

EKSPRESI GEN TANAMAN TOMAT PADA CEKAMAN KEKERINGAN

Agus Suryanto³

ABSTRAKS

Untuk memacu produktivitas, strategi yang dapat dikembangkan di lahan kering adalah (1) memberikan input yang tinggi dengan memanipulasi lahan sehingga menjadi sesuai untuk pertumbuhan tanaman (*high input approach*) dan (2) menggunakan varietas tanaman yang adaptif terhadap kondisi lahan *kering (low input approach)*. Tomat merupakan tanaman semusim, yang berumur pendek dan berbentuk perdu. Tinggi tanaman dapat mencapai 2 sampai 3 meter atau lebih, berbatang lunak dan bulat. Batang sewaktu masih muda mudah patah, setelah tua menjadi keras hampir berkayu dan seluruh permukaan batangnya berbulu halus serta bercabang. Daun tomat umumnya lebar, bersirip dan berbulu dengan panjang antara 20-30 cm. Lebarinya sekitar 15-20 cm dan biasanya tumbuh dekat ujung dahan (cabang). Tangkai daun bulat panjang sekitar 7-10 cm dan tebalnya antara 0,3-0,5 cm (Rukmana, 1994). Pertumbuhan tanaman dibatasi oleh jumlah air tanah yang tersedia. Kekurangan air akan mengganggu aktivitas fisiologis, pertumbuhan anatomi morfologis yang dapat mengakibatkan kematian (Jumin, 1989). Tyler dan Overton (1982), menambahkan bahwa cekaman kekeringan pada pertumbuhan tanaman ditandai dengan terhambatnya laju pertumbuhan dan modifikasi morfologi tanaman. Tanaman tomat yang tahan terhadap kekeringan memiliki penanda morfologi antara lain : memiliki jumlah dan kerapatan bulu daun yang tinggi, sedang untuk penanda anatomi yaitu memiliki ketebalan dinding sel penjaga yang tebal, memiliki jumlah dan kerapatan stomata yang sedikit, memiliki lapisan kutikula yang tebal. Kecepatan membuka dan menutupnya stomata daun sangat menentukan kemampuan bertahan tanaman pada kondisi kekurangan air. Pada penanda biokimia tanaman yang tahan terhadap kekeringan mempunyai kandungan ABA dan Asam Amino proline yang tinggi. Fenotip yang dapat kita amati dari suatu genotip tanaman pada kondisi cekaman kekeringan merupakan manifestasi ekspresi gen. Faktor lingkungan berpengaruh pada ekspresi gen suatu tanaman

Kata kunci : Ekspresi gen, Air, Kekeringan, Tanaman Tomat

³ Agus Suryanto adalah Staf Pengajar Fakultas Pertanian Unmer Ponorogo

PENDAHULUAN

Perkembangan pertumbuhan daerah perkotaan yang begitu pesat menimbulkan dampak pada penyusutan lahan pertanian yang subur oleh adanya alih fungsi lahan pertanian ke penggunaan non pertanian. Untuk mencukupi kebutuhan sandang, pangan dan komoditi lain yang terus meningkat dibutuhkan ekstensifikasi dalam bidang pertanian. Perluasan area pertanian dalam mengimbangi penyusutan lahan terutama diarahkan kepada optimalisasi lahan marjinal yang masih banyak tersebar di wilayah Indonesia seperti : Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, Nusa Tenggara dan Irian Jaya. Lahan kering merupakan salah satu lahan yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai lahan pertanian produktif. Ditinjau dari luasannya, lahan yang tersedia yang siap untuk dikembangkan mencapai luasan sekitar 17,1 juta ha yang tersebar diluar Jawa. Selain itu masih terdapat lahan kering marjinal bertopografi curam yang berpotensi dikembangkan pula menjadi lahan produktif seluas 88.173 juta ha yang tersebar di Jawa, Bali, Sumatera, Sulawesi, Maluku, Nusa Tenggara dan Irian Jaya.

Lahan marjinal mempunyai pengertian sebagai lahan yang memiliki potensi rendah sampai sangat rendah untuk digunakan sebagai lahan pertanian produktif, dengan penerapan suatu teknologi dan sistem pengelolaan yang tepat potensi lahan tersebut dapat ditingkatkan menjadi lebih produktif dan berkelanjutan.

Guna memacu peningkatan produktivitas, strategi yang bisa dikembangkan di lahan kering yaitu (1) memberikan masukan yang tinggi dengan memanipulasi lahan sehingga menjadi sesuai untuk pertumbuhan tanaman (high input approach) dan (2) penggunaan varietas tanaman yang adaptif pada kondisi lahan kering (low input approach). Pertimbangan-pertimbangan untuk memuliakan sumberdaya alam, menekan biaya pelestarian lingkungan hidup, kendala yang besar dan seringnya kegagalan dengan pendekatan input tinggi memicu kepada pendekatan input rendah (low input approach) melalui program pemuliaan. Penggunaan penanda morfologi,

biokimia dan molekuler merupakan salah satu metode yang dapat membantu program pemuliaan untuk menyeleksi varietas-varietas adaptif terhadap kondisi kekeringan.

KERAGAAN TANAMAN TOMAT

Tomat merupakan tanaman semusim, yang berumur pendek dan berbentuk perdu. Tinggi tanaman dapat mencapai 2 sampai 3 meter atau lebih, berbatang lunak dan bulat. Batang sewaktu masih muda mudah patah, setelah tua menjadi keras hampir berkayu dan seluruh permukaan batangnya berbulu halus serta bercabang. Daun tomat umumnya lebar, bersirip dan berbulu dengan panjang antara 20-30 cm. Lebaranya sekitar 15-20 cm dan biasanya tumbuh dekat ujung dahan (cabang). Tangkai daun bulat panjang sekitar 7-10 cm dan tebalnya antara 0,3-0,5 cm (Rukmana, 1994).

Bunga tanaman tomat tersusun dalam rangkaian bunga yang jumlah kuntum bunganya beragam antara varietas (Atherton dan Rudich, 1986). Kuntum bunga tomat terdiri atas 5 daun kelopak dan 5 helai daun mahkota, memiliki bakal buah, kepala putik, tangkai putik serta benang sari. Serbuk sari terdapat dalam kantong sari, letaknya seakan-akan menjadi satu sehingga membentuk tabung yang mengelilingi tangkai kepala putik (stylus). Sebagian besar bunga tomat menyerbuk sendiri.

Buah tomat umumnya berbentuk bulat atau bulat pipih, oval dengan ukuran panjang 4-7 cm, diameter 3-8 cm. Kedudukan buah tomat berada di atas tangkai buah, berkulit tipis, halus dan berwarna merah muda, merah dan kuning bila sudah masak (Tugiyono, 1995).

Sistem perakaran tanaman tomat memiliki akar tunggang dan akar-akar cabang yang melebar ke semua arah pada kedalaman hingga 60 sampai 70 cm, Berdasarkan pertumbuhan batangnya, Atherton dan Rudich (1986) mengelompokkan tanaman tomat menjadi tiga tipe, yaitu :

- a. Determinate, yaitu tanaman tomat yang pertumbuhan batangnya dakhiri dengan rangkaian bunga atau buah, periode panen buahnya relatif pendek, dan habitus tanaman relatif pendek.

- b. Indeterminate, yaitu tanaman tomat yang pertumbuhan batangnya tidak diakhiri dengan rangkaian bunga atau buah, periode panen buahnya relatif panjang, dan habitus tanaman umumnya tinggi.
- c. Semi-indeterminate, ditandai dengan sifat diantara kedua tipe tadi.

PERANAN AIR BAGI PERTUMBUHAN TANAMAN

Pertumbuhan tanaman dibatasi oleh jamur air tanah yang tersedia. Kekurangan air akan mengganggu aktivitas fisiologis, pertumbuhan anatomi morfologis yang dapat mengakibatkan kematian (Jumin, 1989). Tyler dan Overton (1982), menambahkan bahwa cekaman kekeringan pada pertumbuhan tanaman ditandai dengan terhambatnya laju pertumbuhan dan modifikasi morfologi tanaman.

Air merupakan unsur pokok dari pertumbuhan tanaman. Fungsi air dalam tanaman meliputi :

- a. Merupakan bagian penting dari protoplasma
- b. Sebagai pelarut dalam proses fotosintesis dan proses hidrolitik seperti perubahan pati menjadi gula
- c. Bagian penting dalam menstabilkan turgor sel tanaman, pembesaran sel, pertumbuhan, proses pembekuan stomata dan pembentukan daun.
- d. Sebagai pengatur suhu tanaman
- e. Sebagai pelarut gas, mineral dan bahan padat lainnya.

Air masuk ke dalam tumbuhan melalui difusi pada daun melalui atmosfer tanah pada akar (Heddy, 1987). Nilai osmosis suatu tanaman tidak konstan pada waktu banyak air. Pada musim penghujan banyak tanaman mempunyai nilai osmosis lebih rendah dibandingkan pada waktu musim kering. Daun-daun yang terkena sinar matahari langsung mempunyai nilai osmosis yang tinggi dibanding daun-daun yang tidak mendapat sinar matahari langsung (Harjadi, 1989).

Transpirasi berpengaruh pada kemampuan sel-sel akar untuk menyerap unsur hara. Peningkatan transpirasi mempercepat pengangkutan air dan unsur hara dari akar ke daun (Dwidjoseputro, 1992). Pada tanaman transpirasi pada

hakekatnya merupakan suatu penguapan air yang membawa garam-garam mineral dari dalam tanah (Harjadi, 1989). Faktor-faktor yang mempengaruhi transpirasi menurut Lakitan (1993) adalah :

1. Faktor-faktor internal yang mempengaruhi mekanisme membuka-menutupnya stomata.
2. Kelembaban udara sekitar tanaman
3. Suhu udara sekitar tanaman
4. Suhu daun tanaman
5. Kecepatan angin

Air merupakan faktor pembatas penting pada proses fotosintesis. Tanaman yang mengalami cekaman kekeringan akan mengalami penutupan stomata untuk mengurangi transpirasi dari daun (Prasetyo, 1982 dalam Heddy, 1987). Harjadi dan Yahya (1988) menjelaskan bahwa penutupan stomata juga dipengaruhi oleh kelembaban relatif yang terjadi di udara. Kelembaban berperan pada perkembangan kutikula, mencegah hidrasi kutikula, transpirasi yang akhirnya juga sangat berperan mengurangi kekurangan air. Kelembaban relatif yang rendah secara morfologis mempengaruhi ketebalan endapan lilin. Kondisi ini secara fisiologis mempengaruhi kecepatan transpirasi. Lapisan lilin yang tebal menghalangi energi cahaya mencapai klorofil, sehingga mengurangi efisiensi fotosintesis. Pada keadaan ini kejenuhan intensitas sinar dan laju fotosintesis maksimum akan menurun (Gardner *et al.*, 1991).

Keterbatasan air mempengaruhi setiap aspek pertumbuhan tanaman, bentuk anatomi, morfologi, fisiologi dan biokimia tanaman. Batang menjadi lebih kecil, di beberapa tempat kering, ukuran daun biasanya lebih kecil dan mudah jatuh, saluran sel-sel nampak lebih terang (Kozlowski, 1968; Slatyer, 1967). Setiap kali air berkurang jumlahnya, pertumbuhan menjadi berkurang dan biasanya berkurang pula hasil panen tanaman budidaya (Gardner *et al.*, 1991).

Karakteristik terpenting dari sistem perakaran untuk kelangsungan hidup tanaman pada kondisi kering ialah kemampuan akar yang melebar secara

efisien, cepat dan terus menerus. Ketika cekaman kekeringan berlangsung pada lapisan atas tanah, akan terbentuk akar baru. Beberapa rumput-rumputan dapat secara cepat berkembang membentuk nodul baru atau tudung akar pada siklusnya. Hal ini dapat menyelamatkan tanaman akibat kekeringan. (Russel, 1978).

Cekaman kekeringan yang lama dapat meningkatkan ketebalan dan kepadatan kutikula, menurunkan tingkat serapan air dan metabolisme dalam tanaman. Kelayuan yang berkepanjangan menyebabkan kutikula kurang permeabel pada air. Kondisi ini menimbulkan hambatan pertumbuhan batang dan daun, mengurangi kecepatan transpirasi, menurunkan respirasi, menurunkan aktifitas enzim, mengurangi pembelahan sel dan mengurangi sintesa protein. Akibat lain adalah meningkatnya enzim hidrolitik, menutupnya stomata dan peningkatan asam absisik (Harjadi dan Yahya, 1988). Selanjutnya Milborrow (1981) mengatakan bahwa asam absisik muncul jika tanaman mulai mengalami kelayuan.

PERANAN AIR BAGI PERTUMBUHAN TANAMAN TOMAT

Menurut Thompson dan Kelly (1979) pemberian air sangat penting bagi pertumbuhan tanaman tomat yang tumbuh pada daerah yang mendapat sedikit curah hujan atau tidak ada hujan sama sekali selama pertumbuhannya. Selanjutnya Phene (1989) menambahkan bahwa frekuensi pemberian air yang diperlukan oleh tanaman dipengaruhi oleh kondisi iklim atau cuaca, spesies tanaman, varietas, fase pertumbuhan, karakteristik perakaran, kapasitas air yang disimpan tanah, tekstur dan sistem pengelolaan pengairan.

Yamaguchi (1983) mengemukakan bahwa, jumlah kebutuhan air untuk setiap harinya bergantung pada suhu lapang, dimana bila dibawah suhu dingin air yang digunakan untuk evapotranspirasi sebesar 0,3 cm perhari. Sebaliknya di bawah kondisi iklim yang panas dan kering evapotranspirasi akan meningkat lebih tiga kali lipat menjadi 1 cm perhari.

Menurut Doorenbos dan Kassam (1979), kebutuhan total air setelah transplanting bagi tanaman tomat yang mempunyai periode tumbuh 90-120

hari sebesar 400-600 mm bergantung pada keadaan iklim. Kebutuhan air ini berhubungan erat dengan evapotranspirasi reference dalam mm perbulan dan koefisien tanaman setiap fase pertumbuhan.

Respon tanaman tomat terhadap pemberian air menurut Van Oategem *et al.* (1982 dalam Phene, 1989) menunjukkan bahwa kebutuhan air untuk tanaman sekitar 525 mm pada saat mencapai hasil maksimum 113 ton/hektar. Bila suatu tanah tidak lagi mengandung air yang cukup, tanaman akan mengalami proses kelayuan. Pada keadaan demikian, tanaman mengalami kekurangan air yang sangat atau mengalami cekaman kekeringan. Keadaan tanah demikian disebut titik layu (Dwidkoseputro, 1982). Tanaman yang mengalami cekaman kekeirngan akan mengalami penutupan stomata untuk mengurangi proses transpirasi dari daun. Penutupan stomata mengakibatkan terjadinya proses penghambatan masuknya CO₂ ke dalam daun. Ini akan menurunkan kejenuhan terhadap intensitas sinar matahari dan akan menurunkan laju fotosintesis maksimum (Heddy, 1987). Hasil penelitian Paez *et al.* (1984) menunjukkan bahwa kondisi CO₂ rendah, total potensial air menurun, sehingga nilainya lebih rendah dibandingkan potensial osmotik. Perbedaan ini menyebabkan menurunnya fungsi stomata sebagai penghantar, sehingga rata-rata nilai transpirasi tinggi.

Pengaruh kekurangan air terhadap hasil tanaman terutama ditentukan oleh tingkat dan waktu berlangsungnya kekurangan air tersebut. Salter dan Goode (1967) menyimpulkan bahwa dari banyak penyelidikan empiris kekurangan air pada tahap awal ontogenis reproduksi menyebabkan pengurangan hasil terbesar. Dijelaskan lebih lanjut oleh Rao dan Bhatt (1992) dari hasil penelitian cekaman kekeringan selama perkembangan buah, kerontokan buah meningkat sebelum pemangkasan (20-50 % buah rontok), sedangkan cekaman kekeringan yang diikuti oleh suhu dibawah 28°C selama pembentukan buah, kerontokan mencapai 30-45 %. Produksi untuk masing-masing perlakuan cekaman kekeringan selama pertumbuhan vegetatif sampai

kuncup bunga, cekaman selama pembuahan dan cekaman mulai saat berkecambah turun masing-masing 1,3 – 51,9 % ; 0 – 70,2 % dan 20 – 81,7 % . Hsio, 1973 (dalam Gardner *et al.*, 1991) mengemukakan bahwa berkurangnya potensial air mengakibatkan terjadinya perubahan konsentrasi asam absisik dan asam amino prolin.

Peningkatan kelembaban tanah dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman tomat (Heddy, 1987). Akan tetapi pemberian air yang berlebihan saat pembesaran buah dan tanah mulai mengering dapat menyebabkan buahnya pecah. Hujan lebat setelah kekeringan dapat pula menyebabkan buah pecah-pecah (Trisnawati dan Setiawan, 1993).

Untuk memperoleh produksi dan kualitas buah yang tinggi, tanaman tomat membutuhkan pengontrolan pemberian air selama periode pertumbuhannya. Pemberian air yang tepat merupakan usaha peningkatan produksi tomat.

TOLERANSI TANAMAN TOMAT TERHADAP KEKURANGAN AIR

Peningkatan produksi tanaman tomat pada kondisi kekurangan air dapat diatasi dengan melakukan seleksi varietas yang mampu memperbaiki sifat resistensi dan adaptasinya terhadap kekeringan. Menurut Kramer (1980) penampilan semua karakter dikendalikan oleh interaksi sifat keturunan (genotipa) dan lingkungan. Bila karakteristik relatif tetap tidak mengalami perubahan terhadap perubahan lingkungan dapat dikatakan tanaman tersebut mempunyai daerah penyebaran yang luas atau adaptasinya luas.

Heddy (1987) mengatakan bahwa apabila tanah tidak lagi mengandung air cukup untuk memenuhi kebutuhan suatu tanaman, maka tanaman itu akan mengalami proses kelayuan. Pada keadaan demikian, tanaman mengalami kekurangan air yang sangat. Terjadinya kekurangan air pada tanaman dapat disebabkan oleh dua hal, yaitu kurangnya air tersedia di daerah perakaran dan terjadinya penguapan yang berlebihan (Ritchi, 1980 *dalam* Faisol, 1991).

Ketahanan kekeringan secara umum adalah mekanisme tanaman untuk bertahan pada periode keadaan kekeringan (Jones *et al.*, 1981). Tiga tipe utama ketahanan tanaman terhadap kekeringan dapat didefinisikan sebagai berikut :

- a. Tahap kekeringan, yaitu kemampuan tanaman secara menyeluruh untuk terus hidup, tumbuh dan memberikan hasil pada keadaan kekeringan.
- b. Terhindarnya dari kekeringan, yaitu kemampuan tanaman untuk mempertahankan kandungan air yang tinggi dalam jaringan tanaman dengan menyerap air dalam jumlah besar dan mengurangi kehilangan air dengan cara penutupan stomata.
- c. Toleran terhadap kekeringan, yaitu kemampuan sel-sel jaringan tanaman untuk tetap hidup dan berfungsi meskipun jaringan dalam keadaan kekurangan air (Sullivan dan Ross, 1979 dalam Anonymous, 1991).

Levitt (1980) membedakan dua mekanisme di dalam tanaman untuk terhindar dari kehilangan air, yaitu mengurangi transpirasi dengan menyimpan air dan tanaman membuang air. Faisal (1991) menerangkan bahwa kekurangan air akan mempengaruhi setiap pertumbuhan tanaman termasuk anatomi, morfologi, fisiologi dan biokimia. Pengaruh kekurangan air terhadap pertumbuhan tanaman tidak sama untuk setiap jenis tanaman dan fase tumbuhan tanaman tersebut. Phene (1989) menyatakan bahwa tanaman tomat sangat sensitif terhadap kekurangan air serta kondisi suhu yang tinggi, dan aerasi tanah yang jelek dan menghambat pertumbuhan dan perkembangannya. Penurunan ukuran tanaman menurut Kramer (1980) adalah persoalan pokok akibat kekurangan air yang terjadi dalam jangka waktu lama.

Salter dan Goode (1967) menjelaskan bahwa tanaman tomat sangat responsif terhadap kondisi tanah yang lembab saat menjelang pembungaan, pembentukan buah, dan akan memberikan respon yang berbeda terhadap pertumbuhan akar.

Pada kondisi kering akar tanaman akan menunjukkan adanya respon setempat, dimana pertumbuhan akar akan lebih terpusat pada tempat yang lebih basah (Hairiah dan Noordwijk, 1993). Pada kondisi kekurangan air akar akan

tumbuh lebih panjang, lebih halus dan banyak cabang serta rasio antara akar dan tajuk menjadi besar (Jumin, 1989).

Tanaman tomat sensitif terhadap cekaman kekeringan sesaat setelah tanaman dipindah ke lapang. Selain itu kekurangan air selama fase pembentukan bunga dapat menyebabkan gugurnya bunga dan kekurangan air selama fase pertumbuhan vegetatif akan meningkatkan pertumbuhan akar (Dorenbos dan Kassam, 1979). Dijelaskan lebih lanjut oleh Biduri dan Henderson (1985) bahwa dari hasil penelitiannya mengenai kekurangan air pada tanaman tomat yang dilakukan di rumah kaca dan dilapang dengan 4 taraf : tidak mengalami kekurangan air (100 %), kekurangan air sedang (75 %), kekurangan air tinggi (50 %), dan kekurangan air sangat tinggi (25 %).

Kekurangan air berpengaruh terhadap komponen reproduksi, dimana pengaruhnya bergantung pada tingkat kekurangannya. Kekurangan air yang sedang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan fruit set, sedangkan kekurangan air yang tinggi dan sangat tinggi berpengaruh terhadap kecepatan pembungaan, fruit set dan menurunnya jumlah bunga pertandan (Biduri dan Henderson, 1985). Selanjutnya Turner *et al.* (1984) menjelaskan bahwa akibat kekurangan air adalah kehilangan vigor tanaman, kelayuan, penghentian perkembangan sel, penutupan stomata daun, penurunan laju fotosintesis dan terganggunya proses metabolisme tanaman.

Penurunan tekanan turgor mengakibatkan pembesaran sel turun, sehingga perkembangan sel menjadi terhenti dan stomata menutup. Hal ini menyebabkan suplai CO₂ berkurang sehingga laju proses fotosintesis menurun dan akan berpengaruh terhadap akumulasi fotosintat yang dihasilkan. Menurunnya proses fotosintesis mengurangi translokasi karbohidrat dan zat pengatur pertumbuhan akibatnya proses metabolisme terganggu sehingga pertumbuhan tanaman menjadi menurun.. selanjutnya Gale *et al.* (1967) menjelaskan bahwa tekanan turgor sangat berperan dalam menentukan ukuran tanaman. Turgor berpengaruh pembesaran dan perbanyakan sel tanaman,

membuka dan menutupnya stomata, perkembangan daun, pembentukan dan perkembangan bunga, serta gerakan berbagai bagian tanaman lainnya.

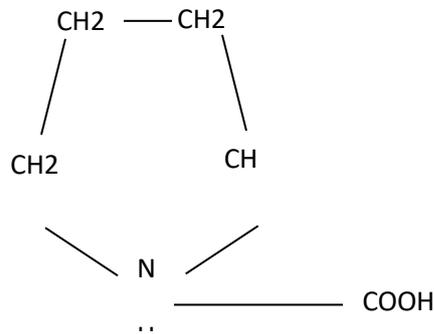
Pengaruh kekurangan air pada fase vegetatif akan memperkecil ukuran daun, menurunkan aktivitas enzim (misalnya nitrat reduktase), namun beberapa enzim menjadi lebih meningkat aktivitasnya (misalnya amilase). Penurunan luas daun terjadi karena ukuran sel pada daun mengecil (Konig dan Hurd, 1983).

Street dan Opik (1986) menyatakan bahwa kekurangan air pada tanaman akan meningkatkan konsentrasi ABA atau asam absisik. Hal ini menurut Gardner *et al.* (1991), karena potensial air tanaman akan berkurang yang menyebabkan perubahan konsentrasi hormon pada tanaman, misalnya ABA meningkat dalam daun dan buah. Peningkatan ABA merangsang aktivitas penutupan stomata, yang mengakibatkan asimilasi CO₂ menurun, daun yang tua dan seringkali gugur bila akumulasinya tinggi, tetapi pada kondisi di lapangan stomata seringkali tetap terbuka pada potensial air daun yang rendah.

Produksi tanaman pada kondisi kekurangan air menurun. Fitter dan Hay (1991) menjelaskan bahwa pengaruh air terhadap hasil per tanaman ditentukan oleh derajat kekurangan dan waktu berlangsungnya kekurangan tersebut. Kekurangan air pada tahap awal reproduksi menyebabkan penurunan terbesar hasil tanaman.

PENGARUH KEKERINGAN TERHADAP AKUMULASI PROLIN

Prolin merupakan salah satu jenis asam amino pada protein. Kandungan prolin pada suatu tanaman dapat digunakan untuk mendeteksi ketahanan tanaman tersebut terhadap kekeringan. Prolin dikenalkan pertama kali oleh Kamble dan Macpherson (1954) pada jaringan tanaman yang layu. Rumus bangun dari asam amino menurut Stewart (1981) sebagai berikut :



Gambar 1. Rumus bangun asam amino prolin

Akumulasi prolin adalah peningkatan jumlah atau kandungan prolin dalam jaringan tanaman. Secara fisiologis ada dua pengaruh penting terhadap kekurangan air, yaitu :

1. Akumulasi prolin terjadi di bawah kondisi cekaman kekeringan (potensial air -1.0 Mpa) dan jumlah akumulasi tergantung tingkat cekamannya.
2. Akumulasi prolin dipengaruhi jumlah jaringan yang layu melebihi batas waktu.

Stewart (1981) menjelaskan bahwa tingkat kandungan prolin akan dipengaruhi banyak hal terhadap lama jaringan mengalami kekurangan air. Oleh karena itu pengaruh cekaman kekeringan pada metabolisme prolin, laju sintesis dan oksidasinya pada daun layu sebanding dengan laju turgiditas daun. Prolin diduga berperan terhadap osmotik sel sebagai cadangan energi selama pertumbuhan sesudah hilangnya kekeringan dan sebagai cadangan N tanaman. Gate (1955) menerangkan bahwa tanaman yang mempunyai akumulasi prolin yang tinggi akan lebih cepat melakukan penyembuhan jika cekaman kekeringan dihilangkan. Selanjutnya diperjelas oleh Hanson *et al.* (1977), berhubungan dengan adanya kemampuan tanaman untuk mengubah jalur metabolisme nitrogen. Nampaknya perubahan tersebut dapat dilihat dari adanya pengumpulan prolin dan batain selama terjadinya kekeringan, dan peningkatan kadar prolin pada periode pertumbuhan generatif umumnya lebih tinggi dari pada selama pertumbuhan vegetatif.

Perubahan metabolisme N tampak nyata pada varietas yang mempunyai toleransi kekeringan, pada sebagian tanaman budidaya menunjukkan adanya korelasi yang positif dengan sifat ketahanan kekeringan (McMichael dan Elmore, 1997).

PENGARUH KEKERINGAN TERHADAP AKUMULASI ASAM ABSISIK

Asam absisik (ABA) merupakan salah satu hormon tumbuh yang banyak kaitannya dengan kondisi cekaman lingkungan pada tanaman termasuk cekaman kekeringan (Bianco-rinchant dan Le page-Degivry, 1998; Xiong *et al.*, 1999). Asam absisik meningkat dengan segera ketika tanaman mengalami cekaman kekeringan sebagai respon terhadap kondisi cekaman kekeringan (Kirkham, 1990; Setiawan, 1998; Leung dan Giraudat, 1998). Terdapat perbedaan tingkat kadar ABA yang terbentuk antara tanaman yang toleran terhadap cekaman Kekeringan dibanding dengan tanaman yang peka. Kadar ABA pada tanaman yang toleran lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang peka, sehingga ABA selalu dikaitkan dengan sifat toleran tanaman terhadap cekaman kekeringan (Kirkham, 1990; Olsen *et al.*, 1992; Farran *et al.*, 1996; Fernandez, Perry dan Flore, 1997; Carrier *et al.*, 1997; Setiawan, 1998).

Aplikasi ABA secara oksogen menunjukkan terinduksinya penutupan stomata, peningkatan konduktivitas air pada akar dan menginduksi akumulasi prolin (Dingkuhn *et al.*, 1991). Fernandez *et al* (1997) mengamati pada tanaman apel, ABA merupakan implikasi pada tanaman sebagai tanggap cekaman terhadap kekeringan. ABA dibiosintesis di akar selanjutnya ABA ditranspor dan diakumulasi di daun yang menyebabkan penurunan konduktan stomata dan fotosintesis (Kirkham *et al.*, 1990; Fernandez *et al.*, 1997; Hartung, Pauke dan Davies, 1999).

Kemampuan akumulasi ABA berbeda tergantung pada spesies dan kultivar tanaman, sebagaimana berbeda ditemukan pada tanaman padi, kedelai,

kacang tanah, dan apel (Dingkuhn *et al.*, 1991; Hamim, 1995; Setiawan, 1998; Fernandez *et al.*,1999). Fernandez *et al* (1997) menemukan bahwa kadar ABA lebih tinggi pada daun yang diperlakukan cekaman kekeringan dibandingkan dengan tanaman kontrol (tanpa perlakuan cekaman kekeringan).

EKSPRESI GEN TANAMAN TOMAT AKIBAT CEKAMAN KEKERINGAN

Fenotip yang dapat kita amati dari suatu genotip tanaman tertentu merupakan manifestasi ekspresi gen. Meningkat atau menurunnya ekspresi suatu gen dari tanaman tomat akan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dimana tanaman tersebut berada dan oleh perkembangan dari tanamannya. Faktor lingkungan yang berpengaruh pada ekspresi gen antara lain akibat adanya infeksi patogen atau berbagai faktor abiotik (cahaya, suhu, keberadaan oksigen, kekeringan, kelebihan atau kekurangan nutrisi).

Ekspresi gen adalah proses penentuan sifat dari suatu tanaman oleh gen. Suatu sifat yang dimiliki oleh tanaman merupakan hasil proses metabolisme yang terjadi di dalam sel. Proses metabolisme dapat berlangsung karena adanya enzim yang berfungsi sebagai katalisator proses-proses biokimia. Enzim dan protein lainnya diterjemahkan dari urutan nukleotida yang ada pada molekul mRNA, dan mRNA itu sendiri disintesis berdasarkan utas cetakan DNA.

Ekspresi gen pada tanaman tomat dilakukan melalui dua tahap yaitu transkripsi dan translasi. Proses transkripsi terjadi didalam inti sel sedangkan translasi berlangsung di sitoplasma sehingga RNA harus dikeluarkan dari inti sel ke sitoplasma.

KESIMPULAN

1. Tanaman tomat yang tahan terhadap kekeringan memiliki penanda morfologi antara lain : memiliki jumlah dan kerapatan bulu daun yang tinggi, sedang untuk penanda anatomi yaitu memiliki ketebalan dinding sel

- penjaga yang tebal, memiliki jumlah dan kerapatan stomata yang sedikit, memiliki lapisan kutikula yang tebal
2. Kecepatan membuka dan menutupnya stomata daun sangat menentukan kemampuan bertahan tanaman pada kondisi kekurangan air
 3. Pada penanda biokimia tanaman yang tahan terhadap kekeringan mempunyai kandungan ABA dan Asam Amino proline yang tinggi.
 4. Fenotip yang dapat kita amati dari suatu genotip tanaman pada kondisi cekaman kekeringan merupakan manifestasi ekspresi gen.
 5. Faktor lingkungan berpengaruh pada ekspresi gen suatu tanaman

DAFTAR PUSTAKA

- Alberte, R.S. Thomber, J.P., and Fiscus, E.L. 1977. Water stress effect on the content and organisation of chlorophyll in mesophyll and bundle sheath chloroplast of maize. *Plant Physiol.* 59 : 351-353.
- _____, 1995. *Tomat – membudidayakan secara komersial*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Atherton, J.G. and Rudich, J. 1986. *The tomato crop*. Chapman and Hall. London – New York.
- Bianco-Trinchant, J. and M. Th. Lape-Degivy. 1998. ABA synthesis in protoplasts of different origin in response to osmotic stresses. *Plant Growth. Reg.* 25 : 135-148.
- Biduri, B.B. and Henderson, D.W. 1985. Effect of water stress on flowering and fruit set in processing tomatoes. *Scientia Hort.* 27 : 189 – 198.
- Carrier, D.J., C.A. Bock, J.E. Cunningham, D.R. Cryr and D.I. Dustan 1997. ABA content and deposition in interior spruce somatic embryos. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant.* 32 : 236 – 239.
- Dingkuhn, M.,R.T. Cruv, J.C. Otoole and K. Doerffling. 1991. Responses of senen diverse ricecultivars to water deficit. III. Accumulation of abscisic acid and praline in relation to leaf water-potential and osmotic adjustment. *Field Crops Res.* 27: 103-117.

- Doorenbos, J and Kassam, A.H. 1979. Yield response to water. Food and Agriculture Organization of The United Nation. Rome.
- Dwidjoseputro, D. 1992. Pengantar fisiologi tumbuhan. Gramedia. Jakarta.
- Faisol, A. 1991. Pengaruh pemberian air terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai, permasalahan dan pengelolaan air tanah di lahan kering. Pusat Penelitian Univ. Andalas. Padang.
- Farrant, J.M., N.W. Pammenter, P. Berjak, E.J. Farnsworth and C.W. Vetucci. 1996. Presence of dehydrinlike proteins and levels of abscisic acid in recalcitrant (desiccation sensitive) seed may be related to habitat. *Seed Sci. Res* : 175-182.
- Fernandez, R., R.L. Perry and A Flore. 1997. Drought response of young apple trees on tree root-stocks. II. Gas exchange, chlorophyll fluorescence, water relation, and leaf abscisic acid. *J. Amer.Hort. Sci.* 122(6): 841-848
- Fischer, R.A., and Turner, N.C. 1978. Plant productivity in the Arid and Semi Arid zones. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 29 : 277 – 317.
- Fitter, A.H. and Hay, R.K.M. 1991. Fisiologi lingkungan tanaman tropis. Gajah Mada University Press.
- Gardner, F.B., Pearce, R.B. and Mitchell, R.L. 1991 Fisiologi tanaman budaya. Indonesia University.
- Gale, J., Poljakoff-Mayber, A., and Kahane, I. 1967. The Gas diffusion porometer technique and its application to the measurement of leaf mesophyll resistance. *J. Bot.* 16 : 187 – 204.
- Gate, C.T. 1995. The response of the young tomato plants to absence of water shortage I. The whole plant and its principal parts. *Austr. J. Biol. Sci.* 14 : 239 – 311.
- Hairiah, K. and Noordwijk, M.V. 1993. Ilmu dasar perakaran tanaman dan cara pengamatannya. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya dan IRCA. Bogor.
- Hanson, A.D., Nelson, C.E. and Everson, E.H. 1977. Evaluation of free proline accumulation as index drought resistance using two contrasting Barley cultivars. *Crop Sci.* 17 : 720-726.
- Harjadi, S.S. dan Yahya, S. 1988. Fisiologi stress lingkungan. PAU Bioteknologi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Hartung, W., A.D. Peuke and W.J. Davies. 1999. Absisic acid-a hormonal long-distance stress signal in plants under drought and salt stress. P 731-747. in M. Pessaraki(Ed). Handbook of plant and crop stress. 2nd. Marcell Dekker. New York.
- Heddy, S. 1987. Ekofisiologi pertanian. Suatu tinjauan aspek fisik lingkungan pertanian. Sinar Baru. Bandung.
- Holden, M. 1976. Analytical methods. Dalam chemistry and biochemistry of plant pigment. Academic Press. London.
- Jones, M.M. Turner, N.C. and Osmond, C.b. 1981. Mechanisms of drought resistance. Dalam Paleg, L.G. and Aspinall, D. (Eds). The physiology and biochemistry of drought resistance in plants. Academic Press. New York.
- Jumin, H.B. 1989. Ekologi tanaman; Suatu pendekatan fisiologi. Rajawali Press. Jakarta.
- Kemble, A.R. and MacPherson, H.T. 1954. Liberation of amino acids in perennial rye grass during wilting. J. Bio. Chem. 58 : 46-49.
- Kirkham. M.B. 1990. Plant responses to water deficit. P 323-342. in B. A. Stewart and D.R. Nielsen (Ed.) irrigation of agricultural crop. Madison, Wisconsin USA.
- Koning, A.D.E. and Hurd, R.G. 1983. A comparison of winter – sown tomato plant growth with restricted and unlimited water supply. J. Hort. Sci. 58 : 575 – 581.
- Kozlowski, T.T. 1968. Introduction. Hal 1-21. Dalam Water deficit and plant growth. (Ed. T.T. Kozlowski). Academic Press. New York.
- Kramer, P.J. 1980. Plant and soil water relationships; A modern synthesis. McGraw Hill Publishing Company Ltd. New Delhi.
- Lakitan, B. 1993. Dasar-dasar fisiologi tumbuhan. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Leung, J. and J. Giraudat. 1998. Absisic acid signal transduction. Ann. Rev. of. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 49: 199-222
- Lewitt, J. 1980. Responses of plant to environmental stress. Academic Press. New York.

- McMichall. L.B. , and Elmore. C.D. 1977. Proline accumulation in water stress cotton leaves. *Crop. Sci.* 17 : 905 – 908.
- Malorow. B.V. 1981. Abscisic acid and other hormones. Hal 348 – 386. dalam Paleg, L.G. and Aspinall, D. (Eds) *The physiology and biochemistry of drought resistance in plants.* Academic Press. New York.
- Olsen, F.L., K. Skriver, F.M, Uri, N.V. raikhel, J.C. Rogers and J. Mundy. 1992. ABA and GA responsive gene expression. P. 139-153. In J.L. Wray (Ed). *Inducible plant protein.* Cambridge University Press.
- Paez, A. , Hellmers. H., Strain, B.R. 1984. Carbon dioxide enrichment and water stress interaction on growth of two tomato cultivars. *J. Agric. Sci.* 102 : 687 – 693.
- Phene, C.J. 1989. Water management of in the international symposium on intergrated managemen practise. *Proc. Asian vegetable research and development Ltd Ceneter.*
- Rao, N.K.S. and Bhatt, R.M. 1992. Responses of tomato to moisture stress; Plant water balance and yield. *Plant Physiology – Biochemistry.* New Delhi. 19:1, 36-41 ; 16 Ref.
- Rukmana, R. 1994. *Tomat dan cherry.* Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Russel, R.S. 1978. *Plant Root System ; Their function and interaction with the soil.* McGraw Hill Book Company. New Delhi.
- Salter, P.J. and Goode, J.E. 1967. *Crop responses to water at different stages of growth.* Commonwealth agricultural bureau. Farnham Roya; Bucks. England.
- Schultz, H.R. and Mathews, M.A. 1993. Growht, osmotic adjusment, and cell wall mechanics of expanding grape leaves during water deficits. *Crop. Sci.* 33 : 287 – 294.
- Setiawan, K. 1998. *Study on varietal differences of drought of drought tolerance in peabut.* Tesis. Universitay of Agriculture. Tokyo.
- Singh, R.K. and Chaudhary, B.D. 1977. *Biometrical Methode in Quantitative Genetic Analysis.* Kalyani Publishers. New Delhi.
- Sitompul, S.M. dan Guritno, B. 1991. *Analisa pertumbuhan tanaman.* Jurusan Budidaya Pertanian. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.

- Slatyer, R.O. 1968. Plant water relationships. Academic Press. London and New York.
- Stewart, C.R. 1981. Proline accumulation L Biochemical Aspects hal 243 – 259. Dalam Paleg, L.G. and Asinall, D. (Eds). The physiology and biochemistry of drought resistance in plants. Academic Press. New York.
- Street. H.E. and Opik, H. 1986. The physiology of flowering Plants. Their growth and development. ELBS.
- Thakur , P.S. 1992. Effect of water stress on proline and relative water content in tomato cultivars. Indian J. Hort. 48 : 36 – 41.
- Thompson, H.C. and Kelly, W.C. 1979. Vegetable crops. Fifth Edition. McGraw Hill Book Co. Inc. Toronto – London.
- Tugiyono, H. 1995. Bertanam Tomat, Penebar Swadaya. Jakarta.
- Turner, A.K. , Willatt, S.T. Wilson, J.H. and Jobling, G.A. 1984. Soil water management. International development program of Australian Universities and Colleges Ltd. Canberra.
- Trisnawati dan Setiawan. 1993. Tomat Pembudidayaan secara komersial. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Troll, W. and Lindsley, J. 1955. A. photometric method for the determination of proline. J. Biol. Chem. 215 : 655 – 660.
- Tyler, P.D. , and Overton, J.R. 1982. Non tillage advantages for soybean seed quality during drought stress. J. Agron. 74 : 344 – 347.
- Xiong, L, H. Ishitani and J.K.Zhu. 1999. Interaction of osmotic stress, temperature and abscisic acid in regulation of gene expression in Arabidopsis. Plant Physiol. 199 : 205-211.
- Yamaguchi, M. 1983. World vegetable; Principle production and nutritive value. Ellis Horwood Ltd. Chichester.