

## CEKAMAN SALINITAS TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN

Djurkri

Jurusan Biologi FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta

### Abstrak

Makalah ini merupakan kajian pustaka masalah salinitas yang terdapat di permukaan bumi. Tanah salin tersebar hampir di seluruh permukaan bumi ini, namun yang terbesar terdapat di daerah pasang surut. Kondisi tanah salin seperti ini merupakan cekaman bagi tanaman yang tidak toleran. Berbagai jenis tanaman mempunyai daya tahan yang berbeda dalam menghadapi kondisi salin dimana tanaman tumbuh, sehingga pengaruhnya terhadap berbagai aktivitas kehidupan yang terkait dengan pertumbuhan juga bervariasi. Pengaruh yang bervariasi tersebut karena akibat dari cara adaptasi tanaman yang berbeda-beda. Cara adaptasi yang dilakukan tanaman agar mampu bertahan hidup pada lahan dalam kondisi salin secara umum ada dua macam yaitu penghindaran (*avoidance*) dan toleran (*tolerance*). Secara umum pertumbuhan tanaman akan mengalami gangguan bila menghadapi lingkungan dengan kondisi salin, kecuali bagi tanaman yang toleran. Pengaruh yang ditimbulkan oleh kondisi salin tersebut karena efek dari  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$ . Efek dari kedua ion tersebut akan berakibat buruk bagi pertumbuhan bahkan fatal bagi tanaman yang peka.

**Kata kunci:** Tanah salin,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , gangguan aktivitas pertumbuhan

### PENDAHULUAN

Tanah salin di dunia meliputi “*salt marshes*” di zona temperate, dan daerah pasang surut (*mangrove swamps*) di daerah subtropik dan tropic. Ditaksir antara 400-900 juta ha lahan di dunia mempunyai problema salinitas. Tanah salin sangat banyak terdapat di daerah yang curah hujannya tidak mencukupi untuk pencucian (*leaching*). Problem salinitas terjadi pada daerah non irigasi sebagai akibat dari evaporasi dan transpirasi dari air bumi yang berkadar garam tinggi atau akibat dari input garam dari curah hujan (Didy Sopandie, 1998).

Tanah tergolong salin bila mengandung garam dalam jumlah yang cukup untuk mengganggu pertumbuhan kebanyakan spesies tanaman. Akan tetapi ini bukan merupakan jumlah yang tepat karena akan tergantung kepada spesies tanaman, tekstur tanah dan kandungan air tanah, serta komposisi garamnya sendiri. Sesuai dengan definisi yang dipakai oleh *US Salinity Laboratory* bahwa ekstrak jenuh (larutan yang diekstraksi dari tanah pada kondisi jenuh air) dari tanah salin mempunyai nilai DHL (daya hantar listrik, EC= *electrical conductivity*) lebih besar dari 4 deci Siemens/m (ekivalen dengan 40 mM NaCl) dan persentase natrium yang dapat dirukar (ESP= *exchangeable sodium percentage*) kurang dari 15.

Walaupun pH tanah salin bisa bervariasi dalam selang yang lebar, namun kebanyakan mendekati netral atau sedikit alkali. Tanah salin dengan nilai ESP > 15 disebut sebagai tanah salin-alkali, mempunyai pH yang tinggi dan cenderung menjadi sedikit impermeabel terhadap air dan aerasi ketika garam-garam terlarut mengalami pencucian.

Pengukuran kecocokan tanah salin untuk produksi tanaman dapat dilakukan secara cepat dan sederhana dengan melihat nilai EC. Dari nilai EC, potensial osmotic dari ekstrak jenuh dapat juga dihitung dengan persamaan osmotic potensial =  $\text{EC} \times 0,036$ . Karena nilai EC diukur pada ekstrak tanah dalam keadaan jenuh, konsentrasi garam pada larutan tanah pada kapasitas lapang sebenarnya mendekati dua kali dari kondisi jenuh, atau bahkan lebih tinggi bila kadar air tanah turun. Sebagai perbandingan, EC air laut berkisar antara 44-55 dS/m, sedangkan kualitas air irigasi yang baik harus mempunyai EC < 2 dS/m.

Tanaman memiliki kemampuan menanggapi faktor lingkungan seperti halnya kelompok organisme lain. Tanggapan tersebut muncul akibat adanya cekaman lingkungan yang dapat

mempengaruhi pertumbuhannya. Tumbuhan akan mengembangkan strategi adaptasi tertentu, baik secara morfologis, anatomic, fisiologis, maupun biokemis agar terhindar dari kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan.

Peningkatan konsentrasi garam dalam tanah merupakan salah satu faktor cekaman lingkungan. Menurut Fitter dan Hay (1991), besarnya kadar garam tanah terjadi karena dua hal, yaitu karena tingginya masukan air yang mengandung garam atau mengalami tingkat evaporasi yang melebihi presipitasi. Menurut Tan (1991), garam garam yang mendominasi pada lahan seperti itu adalah natrium klorida (NaCl). Berdasar latar belakang di atas, masalahnya adalah bagaimana pengaruh cekaman salinitas terhadap pertumbuhan tanaman ?

## KAJIAN TEORI

### Peran Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup> dalam Tumbuhan

NaCl merupakan garam utama yang terkandung dalam tanah salin. Pada lahan semacam ini kadar NaCl berkisar antara 2-6 %. NaCl jika dilarutkan dalam air akan berdisosiasi menjadi ion-ion penyusunnya yaitu Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup>. Natrium merupakan unsur alkali yang sangat reaktif sehingga tidak dijumpai sebagai unsur bebas di alam. Atom monovalen ini memiliki energi ionisasi kecil sehingga sangat mudah untuk membentuk senyawa dengan unsur-unsur yang memiliki daya elektro negatif besar, misalnya dengan unsur-unsur halogen (Tan, 1991 dan Harborne, 1982). Klorin juga sangat reaktif dan tidak dijumpai sebagai unsur bebas di alam. Unsur golongan halogen ini memiliki daya kelektronegatifan besar sehingga sangat mudah bereaksi dengan logam alkali. Itulah sebabnya mengapa kedua unsur ini biasanya ditemui sebagai senyawa NaCl (Suharto dkk, 1997).

Besarnya kadar NaCl dalam tanah dapat terjadi karena tingginya masukan air yang mengandung garam atau karena mengalami tingkat evaporasi yang melebihi presipitasi. Hal ini berarti tanah salin tidak hanya ditemukan pada kawasan pantai semata, tetapi juga pada kawasan kering dengan curah hujan yang rendah (Fitter dan Hay, 1991). Klorin diserap dari tanah sebagai ion klorida (Cl<sup>-</sup>) dan sebagian besar tetap dalam bentuk ini apabila sudah berada dalam jaringan tumbuhan (Bidwell, 1979). Kebanyakan spesies tumbuhan menyerap Cl<sup>-</sup> 10-100 kali lebih banyak dari yang mereka butuhkan. Unsur ini tergolong unsur mikro yang memiliki peran esensial bagi kehidupan tumbuhan, konsentrasi hanya sekitar 100 mg/kg jaringan kering (Salisbury dan Ross, 1995).

Rains (Bonner dan Varner, 1976) menyatakan bahwa Cl<sup>-</sup> mempunyai fungsi utama dalam reaksi fotosintesis. Ion klor ini bertugas sebagai pemicu oksidasi pada fotosistem II. Cl<sup>-</sup> bersama K<sup>+</sup> juga dianggap bertanggung jawab pada aktivitas pembukaan stomata saat kondisi ada cahaya. K<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup> bergerak menuju sel-sel penjaga dalam waktu yang relative cepat setelah adanya cahaya, sehingga air segera masuk ke dalam sel akibat perbedaan potensial osmotic. Disamping itu Cl<sup>-</sup> juga penting bagi akar dan pada pembelahan sel daun.

Natrium bukan merupakan unsur hara yang esensial bagi sebagian besar spesies tumbuhan. Unsur ini hanya esensial bagi tumbuhan halofit serta tumbuhan C4 (Bidwell, 1979 ; Salisbury dan Ross, 1995). Menurut Rains (Bonner dan Varner, 1976). Tumbuhan halofit *Atriplex vesicaria* akan mati dalam 35 hari jika ditumbuhkan dalam medium yang mengandung Na<sup>+</sup> kurang dari 0,0016 ppm. Na<sup>+</sup> juga penting untuk fiksasi karbon pada tanaman C4. Pemasukan Na<sup>+</sup> pada kondisi salin akan mengubah lintasan fotosintesis dari C3 menuju C4. Hal tersebut juga terjadi pada jagung di mana Na<sup>+</sup> berpengaruh pada keseimbangan antara enzim fosfo enol piruvat karboksilase dan riboluse bifosfat karboksilase.

### Pertumbuhan Tanaman pada Tanah Salin

Tumbuhan yang hidup di lahan salin menghadapi dua masalah utama, yaitu dalam hal memperoleh air tanah yang potensial airnya lebih negatif dan dalam mengatasi konsentrasi tinggi ion natrium (Na<sup>+</sup>) dan klorida (Cl<sup>-</sup>) yang kemungkinan beracun (Hochachka dan Somero, 1973 ; Salisbury dan Ross, 1995). Potensial air tanah yang lebih negatif akan memacu air keluar dari jaringan sehingga tumbuhan kehilangan tekanan turgor. Berlimpahnya Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup> dapat mengakibatkan ketidakseimbangan ion sehingga aktivitas metabolisme dalam tubuh tumbuhan menjadi terganggu.

Kondisi yang membahayakan bahan dapat menyebabkan kematian tersebut akan memacu tumbuhan untuk beradaptasi demi meningkatkan ketahanannya. Adaptasi itu dapat ditunjukkan dengan terbentuknya molekul-molekul tertentu di dalam sel, seperti prolin dan berbagai asam amino bebas lainnya, yang berperan dalam peningkatan ketahanan terhadap cekaman garam. Tanggapan tersebut bervariasi tergantung spesies tumbuhan, derajat dan lamanya cekaman (Rachmawati, 2000). Untuk pertumbuhan tanaman, nilai EC (*electrical conductivity*) pada ekstrak tanah jenuh dinilai sebagai indikator yang belum tepat karena (1) konsentrasi actual garam pada permukaan akar dapat jauh lebih tinggi dibanding tanah di sekitarnya, dan (2) karakter EC hanya dari kandungan garam total, bukan menunjuk pada komposisinya. Walaupun NaCl yang dominant, garam yang lainnya mungkin dalam konsentrasi tinggi dan dengan komposisi yang beragam tergantung pada asal dari air salin itu dan kelarutannya.

Kendala utama pertumbuhan tanaman pada kondisi kadar garam tinggi ada tiga hal yaitu (1) deficit air (stress air) yang ditimbulkan oleh rendahnya (lebih negatif) potensial air dari media tumbuh, (2) toksitas ion akibat serapan berlebih ion natrium dan klorida, (3) ketidak seimbangan nutrisi akibat inhibisi dari serapan ion dan atau transport ke pucuk serta ketidaksesuaian distribusi mineral nutrisi pada internal, terutama kalsium. Sangat sulit untuk melihat kontribusi relatif dari ketiga faktor ini pada kondisi salinitas tinggi, karena berbagai faktor mungkin juga terlibat. Faktor-faktor tersebut meliputi konsentrasi ion dan hubungannya dengan medium, lamanya cekaman, spesies tanaman, kultivar dan tipe dari *root stock* (*excluder* atau *includer*), stadia pertumbuhan, organ tanaman, dan kondisi lingkungan.

Waktu cekaman yang lama (*long-term exposure*) terhadap tanaman akan menimbulkan toksitas ion pada daun tua dan deficit air serta kekurangan karbohidrat pada daun lebih muda. Contoh-contoh berikut (deficit air, toksitas ion, ketidakseimbangan nutrisi) menjelaskan kemungkinan bekerjanya ketiga kendala tersebut, dan juga memberikan gambaran betapa sulitnya membuat kesimpulan umum tentang pengaruh salinitas.

**Defisit air**, sebagai hal umum bahwa pertumbuhan pucuk lebih terhambat dibandingkan dengan akar pada saat tanaman ditanam pada kondisi salin, walaupun perpanjangan akar bisa saja secara mendadak terhenti dengan perlakuan garam tinggi dengan kalsium rendah. Kebanyakan respon yang cepat dari turunnya laju perpanjangan daun berkaitan dengan perubahan dari status air daun. Bila perlakuan dihentikan dan kembali pada kondisi normal, laju perpanjangan daun kembali pada laju sebelum diperlakukan dengan garam. Ini menunjukkan bahwa deficit air adalah alasan utama terjadinya reduksi di dalam pertumbuhan dibanding oleh toksitas ion.

**Toksitas ion**, pada kondisi garam tinggi, Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup> merupakan ion-ion dominan. Walaupun Cl<sup>-</sup> merupakan hara mikro esensial bagi tanaman tingkat tinggi, dan Na<sup>+</sup> merupakan nutrisi penting bagi tanaman halofita dan C4. Konsentrasi Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup> pada kondisi salin jauh melampaui kebutuhan dan menimbulkan toksitas bagi tanaman yang tergolong tidak toleran. Pada beberapa tanaman herba, seperti anggur dan beberapa tanaman buah, penghambatan pertumbuhan dan kerusakan daun (menjadi klorosis, dan nekrosis pada daun dewasa) terjadi, bahkan pada konsentrasi yang rendah. Dalam kondisi demikian kendalanya bukan deficit air, paling tidak untuk spesies jeruk, tetapi sensitivitas terhadap Cl<sup>-</sup> atau toksitas Cl<sup>-</sup> adalah yang merupakan kendala utama.

**Ketidakseimbangan serapan dan transport nutrisi**, terutama peran kalsium dalam meningkatkan toleransi tanaman terhadap salinitas telah banyak diketahui. Penggunaan kapur adalah cara yang biasa dilakukan pada reklamasi lahan salin-sodic dan sodic. Penggunaan gypsum pada kentang terbukti dapat meningkatkan toleransi pada kondisi salinitas 1,2% (EC 20 dS/m, threshold untuk kentang 2 dS/m), yaitu terbukti dengan meningkatnya hasil umbi. Pada tanaman kedelai, pemberian gypsum memberikan efek ganda, yaitu memperbaiki struktur tanah dan aerasi tanah serta meningkatkan rasio Ca<sup>2+</sup>/Na<sup>+</sup> yang sangat mendukung kapasitas akar menahan influx Na<sup>+</sup>.

### **Eksklusi versus Inklusi Garam**

Pada prinsipnya toleransi terhadap cekaman salinitas dapat dicapai melalui eksklusi atau inklusi garam. Adaptasi melalui eksklusi garam memerlukan mekanisme penghindaran (*avoidance*) dari deficit air internal. Sedangkan adaptasi melalui inklusi garam memerlukan baik toleransi yang tinggi jaringan terhadap Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup> atau *avoidance* dari konsentrasi garam yang tinggi pada

jaringannya. Walaupun pemisahan yang tegas sering dibuat antara “salt *includers*” dan “salt *excluders*”, dalam kenyataannya terdapat spektrum yang kontinyu dari derajat perbedaan eksklusi dan inklusi dari Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup> itu sendiri, dan perbedaan antara organ-organ tanaman yang berbeda.

Pada halofita terrestrial dari famili Chenopodiaceae, adaptasi yang tinggi terhadap cekaman garam sebagian besar didasarkan atas kemampuan inklusi garam dan penggunaannya untuk mempertahankan turgor atau untuk penggantian fungsi K<sup>+</sup> oleh Na<sup>+</sup> pada bermacam-macam fungsi metabolisme, misalnya pada tanaman bit gula. Pada spesies yang mempunyai toleransi tinggi seperti Casuarina dan halofita monokotil, mekanisme eksklusi masih memberikan kontribusi yang tinggi terhadap adaptasi mereka yang tinggi terhadap garam. Akan tetapi spesies-spesies tersebut menderita ketidakseimbangan air dan pertumbuhannya sangat dihambat dalam kondisi salin.

Pada glikofita, yang mewakili kebanyakan tanaman budidaya, terdapat korelasi terbalik antara serapan garam dengan toleransi, yaitu mekanisme eksklusi merupakan strategi utama. Akan tetapi klasifikasi glikofita sebagai tipe ekskluder adalah terminology relative, yaitu dalam pengertian menyerap garam jauh lebih sedikit dari pada tipe inkluder. Umumnya istilah ini dipakai hanya untuk transport dari akar ke pucuk dan daun-daun yang sedang tumbuh.

Bit gula mempunyai penampilan yang khas seperti halofita inkluder yang toleran garam. Pertumbuhannya distimulasi oleh salinitas dan konsentrasi Cl<sup>-</sup> dan terutama Na<sup>+</sup> di pucuk meningkat dengan meningkatnya konsentrasi NaCl pada larutan. Sebaliknya K<sup>+</sup> dan Ca<sup>++</sup> menurun akibat kompetisi kation. Jagung lebih sensitive dibandingkan bit gula, pertumbuhannya dihambat walaupun Cl<sup>-</sup> dan Na<sup>+</sup> pada pucuk tetap rendah. Defisiensi K<sup>+</sup> dan Ca<sup>++</sup> tampaknya bukan penyebab terhambatnya pertumbuhan, kegagalan dalam penyesuaian osmotic diduga sebagai faktor utama. Buncis adalah spesies paling peka dari ketiga spesies yang diuji, dan tampaknya toksitas Cl<sup>-</sup> adalah faktor utama yang mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan buncis, bahkan pada konsentrasi rendah. Kebalikannya dengan Cl<sup>-</sup>, transport Na<sup>+</sup> ke pucuk terlihat sangat dihambat pada buncis. Oleh karena itu, buncis seperti kebanyakan tanaman peka lainnya yang tergolong ekskluder untuk Na<sup>+</sup> tetapi tidak untuk Cl<sup>-</sup>.

Perbedaan dalam kapasitas eksklusi Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup> terdapat pada beberapa kultivar dalam spesies. Sebagai contoh, pada beberapa kultivar toleran gandum, barley dan jeruk dikaitkan kepada lebih efektifnya transport ke pucuk dari Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup>. Kapasitas dari eksklusi Cl<sup>-</sup> tampaknya merupakan pengaruh gen dominant dan diketahui bersifat bebas dengan kemampuan eksklusi Na<sup>+</sup> dari pucuk. Toleransi pada kedelai diketahui berhubungan dengan kemampuan restriksi transport Cl<sup>-</sup> dari akar ke pucuk. Perbedaan pada beberapa kultivar kedelai sangat menarik untuk dipelajari.

Mekanisme yang membatasi transport Na<sup>+</sup> yang berlebih dari akar ke pucuk terjadi pada level akar dan sepanjang perjalanan dari akar ke pucuk. Retranslokasi Na<sup>+</sup> dari pucuk ke akar dapat mengurangi kandungan Na<sup>+</sup> di pucuk baik untuk spesies yang peka (*Phaseolus vulgaris*) atau spesies yang toleran (*Phragmites communis*). Pada glikofita, perbedaan dalam permeabilitas membran secara pasif terhadap Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup>, pompa effluks pada membran plasma adalah mekanisme utama pada akar untuk membatasi uptake dan transfer dari akar ke pucuk.

Proses Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> antiport pada plasma membran dan tonoplas dari sel akar mungkin meningkat dalam kondisi salin, tetapi tidak semua spesies mempunyai mekanisme yang sama. Pada spesies gandum tidak ditemukan adanya mekanisme toleransi yang berdasarkan perbedaan selektivitas K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> dari saluran kation (*cation channel*) pada plasma membran. Pada kultivar jagung, derajat perbedaan dalam eksklusi Na<sup>+</sup> tampaknya berkaitan dengan permeabilitas pasif Na<sup>+</sup> pada membran akar. Peningkatan “*plasmamembrane-bound H<sup>+</sup> pumping ATPase activity*” dan “*tonoplas- bound H<sup>+</sup> pumping ATPase activity*” sebagai respon tanaman barley terhadap cekaman garam tinggi. Peningkatan dari kerja membran tersebut lebih terlihat dengan jelas pada tanaman sorgum sebagai tanaman yang tergolong “Na<sup>+</sup> *excluder*” dibandingkan pada *Spartina* sebagai tanaman “Na<sup>+</sup> *includers*”.

Pada tanaman gandum, daya toleransi tampaknya berkaitan erat dengan kemampuan dalam restriksi serapan Na<sup>+</sup> dan transporanya ke pucuk. Banyak kemajuan telah dibuat dalam pemuliaan tanaman dengan hibridisasi dan introduksi genom-D dari tanaman toleran diploid dan memproduksi tipe heksaploid sintetik. Berbeda dengan daya selektivitasnya terhadap kation (dalam hal ini Na<sup>+</sup>), genome-D tidak mempunyai pengaruh terhadap akumulasi Cl<sup>-</sup> di pucuk.

Berbeda dengan tanaman gandum, pada kultivar barley yang toleran garam daya adaptasinya bahkan berhubungan dengan transport  $\text{Na}^+$  pada xylem yang tinggi ke pucuk, yang merupakan sifat-sifat khas tipe inkluder. Bahkan pada tomat, perbedaan daya toleransi dari kultivar-kultivar tersebut dapat saja berdasarkan mekanisme yang sangat berbeda; pada kebanyakan kultivar toleran; satu pihak dapat melalui kemampuan dalam menahan translokasi dari akar ke pucuk secara efektif, yang lain melalui akumulasi  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  pada pucuk dan secara simultan emempunyai kandungan  $\text{K}^+$  yang lebih rendah dibandingkan dengan kultivar lain.

## PEMBAHASAN

Pertumbuhan tanaman secara umum diartikan sebagai terjadinya peningkatan bobot kering tubuh tanaman. Pada proses pertumbuhan melibatkan berbagai aktivitas kehidupan dan indikator yang dapat diukur antara lain meliputi fotosintesis, respirasi, transpirasi, bobot basah, bobot kering, tinggi, hasil metabolisme yang lain. Bagaimana efek salinitas terhadap pertumbuhan khususnya terhadap indicator-indikator tersebut?

### Cekaman Salinitas terhadap Fotosintesis, Respirasi dan Transpirasi

Jutaan hektar tanah tidak produktif lagi karena adanya penimbunan garam. Pada lahan seperti ini tumbuhan menghadapi dua masalah yaitu bagaimana tumbuhan harus memperoleh air tanah yang potensial airnya lebih negatif dan bagaimana tumbuhan dalam mengatasi konsentrasi tinggi  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  yang kemungkinan beracun.

Boudsocq dan Lauriere (2005) menyatakan bahwa tumbuhan akan terdehidrasi akibat tingginya salinitas tanah dan kekeringan. Kondisi ini menyebabkan tumbuhan mengalami tekanan hiperosmotik yang ditandai dengan berkurangnya tekanan turgor dan hilangnya air dari jaringan. Berlimpahnya  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  dapat mengakibatkan ketidakseimbangan ion sehingga aktivitas metabolisme tumbuhan terganggu. Anthraper dan DuBois (2003) menyatakan bahwa  $\text{Na}^+$  yang berlebihan dapat memperbesar tingkat kebocoran membran. Harborne (1982) menyatakan juga bahwa efektivitas  $\text{Na}^+$  dalam tanah dapat menghambat penyerapan  $\text{K}^+$ . El-Sheekh (2004) juga menyatakan bahwa cekaman salinitas dapat menyebabkan menurunnya efisiensi transfer electron sehingga akan mengganggu kinerja fotosistem II.

Salinitas dan luas daun biasanya merupakan hubungan yang terbalik. Dengan meningkatnya salinitas, kehilangan air per tanaman melalui transpirasi juga berkurang. Tidak hanya luas daun, juga fiksasi  $\text{CO}_2$  neto per unit luas daun juga dapat berkurang, sedangkan respirasi meningkat. Laju yang rendah dari fiksasi  $\text{CO}_2$  neto selama periode cahaya mungkin disebabkan oleh deficit air dan penutupan stomata secara parsial, kehilangan turgor dari sel mesofil, yaitu karena akumulasi garam pada apoplas atau secara langsung karena toksitas ion.

Salinitas juga dapat meningkatkan respirasi sel akar, yang memerlukan karbohidrat banyak untuk mempertahankan respirasi dalam kondisi salin. Tingginya kebutuhan karbohidrat diduga ditimbulkan dari adanya kompartimentasi ion, sekresi ion, atau perbaikan dari kerusakan seluler. Kenaikan  $\text{CO}_2$  atmosfer di atas normal dapat meningkatkan laju fotosintesis dan dapat memegang peranan penting dalam kondisi salinitas tinggi. Untuk tanaman yang tumbuh dalam kondisi salin, mungkin harus mengkompensasi untuk turunnya pembukaan stomata, luas daun dan lebih tingginya laju respirasi yang pada gilirannya dapat meningkatkan toleransi secara nyata, seperti ditemukan pada tomat.

### Cekaman Salinitas terhadap bobot basah dan bobot kering

Lama pemberian  $\text{NaCl}$  juga berpengaruh terhadap laju pertumbuhan jagung. Pada bobot basah dan bobot kering pengaruh  $\text{NaCl}$  yang semakin tinggi konsentrasi, menurunkan bobot basah dan bobot kering. Perbandingan antara bobot basah pada konsentrasi 0% dengan 1,0% adalah 3 : 1, sedangkan pada bobot kering 2:1, dan semakin tinggi konsentrasi  $\text{NaCl}$ , semakin menurunkan bobot basah dan bobot kering tanaman jagung. Semakin meningkatnya konsentrasi  $\text{NaCl}$  menyebabkan meningkatnya  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  yang terserap kedalam jaringan yang kemudian akan menghambat metabolisme dalam tumbuhan jagung (Lubis, 2008).

### Cekaman Salinitas terhadap Sintesis Protein

Hasil penelitian Lubis (2008) terhadap bobot kering tanaman jagung semakin menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi NaCl yang diberikan. Demikian pula kandungan protein daun dewasa juga menunjukkan penurunan dengan meningkatnya kadar NaCl. Penurunan kandungan protein ini kemungkinan tanaman yang tumbuh pada kondisi salin akan terjadi deficit air atau kelebihan ion spesifik. Pengaruh NaCl terhadap sintesis protein diduga karena toksitas Cl- (pada tanaman yang sensitive/peka), sedangkan pada tanaman yang lebih toleran lebih diakibatkan oleh ketidakseimbangan Na+/K+. Pengaruh buruk konsentrasi NaCl yang tinggi terhadap kadar K dan sintesis protein pada barley dapat diimbangi dengan pemberian KCl. Pengantian K+ oleh Na+ memungkinkan terjadinya penyesuaian osmotic pada daun-daun yang berkembang, tetapi tidak dapat mempertahankan sintesis protein. Perkecualian pada sedikit tanaman halofita, Na+ tidak dapat menggantikan K+ dalam fungsi sintesis protein.

### Cekaman pada Fitohormon

Perubahan dalam level fitohormon berkaitan dengan respon tanaman terhadap salinitas. Umumnya sitokin menurun seangkan asam absisat (ABA) meningkat, sama seperti respon terhadap stres air. Peningkatan ABA sangat penting untuk penyesuaian osmotic dengan cepat. Pemberian ABA eksogen dapat meningkatkan toleransi terhadap salinitas, dengan mekanisme yang sangat penting untuk adaptasi cepat terhadap cekaman salinitas. Sebagai contoh dengan adanya aktivitas enzim fosfoenol piruvat karboksilase (PEP karboksilase) yang memungkinkan peningkatan fiksasi CO<sub>2</sub>. Beberapa laporan menunjukkan bahwa aplikasi sitokin mengurangi sifat daun yang diakibatkan oleh cekaman salinitas. Tampaknya penghambatan pertumbuhan tanaman oleh garam tersebut paling tidak sebagian disebabkan oleh produksi hormone tanaman yang tidak cukup akibat ketidaksesuaian serapan hara dan penggunaannya.

### Cekaman terhadap Sistem Kompartementasi

Kondisi cekaman tersebut tentu membahayakan sehingga tumbuhan akan bereaksi untuk meningkatkan ketahanan agar keberlangsungan hidupnya dapat terjaga. Reaksi tersebut bervariasi tergantung pada spesies, derajat, dan lamanya cekaman salinitas (Rachmawati, 2000). Salah satu contoh reaksi ketahanan yang lazim ditemui adanya overekspreksi gen Na+/H<sup>+</sup> antiport pada tumbuhan yang sedang tercekam salinitas.

Mekanisme Na+/H<sup>+</sup> antport berfungsi untuk membuang Na<sup>+</sup> keluar sel ataupun ke dalam kedaam vakuola sehingga tumbuhan untuk sementara dapat terhindar dari keracunan. Proses Na+/H<sup>+</sup> antiport pada plasma membrane dan tonoplast dari sel akar mungkin meningkat dalam kondisi salin, tetapi tidak semua spesies mempunyai mekanisme yang sama. Pada kultivar jagung, derajat perbedaan dalam eksklusi Na<sup>+</sup> tampaknya berkaitan dengan permeabilitas pasif Na<sup>+</sup> pada membrane akar. Peningkatan “*plasmamembrane-bound H<sup>+</sup> pumping ATPase activity*” dan “*tonoplast-bound H<sup>+</sup> pumping ATPase activity*” sebagai respon tanaman terhadap cekaman garam tinggi ( Kreps *et al.*,2000 ; Tester dan Basic, 2005 ; Marschner, 1995).

## KESIMPULAN

1. Dalam batas tertentu Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup> masih dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman.
2. Pada tanah salin dengan kadar Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup> yang tinggi akan menghambat bahkan mematikan tanaman
3. Penghambatan pertumbuhan tanaman terjadi pada berbagai aktivitas kehidupan sel, misalnya fotosintesis, respirasi, sintesis protein, dan sistem hormon

## DAFTAR PUSTAKA

- Anthraper, A and DuBois, J. D. 2003. The Effect of NaCl on Growth, N<sub>2</sub> Fixation, and Percentage Total Nitrogen in *Leucaena leuccephala* var K-8. *American J.of Botany*, Vol. 90:683-692
- Bidwell, R. G. S. 1979. *Plant Physiology*. Macmillan Publishing Company. New York.

- Bonner, J. and Varner, J. E. 1976. *Plant Biochemistry*. Academic Press. New York.
- Boudsocq, M and Lauriere, C. 2005. Osmotic Signaling in Plants: Multiple Pathways Mediated by Emerging Kinase Families. *Plant Physiology*. Vol. 38: 11185-11194
- Didy Sopandie. 1998. *Adaptasi Tanaman terhadap Cekaman Hara Mineral*. IPB. Bogor.
- Fitter, A. H. dan Hay, R. K. M. 1991. *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. UGM Press. Yogyakarta.
- Harborne, J. B. 1982. *Introduction to Ecological Biochemistry*. Academic Press. London.
- Hochachka, P. W. Somero, G. N. 1973. *Strategies of Biochemical Adaptation*. W.B. Saunders Company. Philadelphia.
- Kreps, J. A. et al. 2002. Transcriptome Changes for *Arabidopsis* in Response to Salt, Osmotic, and Cold Stress. *Plant Physiology*. Vol. 130: 2129-2141
- Lubis, M. S. 2008. *Pertumbuhan dan Kandungan Protein Jagung di bawah Cekaman NaCl*. Jurusan Pendidikan Biologi. Yogyakarta.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Second Edition. Academic Press Harcourt Brace & Company Publisher. New York.
- Rachmawati, D. 2000. Tanggapan Tanaman Sorgum terhadap Cekaman NaCl: Pertumbuhan dan Osmoregulasi. *Biologi*. Vol. 2: 515-529
- Salisbury, F. B and Ross, C. W. 1995. *Plant Physiology*. Fourth Edition. Wadsworth Publishing Company. California.
- Suharto, dkk. 1997. *Kimia Dasar II*. Jurdik Kimia FPMIPA IKIP Yogyakarta
- Tan, K. M. 1991. *Dasar-dasar Kimia Tanah*. UGM. Press. Yogyakarta.
- Tester, M. and Basic, A. Abiotic Stress Tolerance in Grasses: From Model Plants to Crop Plants. *Plant Physiology*. Vol. 137: 791-793