

STRES GARAM DAN MEKANIISME TOLERANSI TANAMAN

ROSITA SIPAYUNG

Fakultas Pertanian
Jurusan Budidaya Pertanian
Universitas Sumatera Utara

I. PENDAHULUAN

Stres garam merupakan salah-satu dari antara enam bentuk stres tanaman yaitu stres suhu, stres air, stres radiasi, stres bahan kimia dan stres angin, tekanan, bunyi dan lainnya. Stres garam termasuk stres bahan kimia yang meliputi garam, ion-ion, gas, herbisida, insektisida dan lain sebagainya. (Harjadi, S.S. dan S. Yahya, 1988)

Stres garam terjadi dengan terdapatnya salinitas atau konsentrasi garam-garam terlarut yang berlebihan dalam tanaman. Stres garam ini umumnya terjadi dalam tanaman pada tanah salin. Stres garam meningkat dengan meningkatnya konsentrasi garam hingga tingkat konsentrasi tertentu yang dapat mengakibatkan kematian tanaman.

Garam-garam yang menimbulkan stres tanaman antara lain ialah NaCl, NaSO₄, CaCl₂, MgSO₄, MgCl₂ yang terlarut dalam air. Dalam larutan tanah, garam-garam ini mempengaruhi pH dan daya hantar listrik. Menurut Follet *et al*, (1981), tanah salin memiliki pH < 8,5 dengan daya hantar listrik > 4 mmhos/cm.

Pada kebanyakan spesies, pengaruh jenis-jenis garam umumnya tidak khas terhadap tumbuhan tanaman tetapi lebih tergantung pada konsentrasi total garam. Salinitas tidak ditentukan oleh garam Na Cl saja tetapi oleh berbagai jenis garam yang berpengaruh dan menimbulkan stres pada tanaman. Dalam konteks ini tanaman mengalami stres garam bila konsentrasi garam yang berlebih cukup tinggi sehingga menurunkan potensial air sebesar 0,05 – 0,1 Mpa. Stres garam ini berbeda dengan stres ion yang tidak begitu menekan potensial air (Lewit, 1980).

Toleransi terhadap salinitas adalah beragam dengan spektrum yang luas diantara spesies tanaman mulai dari yang peka hingga yang cukup toleran. Follet *et al*, (1981) mengajukan lima tingkat pengaruh salinitas tanah terhadap tanaman, mulai dari tingkat non-salin hingga tingkat salinitas yang sangat tinggi, seperti diberikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh Tingkat Salinitas terhadap Tanaman (Follet *et al*, 1981)

Tingkat Salinitas	Konduktivitas (mmhos)	Pengaruh Terhadap Tanaman
Non Salin	0 – 2	Dapat diabaikan
Rendah	2 – 4	Tanaman yang peka terganggu
Sedang	4 – 8	Kebanyakan tanaman terganggu
Tinggi	8 – 16	Tanaman yang toleran belum terganggu
Sangat tinggi	> 16	Hanya beberapa jenis tanaman toleran yang dapat tumbuh

Spesies-spesies tanaman yang hanya mentoleransi konsentrasi garam rendah termasuk dalam kelompok tanaman *glikofita*, dan spesies-spesies tanaman yang mentoleransi konsentrasi garam tinggi termasuk kelompok tanaman *halofita*.

Pengenalan pengaruh tingkat salinitas merupakan bahan yang sangat berguna sehubungan dengan berbagai akibat kerusakan ataupun gangguan yang ditimbulkannya terhadap pertumbuhan tanaman. Melalui pengenalan gejala-gejala yang timbul pada tanaman akibat tingkat salinitas yang cukup tinggi, perbaikan struktur tanah akan dapat diupayakan seperlunya, ataupun pemilihan jenis tanaman yang cocok untuk lokasi pertanian yang bermasalah.

Kerusakan yang timbul akibat stres dapat dikelompokkan dalam 3 jenis kerusakan sebagai berikut : (Harjadi , S.S. dan S. Yahya, 1988)

- a. Kerusakan stres langsung primer
- b. Kerusakan stres tak langsung primer
- c. Kerusakan stres sekunder (dapat terjadi juga stres tersier)

II. TINGKAT SALINITAS TANAH DAN AIR

Salinitas pada umumnya bersumber pada tanah dan air tanah. Salin atau tidaknya suatu tanah ataupun air diukur berdasarkan daya hantar listriknya yang tergantung pada kadar garam yang terlarut dalam air ataupun dalam larutan yang berhubungan dengan pertumbuhan tanaman.

Follet et al (1981) mengklasifikasikan tanah menurut salinitas atas tiga kelompok berdasarkan hasil pengukuran daya hantar listrik sebagai berikut :

- 1) Tanah salin dengan daya hantar listrik $> 4,0$ mmhos/cm, pH $< 8,5$ dan Na-dd $< 15\%$ dengan kondisi fisik normal. Kandungan garam larutan dalam tanah dapat menghambat perkecambahan, penyerapan unsur hara dan pertumbuhan tanaman.
- 2) Tanah sodik dengan daya hantar listrik $< 4,0$ mmhos/cm, pH $> 8,5$ dan Na-dd $> 15\%$ dengan kondisi fisik buruk. Garam yang terlarut dalam tanah relatif rendah, dan keadaan tanah cenderung terdispersi dan tidak permeable terhadap air hujan dan air irigasi.
- 3) Tanah salin sodik dengan daya hantar listrik $> 4,0$ mmhos/cm, pH $< 8,5$ dan Na-dd $> 15\%$ dengan kondisi fisik normal. Keadaan tanah umumnya terdispersi dengan permeabilitas rendah dan sering tergenang jika diairi

Untuk air, salinitas berdasarkan USDA (1954) ditentukan dalam empat tingkat sebagai berikut :

- 1) Salinitas rendah dengan daya hantar listrik < 250 mmhos/cm. Dapat digunakan untuk mengairi semua tanaman.
- 2) Salinitas sedang dengan daya hantar listrik 250-750 mmhos/cm. Dapat digunakan untuk mengairi tanaman yang taraf kepekaannya rendah sampai sedang.
- 3) Salinitas tinggi dengan daya hantar listrik 750-2250 mmhos/cm. Dapat digunakan untuk mengairi tanaman yang toleran.
- 4) Salinitas sangat tinggi dengan daya hantar listrik > 2250 mmhos/cm. Pada umumnya tidak digunakan untuk mengairi tanaman.

USDA juga mengklasifikasikan air menurut nisbah jerapan Na atas empat kelompok sebagai berikut :

- 1) Air berkadar Na rendah dengan nilai nisbah jerapan Na < 10 . Digunakan untuk mengairi semua tanaman.
- 2) Air berkadar Na sedang dengan nilai nisbah jerapan Na antara 10-18. Digunakan untuk mengairi tanaman pada tanah bertekstur halus atau ber KTK tinggi.

- 3) Air berkadar Na tinggi dengan nilai nisbah jerapan Na antara 18-26. Digunakan untuk mengairi tanaman yang toleran.
- 4) Air berkadar Na sangat tinggi dengan nilai nisbah jerapan Na > 26. Tidak digunakan untuk mengairi tanaman.

Sedangkan untuk salinitas air tanah akibat intrusi air laut, Todd (1959) mengklasifikasikan air tanah atas enam tingkat instrusi air asin yaitu :

- 1) Tanpa intrusi. Nisbah $Cl/(CO_3+HCO_3) < 0,5$. Mutu air baik
- 2) Sedikit intrusi. Nisbah $Cl/(CO_3+HCO_3) : 0,5 - 1,3$. Mutu air cukup baik.
- 3) Intrusi sedang. Nisbah $Cl/(CO_3+HCO_3) : 1,3 - 2,8$. Mutu air sedang.
- 4) Intrusi tinggi. Nisbah $Cl/(CO_3+HCO_3) : 2,8 - 6,6$. Mutu air buruk.
- 5) Intrusi sangat tinggi. Nisbah $Cl/(CO_3+HCO_3) : 6,6 - 15,5$. Mutu air sangat jelek.
- 6) Air laut. Nisbah $Cl/(CO_3+HCO_3) : 200$

III. PENGARUH STRES GARAM

Garam-garam atau Na^+ yang dapat dipertukarkan akan mempengaruhi sifat-sifat tanah jika terdapat dalam keadaan yang berlebihan dalam tanah. Kekurangan unsur Na^+ dan Cl^- dapat menekan pertumbuhan dan mengurangi produksi. Peningkatan konsentrasi garam terlarut di dalam tanah akan meningkatkan tekanan osmotik sehingga menghambat penyerapan air dan unsur-unsur hara yang berlangsung melalui proses osmosis. Jumlah air yang masuk ke dalam akar akan berkurang sehingga mengakibatkan menipisnya jumlah persediaan air dalam tanaman. (Follet et al., 1981)

Dalam proses fisiologi tanaman, Na^+ dan Cl^- diduga mempengaruhi pengikatan air oleh tanaman sehingga menyebabkan tanaman tahan terhadap kekeringan. Sedangkan Cl^- diperlukan pada reaksi fotosintetik yang berkaitan dengan produksi oksigen. Sementara penyerapan Na^+ oleh partikel-partikel tanah akan mengakibatkan pembengkakan dan penutupan pori-pori tanah yang memperburuk pertukaran gas, serta dispersi material koloid tanah.

Menurut Sigalingging (1985), salinitas akan mempengaruhi sifat fisik dan kimia tanah, yaitu 1] tekanan osmotik yang meningkat, 2] peningkatan potensi ionisasi, 3] infiltrasi tanah yang menjadi buruk, 4] kerusakan dan terganggunya struktur tanah, 5] permeabilitas tanah yang buruk, 6] penurunan konduktivitas.

Salinitas atau konsentrasi garam-garam terlarut yang cukup tinggi akan menimbulkan stres dan memberikan tekanan terhadap pertumbuhan tanaman. Menurut Maas dan Nieman, (1978) salinitas dapat berpengaruh menghambat pertumbuhan tanaman dengan dua cara yaitu :

- a. Dengan merusak sel-sel yang sedang tumbuh sehingga pertumbuhan tanaman terganggu.
- b. Dengan membatasi jumlah suplai hasil-hasil metabolisme esensial bagi pertumbuhan sel melalui pembentukan tyloses.

Salinitas menekan proses pertumbuhan tanaman dengan efek yang menghambat pembesaran dan pembelahan sel, produksi protein serta penambahan biomass tanaman. Tanaman yang mengalami stres garam umumnya tidak menunjukkan respon dalam bentuk kerusakan langsung tetapi pertumbuhan yang tertekan dan perubahan secara perlahan.

Gejala pertumbuhan tanaman pada tanah dengan tingkat salinitas yang cukup tinggi adalah pertumbuhan yang tidak normal seperti daun mengering di bagian ujung dan gejala khlorosis. Gejala ini timbul karena konsentrasi garam terlarut yang

tinggi menyebabkan menurunnya potensial larutan tanah sehingga tanaman kekurangan air. Sifat fisik tanah juga terpengaruh antara lain bentuk struktur, daya pegang air dan permeabilitas tanah. Semakin tinggi konsentrasi NaCl pada tanah, semakin tinggi tekanan osmotik dan daya hantar listrik tanah (Nassery, Ogata dan Maas *dalam* Basri, 1991).

Selain pengaruh tersebut diatas, kandungan Na⁺ yang tinggi dalam air tanah akan menyebabkan kerusakan struktur tanah. pH tanah menjadi lebih tinggi karena kompleks serapan dipenuhi oleh ion Na⁺. Hal ini akan meningkatkan persentase pertukaran Natrium (*Exchangeable Sodium Percentage*, ESP). Secara drastis pertumbuhan tanaman akan menurun bila ESP mencapai 10% (Singh, Chabra dan Abrol *dalam* Basri, 1991).

Pertumbuhan sel tanaman pada tanah salin memperlihatkan struktur yang tidak normal. Penyimpangan yang terjadi meliputi kehilangan integritas membran, kerusakan lamella, kekacauan organel sel, dan akumulasi Kalsium Oksalat dalam sitoplasma, vakuola, dinding sel dan ruang antar sel. Kerusakan struktur ini akan mengganggu transportasi air dan mineral hara dalam jaringan tanaman (Maas dan Nieman, 1978).

IV. MEKANISME TOLERANSI TANAMAN

Mekanisme toleransi tanaman terhadap garam dapat dilihat dalam dua bentuk adaptasi yaitu dengan mekanisme morfologi dan mekanisme fisiologi. Mekanisme toleransi yang paling jelas adalah dengan adaptasi morfologi.

1. Mekanisme Morfologi

Bentuk adaptasi morfologi dan anatomi yang dapat diturunkan dan unik dapat ditemukan pada halofita yang mengalami evolusi melalui seleksi alami pada kawasan pantai dan rawa-rawa asin. Salinitas menyebabkan perubahan struktur yang memperbaiki keseimbangan air tanaman sehingga potensial air dalam tanaman dapat mempertahankan turgor dan seluruh proses biokimia untuk pertumbuhan dan aktivitas yang normal. Perubahan struktur mencakup ukuran daun yang lebih kecil, stomata yang lebih kecil per satuan luas daun, peningkatan sukulensi, penebalan kutikula dan lapisan lilin pada permukaan daun, serta lignifikasi akar yang lebih awal (Harjadi dan Yahya, 1988).

Ukuran daun yang lebih kecil sangat penting untuk mempertahankan turgor. Sedangkan lignifikasi akar diperlukan untuk penyesuaian osmose yang sangat penting untuk memelihara turgor yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman dan aktivitas normal.

Respon perubahan struktural dapat beragam pada berbagai jenis tanaman dan tipe salinitas. Salinitas klorida umumnya menambah sukulensi pada banyak spesies tanaman. Sukulensi terjadi dengan meningkatnya konsentrasi SO₄. Dengan adaptasi struktural ini konduksi air akan berkurang dan mungkin akan menurunkan kehilangan air pada transpirasi. Namun pertumbuhan akar yang terekspos pada lingkungan salin biasanya kurang terpengaruh dibandingkan dengan pertumbuhan tajuk atau buah. Hal ini diduga terjadi akibat perbaikan keseimbangan dengan mempertahankan kemampuan menyerap air.

2. Mekanisme Fisiologi

Bentuk adaptasi dengan mekanisme fisiologi terdapat dalam beberapa bentuk, antara lain sebagai berikut :

a. *Osmoregulasi (pengaturan potensial osmosis)*

Tanaman yang toleran terhadap salinitas dapat melakukan penyesuaian dengan menurunkan potensial osmosis tanpa kehilangan turgor. Laju penyesuaian ini relatif tergantung pada spesies tanaman. Penyesuaian dilakukan dengan penyerapan ataupun dengan pengakumulasian ion-ion dan sintesis solute-solute organik di dalam sel. Dua cara ini dapat bekerja secara bersamaan walaupun mekanisme yang lebih dominan dapat beragam diantara berbagai spesies tanaman (Maas dan Nieman, 1978 dalam Basri, H., 1991)

Osmoregulasi pada kebanyakan tanaman melibatkan sintesis dan akumulasi solute organik yang cukup untuk menurunkan potensial osmotik sel dan meningkatkan tekanan turgor yang diperlukan bagi pertumbuhan. Senyawa-senyawa organik berbobot molekul rendah yang sepadan dengan aktivitas metabolik dalam sitoplasma seperti asam-asam organik, asam-asam amino dan senyawa gula nampaknya disintesis sebagai respon langsung terhadap menurunnya potensial air eksternal. Senyawa-senyawa tersebut juga melindungi enzim-enzim terhadap penghambatan atau penonaktifan pada aktivitas air internal yang rendah. Osmotika organik yang utama dalam tanaman glikofita tingkat tinggi ternyata asam-asam organik dan senyawa-senyawa gula. Asam malat paling sering menyeimbangkan pengambilan kation yang lebih. Dalam tanaman halofita, oksalat adalah asam organik yang menyeimbangkan akibat kelebihan kation. Demikian juga pada beberapa tanaman lainnya, akumulasi sukrosa yang berkontribusi terhadap penyesuaian osmotik merupakan respon terhadap salinitas (Harjadi dan Yahya, 1988).

b. *Kompartementasi dan Sekresi Garam*

Proses-proses metabolisme dari halofita biasanya dapat toleran terhadap garam. Kemampuan mengatur konsentrasi garam dalam sitoplasma melalui transpor membran dan kompartementasi merupakan aspek terpenting bagi toleransi garam. Kondisi in vivo menjaga enzim terhadap penonaktifan oleh garam dengan memompakan garam ke luar dari sitoplasma. Garam disimpan dalam vakuola, diakumulasi dalam organel-organel atau diekskresi ke luar tanaman.

Banyak halofita dan beberapa glikofita telah mengembangkan struktur yang disebut *gland* garam dari daun dan batang. Dengan mendesak ion-ion beracun dalam vesicle untuk keperluan penyesuaian osmotik tanpa menghambat metabolisme, sel tanaman menjadi dapat toleran terhadap jumlah garam yang lebih besar. Dalam beberapa hal, daun halofita dan glikofita berkayu merupakan bentuk kompartementasi yang dapat digugurkan untuk mencegah translokasi garam ke dalam jaringan yang lebih sehat.

Penyesuaian osmotik dan keseimbangan garam dalam tanaman terus menerus berubah responnya terhadap lingkungan, dan merupakan inang faktor-faktor internal yang mencakup potensial air, pertumbuhan dan differensiasi, metabolisme mineral dan hormon.

Faktor – faktor yang mempengaruhi mekanisme pengendali meliputi :

- 1) Penyerapan ion secara selektif oleh akar
- 2) Transport ion-ion yang dibedakan ke tajuk
- 3) Ekstrusi garam secara aktif dari akar dan struktur khusus tanaman
- 4) Translokasi ion dan solute lainnya ke dalam berbagai organ dan kompartemen-kompartemen sel.

c. Integritas Membran

Sistem membran semi permeable yang membungkus sel, organel dan kompartemen-kompartemen adalah struktur yang paling penting untuk mengatur kadar ion sel. Lapisan terluar membran sel atau plasmalemma memisahkan sitoplasma dan komponen-komponen metaboliknya dari larutan tanah salin yang secara kimiawi tidak cocok.

Membran semi permeable menghalangi difusi bebas dari garam ke dalam sel tanaman, sementara memberi kesempatan untuk penyerapan aktif atas hara-hara esensial. Membran lainnya mengatur transfer ion dan solute lainnya dari sitoplasma dan vakuola atau organel-organel sel lainnya termasuk mitokondria, kloroplas dan sebagainya. Plasmalemma yang berhadapan langsung dengan tanah merupakan membran yang segera menderita pengaruh-pengaruh salinitas. Dengan demikian maka ketahanan relatif membran ini menjadi unsur penting lainnya dalam toleransi garam (Harjadi dan Yahya, 1988).

KESIMPULAN

1. Konsentrasi garam-garam terlarut yang cukup tinggi dalam tanaman dan tanah salin akan menimbulkan stres garam dalam tanaman. Tingkat stres yang dialami tanaman adalah berbeda pada berbagai spesies dengan toleransi yang tidak sama terhadap konsentrasi garam yang berbeda.
2. Pengaruh stres garam akibat salinitas tidak menunjukkan respon dalam bentuk kerusakan langsung tetapi pertumbuhan yang tertekan dengan perubahan secara perlahan.
3. Dalam menghadapi pengaruh salinitas, berbagai tanaman melakukan berbagai bentuk adaptasi dengan mekanisme morfologi dan mekanisme fisiologi. Adaptasi terhadap salinitas diperlukan terutama untuk memperbaiki keseimbangan air guna mempertahankan potensial air dan turgor, serta seluruh proses biokimia untuk pertumbuhan dan berbagai aktivitas normal.

DAFTAR PUSTAKA

- Basri, H., 1991. Pengaruh Stres Garam Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Empat Varietas Kedelai. Thesis Program Pascasarjana IPB, Bogor
- Fitter, A.H. dan R.K. M. Hay, 1991. Fisiologi Lingkungan Tanaman. Gajah Mada University Press, Jogjakarta
- Harjadi, S.S. dan S. Yahya, 1988. Fisiologi Stres Tanaman. PAU IPB, Bogor
- Mengel, K. dan E.A. Kirkby, 1987. Principles of Plant Nutrition. 4th Edition International Potash Institute, Switzerland
- Soepardi, G. 1983. Sifat dan Ciri Tanah. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian IPB, Bogor
- Tisdale, S. L., J. D. Beaton, W. L. Nelson, J. L. Havlin, 1985. Soil Fertility and Fertilizers. Fifth Edition. MacMillan Publishing Company, New York