuhan akar menyebabkan terjadinya defisiensi hara (Babu *et al.*, 2012), sementara kematian sel pada bagian daun mengurangi kemampuan tanaman untuk berfotosintesis (Alves *et al.*, 2017).

Panjang akar. Hasil analisis panjang akar setelah 15 HSP menunjukkan adanya interaksi antara kultivar dengan interval penyiraman yang menyebabkan timbulnya perbedaan nyata pada nilai panjang akar tanaman (Tabel 3). Tanaman yang berada dalam kondisi tercekam oleh kekeringan memiliki panjang akar yang lebih pendek dibandingkan dengan tanaman yang tumbuh dalam kondisi normal. Pertumbuhan dan perkembangan akar merupakan salah satu karakter morfologi dan fisiologi yang terkait dengan sifat toleran terhadap cekaman

kekeringan (Bohn *et al.*, 2006). Perpanjangan akar dalam kondisi tercekam merupakan ciri dari tanaman yang toleran. Akar yang panjang mempermudah penyerapan air dalam kondisi cekaman (Kulkarni & Deshpande, 2007).

Tabel 3. Respons panjang akar tanaman (cm) tiga kultivar tomat terhadap cekaman kekeringan pada 15 HSP.

Kultivar	Interval Penyiraman		
	1	3	5
Intan	20,67 b	20,67 c	19,67 c
	B	B	A
BC ₃ F ₁ <i>Sletr</i> 1-2	21,33 b	19,67 b	15,67 b
	B	B	A
NIL <i>Sletr1-2</i>	19,67 a	12,33 a	9,67 a
	C	B	A

Keterangan; Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji lanjut Tukey-HSD pada taraf nyata 5%. Huruf kecil dibaca arah horizontal (baris) dan huruf kapital di baca arah vertikal (kolom).

Tanaman tomat mutan NIL *Sletr1-2* dan BC₃F₁ *Sletr1-2* memiliki panjang akar yang lebih pendek dari tomat Intan pada kondisi cekaman kekeringan moderat ataupun berat (Tabel 3). Hal tersebut disebabkan oleh terinisiasinya PCD (*Programmed Cell Death*) pada bagian jaringan apikal akar akibat O₂⁻ yang berikatan dengan NO (Chmielowska-Bąk *et al.*, 2014). Poór *et al.* (2015) melaporkan hal yang serupa dengan hasil penelitian ini, PCD terinisasi pada jaringan apikal akar tanaman tomat mutan insensitif etilen Nr lebih awal dari *Wild type*-nya, sehingga pertumbuhan akarnya terhambat lebih awal.

Jumlah sel epidermis. Hasil analisis jumlah sel epidermis setelah 15 HSP menunjukkan adanya interaksi antara kultivar dengan interval penyiraman yang menyebabkan timbulnya perbedaan nyata pada nilai jumlah sel epidermis (Tabel 4).

Tanaman yang berada dalam kondisi tercekam oleh kekeringan memiliki jumlah sel epidermis yang lebih banyak. Menurut Bosabalidis & Kofidis (2002), hal tersebut merupakan bentuk adaptasi tanaman terhadap kondisi lingkungannya. Jumlah sel epidermis pada daun tanaman tomat mutan NIL *Sletr1-2* dan BC₃F₁ *Sletr1-2* lebih tinggi dibandingkan dengan jumlah sel epidermis pada daun tomat

Intan. Menurut Skirycz *et al.* (2011) etilen berperan dalam pemberhentian proliferasi sel epidermis daun dalam kondisi cekaman. Insensitivitas etilen menyebabkan sel epidermis tomat mutan NIL *Sletr1-2* dan BC₃F₁ *Sletr1-2* dapat terus berproliferasi pada kondisi cekaman kekeringan (Tabel 4).

Tabel 4. Respons jumlah sel tiga kultivar tomat terhadap cekaman kekeringan pada 15 HSP.

Kultivar	Interval Penyiraman		
	1	3	5
Intan	740 b	896 c	1008 c
	B	B	A
BC ₃ F ₁	614 b	913 b	1181 b
<i>Sletr 1-2</i>	B	B	A
NIL	646 a	1024 a	1291 a
<i>Sletr1-2</i>	C	B	A

Keterangan; Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji lanjut Tukey-HSD pada taraf nyata 5%. Huruf kecil dibaca arah horizontal (baris) dan huruf kapital di baca arah vertikal (kolom).

Namun, pertumbuhan dan pembelahan sel yang terjadi pada kondisi cekaman, dapat berdampak buruk terhadap survivabilitas tanaman dalam kondisi tercekam. Tanaman arabidopsis mutan insensitif etilen ein 2,5 dan etr 1,3 memiliki jumlah dan ukuran sel epidermis yang lebih besar dari kontrol di awal cekaman, namun pertumbuhannya menjadi lebih buruk dibandingkan *Wild-type*-nya setelah 22 hari tercekam kekeringan (Skirycz *et al.* 2010).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang didapat maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Adanya interaksi antara kultivar dan interval penyiraman yang berpengaruh terhadap respons morfologis dan anatomis tanaman tomat mutan insensitif etilen NIL *Sletr1-2*, BC₃F₁ *Sletr1-2*, dan tomat Intan.
2. Tanaman tomat mutan NIL *Sletr1-2* sangat rentan terhadap cekaman kekeringan.
3. Tanaman tomat mutan NIL *Sletr1-2* memiliki toleransi terhadap cekaman kekeringan seperti kontrol, kecuali pada parameter tinggi tanaman dan jumlah daun.

Daftar Pustaka

- Aguirrezabal, L., Bouchier- Combaud, S., Radziejwoski, A., Dauzat, M., Cookson, S. J., & Granier, C. 2006. Plasticity to soil water deficit in *Arabidopsis thaliana*: dissection of leaf development into underlying growth dynamic and cellular variables reveals invisible phenotypes. *Plant, Cell & Environment*, 29(12), 2216-2227.
- Alves, L. R., Monteiro, C. C., Carvalho, R. F., Ribeiro, P. C., Tezotto, T., Azevedo, R. A., & Gratão, P. L. 2017. Cadmium stress related to root-to-shoot communication depends on ethylene and auxin in tomato plants. *Environmental and Experimental Botany*, 134, 102-115.
- Babu, M. A., Singh, D., & Gothandam, K. M. 2012. The effect of salinity on growth, hormones and mineral elements in leaf and fruit of tomato cultivar PKM1. *J Anim Plant Sci*, 22(1), 159-164.
- Balaguera-López, H. E., Martínez, C. A., & Herrera A, A. 2015. Refrigeration affects the postharvest behavior of 1-methylcyclopropenetreated cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruits with the calyx. *Agronomía Colombiana*, 33(3), 356-364.
- Bohn, M., J. Novais, R. Fonseca, R. Tuberrosa, & T.E. Grift. 2006. Genetic evaluation of root complexity in maize. *Acta Agro. Hungarica*. 54(3):1-13.
- Bosabalidis, A. M., & Kofidis, G. 2002. Comparative effects of drought stress on leaf anatomy of two olive cultivars. *Plant science*, 163(2), 375-379.
- Cahyono. B. 1998. Tomat, Budidaya dan Analisis Usaha Tani. Kanisius. Yogyakarta
- Chmielowska-Bąk, J., Gzyl, J., Rucińska-Sobkowiak, R., Arasimowicz-Jelonek, M., Deckert, J., 2014. The new insights into cadmium sensing. *Front. Plant Sci.* 5, 245. doi:10.3389/fpls.2014.00245
- Glick, B., R., Cheng, Z., Czarny, J., Duan, J. 2007. Promotion of plant growth by ACC deaminase-containing soil bacteria. *Eur J Plant Pathol* 119:329-339
- Hussain, M. A., S.H. Wani, S. Bhattacharje., D.J. Burrit., L. Phan Tran. 2016. Drought Stress Tolerance in Plants, Vol 1. Physiology and Biochemistry. Springer. 1-17.
- Jumawati, R., Sakya, A. T., & Rahayu, M. 2014. Pertumbuhan Tomat pada Frekuensi Pengairan yang Berbeda. *Agrosains: Jurnal Penelitian Agronomi*, 16(1), 13-18.
- Jung, J. Y., Shin, R., & Schachtman, D. P. 2009. Ethylene mediates response and tolerance to potassium deprivation in *Arabidopsis*. *The Plant Cell*, 21(2), 607-621.
- Kamanga, R. M., Mbega, E., & Ndakidemi, P. 2018. Drought tolerance mechanisms in plants: physiological responses associated with water deficit stress in *Solanum lycopersicum*. *Adv. Crop Sci. Technol.*, 6(3), 1-8.
- Klunkl, W., & Savage, G. 2017. Effect on quality characteristics of tomatoes grown under well-watered and drought stress conditions. *Foods*, 6(8), 56.
- Kulkarni, M., U. Deshpande. 2007. In vitro screening of tomato genotypes for drought resistance using polyethylene glycol. *Afr. J. Biotechnol.* 5 (16): 1488-1493.
- Mishra, K. B., Iannaccone, R., Petrozza, A., Mishra, A., Armentano, N., La Vecchia, G., Trtílek , M., Cellini, F., & Nedbal, L. 2012. Engineered drought tolerance in tomato plants is reflected in chlorophyll fluorescence emission. *Plant Science*, 182, 79-86.
- Ningrum, A. R., Nuraini, A., Suminar, E., & Mubarok, S. 2020. Respons dua mutan tomat terhadap cekaman kekeringan. *Kultivasi*, 19(2), 1156-1161.
- Okabe, Y., Asamizu, E., Saito, T., Matsukura, C., Ariizumi, T., Brès, C., Rothan, T., Mizoguchi T., & Ezura, H. 2011. Tomato TILLING technology: development of a reverse genetics tool for the efficient isolation of mutants from Micro-Tom mutant libraries. *Plant and cell physiology*, 52(11), 1994-2005.
- Poór, P., Kovács, J., Borbély, P., Takács, Z., Szepesi, Á., & Tari, I. 2015. Salt stress-induced production of reactive oxygen-and nitrogen species and cell death in the ethylene receptor mutant Never ripe and wild type tomato roots. *Plant Physiology and Biochemistry*, 97, 313-322.
- Pusat Pengkajian Perdagangan Dalam Negeri. 2019. Analisis Perkembangan Harga Bahan Pangan Pokok di Pasar Domestik dan Internasional.
- Skirycz, A., Claeys, H., De Bodt, S., Oikawa, A., Shinoda, S., Andriankaja, M., ... & Saito, K. 2011. Pause-and-stop: the effects of osmotic stress on cell proliferation during early leaf

- development in *Arabidopsis* and a role for ethylene signaling in cell cycle arrest. *The Plant Cell*, 23(5), 1876-1888.
- Skirycz, A., De Bodt, S., Obata, T., De Clercq, I., Claeys, H., De Rycke, R., Andriankaja, M., Van Aken, O., Van Breusegem, F., Fernie, A.R., and Inze', D. 2010. Developmental stage specificity and the role of mitochondrial metabolism in the response of *Arabidopsis* leaves to prolonged mild osmotic stress. *Plant Physiol.* 152: 226-244.
- Streuter, A. 1980. Water potential of aqueous polyethylen glycol. *Plant Physiol.* 64(1): 64-67.
- Yuan, X. K., Yang, Z. Q., Li, Y. X., Liu, Q., & Han, W. 2016. Effects of different levels of water stress on leaf photosynthetic characteristics and antioxidant enzyme activities of greenhouse tomato. *Photosynthetica*, 54(1), 28-39.