

## **Cekaman Abiotik Utama dalam Peningkatan Produktivitas Tanaman**

**Abdul Karim Makarim**

*Balai Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi*

### **Abstrak**

Kebutuhan berbagai komoditas pertanian terus meningkat baik dalam jumlah maupun dalam kualitas sejalan dengan meningkatnya permintaan pasar dan kebutuhan konsumsi penduduk. Upaya peningkatan tersebut baik berupa perluasan areal maupun peningkatan produktivitas akan menghadapi besar dan beragamnya cekaman abiotik lahan-lahan pertanian yang bahkan dapat menggagalkan panen. Kendala abiotik utama adalah kekeringan, yang diduga akan semakin parah karena besarnya kebutuhan air dari sektor non-pangan dan menurunnya daya tanah menahan air, serta menurunnya kualitas lingkungan. Pembukaan lahan pertanian baru sebagian besar berupa lahan kering masam dan lahan rawa pasang surut merupakan lahan-lahan yang memiliki kendala abiotik seperti keracunan Al, Mn, Fe, sulfat, Na, Cl, kahat N, P, K, Ca, Mg, Mo, pH masam, dan pH alkalin merupakan sejumlah kendala yang perlu diatasi. Cekaman abiotik lainnya seperti timbulnya lahan salin atau lahan terintrusi air laut, atau lahan keracunan besi, lahan reduktif merupakan perkembangan dari degradasi lahan yang juga meluas. Oleh karena itu, upaya perakitan varietas-varietas baru yang selama ini terbukti efektif, efisien, dan mudah diadopsi petani untuk memecahkan cekaman abiotik sangat diperlukan. Penanggulangan secara pengelolaan tanah-tanaman terpadu dapat mengatasi permasalahan tersebut hanya pada batas-batas tertentu saja.

**Kata kunci:** Cekaman abiotik, kekeringan, keracunan Al.

### **Abstract**

The needs for agricultural products are increasing in quantity and quality with increasing the demand of market and of population. Agricultural expansion and/or crop productivity improvement may face various limiting factors, mainly abiotic stresses that may limit crop production or even crop production failure. The main abiotic stress factor is drought which is predicted more severely occurred in the future due to water is highly used by the other users of non-agricultural sectors, decreasing soil water holding capacity, and environmental deterioration. Opening new agricultural lands are mostly acid dry land and tidal swampy areas which having various abiotic problems such as Al, Mn, Fe, sulphate, Na, Cl toxicities, and/or N, P, K, Ca, Mg, Mo deficiencies, low pH, high pH those should be overcome. The other abiotic stresses appear and widespread such as salinity, sea water intrusion, Fe toxicity, highly reductive soils, etc. as the results of mismanagement, soil degradation or environmental process results. Therefore, crop variety improvement through breeding or biotechnology to overcome the above abiotic stresses are urgently needed. Those methods are proved effective, efficient and adoptable by farmers. Integrated soil-crop management may be used to overcome those problems at certain level only.

**Key words:** Abiotic stress, drought, Al toxicity.

## Pendahuluan

Berdasarkan atlas arahan tata ruang pertanian nasional lahan basah (rawa) di Indonesia yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai daerah pertanian terdapat seluas 24,5 juta ha, yaitu di Papua, Sumatera dan Kalimantan. Areal yang berpotensi untuk pengembangan tanaman pangan semusim di lahan kering tersebar di Kalimantan, Sumatera, Papua, Jawa, dan Sulawesi seluas 24,53 juta ha. Untuk pengembangan tanaman tahunan, yaitu kelapa sawit, karet, kopi, kakao, teh, jeruk, dan mangga tersedia 50,94 juta ha tersebar di Sumatera, Kalimantan, Papua, Maluku, Jawa, dan Sulawesi. Permasalahan utama yang dihadapi dalam pengembangan pertanian tersebut adalah besar dan beragamnya cekaman abiotik yang dapat menyebabkan rendahnya produktivitas tanaman dibandingkan dengan pertanian pada lahan yang telah lama dibuka. Tanah masam dengan kesuburan alami rendah dan peka erosi dominan di lokasi-lokasi ini.

Tanah-tanah masam di planet bumi ini diperkirakan terdapat sekitar 3.950 juta ha atau 30% dari permukaan tanah tidak bersalju. Dari luas total lahan masam tersebut 41% terdapat di benua Amerika, 26% di Asia, 17% di Afrika, 10% di Eropa, dan 6% di Australia dan New Zealand. Di Indonesia terdapat sekitar 60 juta ha tanah masam (Ultisol dan Oxisol) atau 32% dari lahan di Indonesia (Subagyo *et al.* 2000). Kendala utama tanah masam bagi pertumbuhan tanaman adalah (1) tingginya konsentrasi H, Al, dan Mn yang dapat meracuni; (2) rendahnya konsentrasi Ca, Mg, K, P, and Mo; dan (3) terhambatnya pertumbuhan akar dan penyerapan air karena defisiensi hara dan cekaman kekeringan (Marschner 1997). Di antara kendala ini keracunan Al yang paling bermasalah pada tanah-tanah masam (Foy *et al.* 1978).

Hasil atau produktivitas tanaman merupakan hasil akhir dari interaksi antara faktor genetik tanaman dan lingkungan. Lingkungan yang dimaksud adalah (1) lingkungan biotik (hama, penyakit, gulma), (2) lingkungan abiotik (iklim, tanah, air), dan (3) pengelolaan. Tanaman selama pertumbuhannya (sejak perkecambahan hingga berproduksi), dengan sifat aslinya (genetik) memiliki macam dan jumlah kebutuhan yang harus dipenuhinya seperti radiasi surya, CO<sub>2</sub> untuk fotosintesis, O<sub>2</sub> untuk respirasi, air, dan hara agar dapat tumbuh normal mencapai potensi hasilnya. Namun jumlah kebutuhan tanaman tersebut, kadangkala pada setiap lokasi atau tipologi tidak dapat mencukupinya atau bahkan ada faktor lain (cekaman) yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman tersebut secara fisik, kimia dan/atau biologi. Oleh karena itu, hasil potensi genetik atau hasil potensial pada suatu lingkungan sukar dicapai. Bergantung pada besarnya tingkat cekaman (rendah, sedang atau tinggi) maka hasil akhir tanaman ditentukan. Air merupakan faktor pembatas utama yang menentukan tercapai tidaknya potensi hasil tanaman. Bila air kurang di dalam tanaman maka semua proses kimia yang berlangsung di dalam tanaman akan terhambat, sehingga pertumbuhan tanaman terhambat. Faktor selanjutnya adalah hara N yang diperlukan untuk pembentukan dan pertumbuhan sel, jaringan tanaman, sehingga menentukan pertumbuhan tanaman. Sebenarnya CO<sub>2</sub> sangat penting perannya terutama dalam fotosintesis dan penyusun kerangka tanaman. Namun di udara CO<sub>2</sub> jumlahnya berlimpah, sehingga jarang dipertimbangkan sebagai faktor pencekam.

Selain itu, terjadinya cekaman abiotik tidak berdiri sendiri pengaruhnya pada tanaman. Misalnya pada tanah masam cekaman tersebut bukan hanya karena keracunan Al tetapi juga Mn, kadmium (Cd), dan hara makro (P, Ca, Mg). Namun dalam maka-

lah ini akan disajikan baik cekaman satu unsur ataupun agregat agar terpenuhinya tujuan untuk aplikasi di lapang ataupun tujuan bioteknologi atau pemuliaan yang memfokuskan ke unsur-unsur tertentu saja.

## Cekaman Abiotik Berdasarkan Tipologi Lahan

Tanaman baik musiman, setahun maupun tahunan memiliki macam dan jumlah kebutuhan tertentu yang harus dipenuhi. Tidak terpenuhinya kebutuhan tersebut akan mengganggu proses metabolisme di dalam tanaman sehingga kecepatan pertumbuhan tanaman menurun yang pada akhirnya berdampak pada penurunan hasil atau produktivitas. Selain itu, terdapat unsur lain yang dapat menekan pertumbuhan tanaman baik karena jumlahnya yang berlebih atau memang bersifat toksik bagi tanaman. Cekaman abiotik yang sering terjadi dan sangat berpengaruh terhadap produktivitas tanaman disajikan dalam Tabel 1.

## Cekaman Kekeringan

Masalah kekeringan atau kekurangan air pada tanaman merupakan masalah yang bukan hanya sulit untuk diatasi pada masa kini, namun juga akan terus berkembang pada masa-masa mendatang. Kekeringan pada tanaman padi sawah yang menyebabkan gagal panen (puso) di Pulau Jawa misalnya pada tahun antara 1990-2000 dilaporkan rata-rata 296.164 ha per tahun, sedangkan pada tahun 2003 pada kekeringan biasa saja sawah di Pulau Jawa sudah mengalami puso seluas 445.382 ha. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh (1) berkurangnya distribusi air ke lahan pertanian, akibat bertambahnya penggunaan air untuk sektor non-pertanian, termasuk untuk air minum dan industri yang juga berkembang pesat, (2) daya tanah menahan air berkurang karena berkurangnya vegetasi, dan luas lahan resapan air, sehingga periode kekeringan akan berkembang, dan (3) rusaknya lingkungan akibat emisi gas-gas rumah kaca ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , dll.)

Kekeringan akibat tidak terpenuhinya kebutuhan tanaman akan air untuk pertumbuhannya pernah terjadi untuk hampir semua tanaman, terutama tanaman-tanaman yang kebutuhan airnya tinggi seperti padi sawah, palawija di lahan kering, tadah hujan bahkan lahan irigasi pada MT-2 dan MT-3. Pada sayuran juga sering kali kekurangan air, namun karena pengelolaan seperti penyiraman sering diusahakan dengan baik oleh petani maka cekaman kurang air pada komoditas ini jarang terjadi. Pada Gambar 1 ditunjukkan pengaruh kekeringan pada tanaman padi di lahan sawah pada fase vegetatif. Sebagai perbandingan kepekaan beberapa tanaman terhadap cekaman kekeringan, diberikan skala dari 0,2 (peka) hingga 1,0 (toleran) seperti disajikan pada Tabel 2.

Kekeringan pada tanaman kedelai selama fase berbunga hingga panen menurunkan hasil biji sebesar 55% (Slamet dan Suyamto 2000) hingga 80% (Suhartina *et al.* 2004). Hal ini disebabkan oleh percepatan proses penuaan daun dan pemendekan fase pengisian polong (de Sousa *et al.* 1997). Cekaman kekeringan pada tanaman kedelai selama fase pembungaan (R1-R2) meningkatkan jumlah bunga dan polong muda yang gugur, dan apabila kekeringan berlanjut hingga fase pembentukan dan pengisian polong (R3-R6) menurunnya hasil biji akibat berkurangnya jumlah polong per tanaman (Whigham dan Minor 1978), tidak sempurnanya pengisian biji (Momen *et al.* 1979). Bila menggunakan varietas kedelai yang relatif toleran kekeringan, maka hasil kedelai dapat meningkat hingga 30,9% (Abdu rachman

Tabel 1. Kondisi agroekosistem dan cekaman abiotik utama yang sering terjadi pada tanaman.

| Cekaman                          | Lahan sawah irigasi  | Lahan sawah tadah hujan  | Lahan kering   | Lahan rawa pasang Surut  | Dataran tinggi  |
|----------------------------------|--|--|--|--|---|
| Kekeringan                       | Irigasi yang kurang baik di MK1 untuk padi sawah air sering kurang diakhir fase tumbuh tanaman yang justru memerlukan cukup air. Akibatnya, kehampaan tinggi; Di MT3 palawija juga sering kekurangan air.  | Pada awal musim, kekeringan pada padi muda karena salah duga awal tanam. Pada MT2 kekeringan diakhir musim pada padi dan kedelai. Pada MT3 kekeringan pada palawija dan sayuran. | Padi gogo dipertengahan pertumbuhan tanaman atau juga diakhir musim atau karena lambat tanam. Palawija kekurangan air pada fase-fase tertentu. | Pada padi MT2 ditabukan hanya apabila adanya keracunan Al yang menghambat perkembangan perakaran, sehingga tanaman kekeringan. Sayuran atau palawija yang ditanam pada guludan pada MT2. | Apabila konservasi air kurang, bahan organik rendah dan tekstur berpasir, maka air berlalu cepat sehingga padi gogo dan sayuran pada MT2 peka kekeringan. |
| Kahat N                          | Tidak seimbang antara kebutuhan tanaman dan pemberian pupuk N plus masukan N dari sumber lainnya. Berlaku untuk semua komoditas, kecuali kedelai dan kacang-kacangan lainnya yang mampu memfiksasi N dari udara apabila tidak terganggu oleh kemasaman tanah dan lingkungan ekstrim lainnya. |  |  |  |   |
| Keracunan Al                     | -  | Bila pH tanah rendah; terjadi pada padi, palawija dan sayuran.   | Hampir untuk semua komoditas pada tanah Oxisols dan Ultisols dengan kejenuhan Al >30%.   | Pada bagian guludan untuk palawija, dan saturan. Padi gogo. Lahan sulfat masam.  | Bila pH tanah rendah.   |
| Keracunan Fe                     | Sawah berdrainase buruk dengan kandungan besi tereduksi yang berlebih.   | Bila air sering tergenang meskipun <i>spot-spot</i> , dan tanahnya berkadar besi tinggi.   | Bila air sering tergenang, meskipun <i>spot-spot</i> dan tanahnya berkadar besi tinggi.  | Lahan berdraenasi buruk, lahan sulfat masam untuk padi sawah.  | -   |
| Keracunan Mn                     | Sawah berdrainase buruk dengan kandungan mangan (Mn) tereduksi yang berlebih; terutama pada padi sawah dan kedelai.  | Bila air sering tergenang, meskipun <i>spot-spot</i> dengan kandungan mangan (Mn) tereduksi yang berlebih; terutama pada padi dan kedelai.                                       | Bila air sering tergenang, meskipun <i>spot-spot</i> dengan kandungan mangan (Mn) tereduksi yang berlebih; terutama pada padi dan kedelai.     | Lahan berdraenasi buruk.   | -   |
| Kahat O <sub>2</sub> (anaerobik) | Drainase buruk, penyerapan hara terganggu.   | -  | -  | Drainase buruk, penyerapan hara terganggu.   | -   |
| Kahat P                          | Bila pH tanah rendah.  | Bila pH tanah rendah.  | Bila pH tanah rendah dan fiksasi P tanah tinggi.   | Bila pH tanah rendah.  | Fiksasi P tanah tinggi, adanya alofan.  |
| Kahat K                          | Draenase buruk untuk padi sawah, atau tanah berpasir, KTK rendah. Pada palawija di tanah Vertisols MK1 & 2.  | Pada palawija di tanah Vertisols MK1 & 2.  | pada palawija di tanah Vertisols MK1 & 2.  | -  | Pencucian K tinggi, maka sering kekurangan K pada tanaman sayuran atau padi gogo.   |
| Kahat S                          | Tanah berpasir, pH >7,0  | Tanah berpasir, tanah alkalin  | Tanah berpasir, tanah alkalin  | -  | Tanah mengandung alofan.  |
| Salinitas                        | Kecuali intrusi air laut   | Kecuali intrusi air laut   | Kecuali intrusi air laut   | Pasang surut tertentu, pada padi sawah; kedelai.   |   |



**Gambar 1.** Kekeringan pada tanaman padi sawah fase vegetatif akhir.

**Tabel 2.** Nilai toleran pada beberapa tanaman terhadap cekaman kekeringan

| Komoditas | Nilai toleran | Komoditas    | Nilai toleran | Komoditas      | Nilai toleran |
|-----------|---------------|--------------|---------------|----------------|---------------|
| Sorgum    | 0,8           | Ubi kayu     | 0,65          | Kacang/Bean    | 0,5           |
| Tebu      | 0,8           | Kapas        | 0,65          | Pea            | 0,5           |
| Millet    | 0,8           | Kacang tanah | 0,65          | Kentang        | 0,5           |
| Cowpea    | 0,8           | Jagung       | 0,65          | Padi gogo      | 0,5           |
|           |               | Gandum       | 0,65          | Bunga matahari | 0,5           |
|           |               | Ubi jalar    | 0,65          |                |               |

*et al.* 1998; Suyamto 2004). Varietas Tanggamus dan Nanti merupakan varietas yang relatif toleran kekeringan (Husni *et al.* 2004). Penelitian pada banyak spesies, melaporkan bahwa penurunan potensial air daun dipengaruhi oleh konsentrasi dan komposisi fraksi N terlarut, khususnya prolin. Prolin adalah asam amino yang konsentrasinya dalam daun cepat meningkat dibandingkan asam amino lainnya apabila tanaman mengalami kekeringan, sehingga dapat dijadikan indikator varietas toleran kekeringan. Cekaman kekeringan pada tanaman kacang tanah juga dapat menurunkan hasil hingga 50%, meskipun ada keragaman toleransi antar varietas. Purnomo *et al.* (2004) melaporkan bahwa hasil kacang tanah pada uji adaptasi varietas dan galur di lokasi yang tanpa cekaman kekeringan (Blitar dan Lamongan) berkisar antara 2,1-3,6 t polong kering/ha, sedangkan dengan adanya kekeringan (Gunung Kidul) hasil polong 1,0-1,5 t/ha, kecuali varietas Singa menghasilkan 2,4 t/ha.

## Keracunan Aluminium

Tanaman yang keracunan aluminium (Al) perkembangan akarnya terhambat, lebih parah dibandingkan dengan bagian atas tanaman. Pada daun tampak warna antar tulang daun kuning kemerahan sampai putih, ujung dan tepi daun mengering. Terhambatnya pertumbuhan tanaman bagian atas juga disebabkan oleh ikut kahatnya hara lain seperti Mg, Ca, dan P, pekanya tanaman terhadap kekeringan, dan tidak seimbangya fitohormon. Tanaman menjadi kerdil atau terhambat pertumbuhannya, terutama untuk varietas-varietas yang lebih peka terhadap keracunan Al tersebut.

Keracunan Al pada tanaman padi gogo maupun palawija merupakan salah satu faktor pembatas hasil yang sering terjadi di lapang, terutama pada lahan kering masam Oksisol dan Ultisol yang memiliki kejenuhan Al >30%, pH tanah <5,0, konsentrasi Al dalam larutan tanah >1-2 mg Al/l-1. Tanah biasanya juga memiliki daya ikat kuat terhadap hara P dan ketersediaan P rendah. Cekaman abiotik ini juga sering terjadi pada lahan sulfat masam, sebelum lahan tergenang untuk padi sawah atau palawija dan sayuran lainnya pada kondisi lahan kering. Kejadiannya sering bersamaan dengan keracunan Mn yang juga tersedia banyak pada lahan masam (pH rendah) atau sebelum terjadinya keracunan Fe pada pH <4.

Keracunan Al ini terjadi apabila konsentrasi Al dalam tanaman pada fase vegetatif adalah >100 ppm Al, sedangkan normalnya antara 15-18 ppm Al. Aluminium umumnya terakumulasi di ujung akar pada lokasi terjadinya pembelahan dan pemanjangan sel.

Jumlah anakan per rumpun tanaman padi dapat dijadikan indikator awal adanya keracunan Al. Varietas toleran atau peka terhadap keracunan Al tidak dapat dibedakan berdasarkan produksi biomas atau konsentrasi K, Ca, Mg, P, Al dalam tanaman maupun akar.

Keracunan Al jarang terjadi pada padi sawah, kecuali pada tanah-tanah masam yang proses reduksinya setelah penggenangan berjalan lambat.

Perbedaan toleransi varietas pada tanaman padi adalah disebabkan oleh hal-hal berikut: (1) menghindarkan Al dari lokasi yang peka atau mereduksi aktivitas  $Al^{3+}$  di daerah perakaran, sehingga influks  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  tidak terhambat; (2) toleran terhadap Al karena tolerannya jaringan tanaman, imobilisasi Al menjadi bentuk yang tidak meracun, atau tingginya efisiensi penggunaan hara P internal.

Varietas kedelai yang relatif tahan masam (pH 4,5-5,5) adalah Singgalang, Slamet, Sindoro, Tanggamus, Sibayak, Nanti, Ratai, dan Seulawah. Pada tanaman kedelai maupun padi yang toleran keracunan Al, translokasi Al dari akar ke bagian atas tanaman kecil dibandingkan varietas yang peka. Kenaikan konsentrasi Al di bagian atas tanaman dengan meningkatnya Al larutan adalah tertinggi pada kedelai, kemudian jagung, padi gogo, dan padi sawah (Nursyamsi *et al.* 2002).

## Keracunan Besi

Gejalanya pada tanaman adalah (1) daun bagian bawah berbintik cokelat tersebar hampir di seluruh permukaannya; (2) daun lebih sempit tetapi tetap hijau; (3) ujung daun menguning atau mengering pada beberapa varietas padi; (4) warna daun secara keseluruhan coklat keunguan; (5) pertumbuhan tanaman terhambat dan anakan sangat sedikit; dan (6) permukaan akar berwarna hitam atau coklat gelap dan banyak yang mati. Kejadian ini dapat berlangsung selama pertumbuhan tanaman.

Konsentrasi besi (Fe) dalam daun tanaman padi yang tumbuh normal pada fase vegetatif berkisar antara 100-150 ppm Fe. Tanaman padi yang keracunan besi mengandung Fe tinggi (300-2000 ppm Fe), namun batas kritiknya bergantung pada umur tanaman dan kondisi status haranya. Bila status haranya tidak seimbang maka keracunan besi bisa terjadi pada konsentrasi Fe yang rendah. Tanaman yang kekurangan besi dalam daunnya mengandung K rendah (<1% K), nisbah K : Fe <18 : 1 dalam jerami atau <1,5 : 1 dalam akar. Tingkat keparahan tanaman padi terhadap keracunan besi bergantung pada (1) ketahanan

perakaran tanaman padi; (2) fase tumbuh tanaman; (3) varietas tanaman, terutama kemampuan akar dalam mengoksidasi (*root oxidation power*).

Keracunan besi dapat terjadi pada berbagai macam tanah, tetapi umumnya pada tanaman padi di lahan sawah yang terus-menerus tergenang selama pertumbuhan tanaman atau pada lahan yang sulit dikeringkan, yaitu (1) tanah berdrainase buruk seperti Aquepts, Aquepts, Aquults; (2) di lembah perbukitan tanah masam; (3) tanah-tanah kaolinit dengan KTK rendah dan kandungan hara makro tersedia rendah; (4) tanah-tanah liat masam; dan (5) tanah-tanah sulfat masam (sulfaquept). Dalam tanah konsentrasi Fe >300 ppm dianggap sebagai batas kritik keracunan. Namun, keracunan besi dapat terjadi pada kisaran kandungan Fe yang lebar, menandakan bahwa keracunan besi tidak sepenuhnya bergantung pada konsentrasinya dalam larutan tanah saja. Tanah ber-pH <5,0 atau kandungan K, P, Ca, dan Mg rendah sering terjadi keracunan besi bagi tanaman padi.

Prinsip terjadinya keracunan besi adalah sebagai berikut: (1) pada tanah masam, kejenuhan basa rendah dan selalu tergenang, ion fero banyak terakumulasi dalam larutan tanah; (2) pada kondisi tanah tergenang terjadi akumulasi zat penghambat respirasi seperti H<sub>2</sub>S, FeS; dan asam-asam organik yang dapat melemahkan kemampuan akar dalam mengoksidasi; dan (3) tanaman yang memiliki status hara rendah atau tidak seimbang seperti kahat P, Ca, Mg atau K memiliki akar yang kurang mampu mengoksidasi ion fero (Fe<sup>2+</sup>) sehingga ion Fe<sup>2+</sup> masuk ke akar secara tidak terkendali; (4) penyerapan Fe berlebihan menyebabkan meningkatnya aktivitas *polyphenol oxidase* yang banyak menghasilkan polyphenol teroksidasi penyebab daun berkarat. Banyaknya Fe dalam tanaman menyebabkan terbentuknya radikal-radikal oksigen yang bersifat fitotoksik dan merusak membran sel sehingga tanaman keracunan besi.

Varietas padi berbeda kepekaannya terhadap keracunan besi, karena adanya perbedaan dalam beberapa hal sebagai berikut: (1) sistem perakarannya mampu mengoksidasi ion fero (Fe<sup>2+</sup>) di tanah menjadi endapan Fe<sup>3+</sup> hidroksida yang berupa lapisan berwarna coklat kemerahan di akarnya, sehingga penyerapan ion fero terkendali. Namun bila ion fero terlalu banyak atau kemampuan akar dalam mengoksidasinya kurang, maka akar berwarna hitam akibat endapan Fe-sulfida. Kekuatan akar mengoksidasi merupakan eksresi O<sub>2</sub> hasil transport dari bagian atas tanaman ke akar melalui aerenkhima. Varietas padi berbeda kemampuannya dalam mengoksidasi tersebut, sehingga juga berbeda kepekaannya terhadap keracunan Fe; (2) perbedaan toleran dalam akumulasi toksin, yaitu oksidasi fero dan mengendapkan feri; (3) perbedaan dalam cekaman hara ganda, sehingga berbeda dalam kemampuan akar mengoksidasi.

## Salinitas/Sodik

Lahan salin/sodik adalah lahan yang mengandung garam dan khususnya natrium (Na) tinggi. Berbeda dengan lahan alkalin, yaitu lahan dengan nilai pH >7,8 (Tabel 3). Kadangkala terlihat pada permukaan tanah kering garam berwarna putih (Gambar 2).

Apabila tanahnya sodik (kadar Na tinggi) warna tanah permukaan hitam-kecokelatan akibat terpecahnya bahan organik dan partikel-partikel tanah menjadi padat tetapi terlepas-lepas. Kondisi permukaan tanah seperti ini mempersulit perkecambahan benih.

Tanaman yang tumbuh pada lahan salin sering mengalami kekeringan, karena konsentrasi garam yang tinggi dalam larutan tanah menyebabkan tanaman sulit menyerap air.

Air dalam larutan yang berkonsentrasi garam rendah (sel akar tanaman) bergerak menuju larutan berkadar garam tinggi (tanah). Akibatnya, tanaman kehilangan air, sulit menyerap hara dan tanaman layu kekeringan meskipun tanah cukup air (Gambar 3). Tanaman yang terpengaruh salinitas akan mengalami cekaman kekeringan, yaitu ujung daunnya mengering, pertumbuhan tanaman terhambat. Namun dibandingkan tanaman padi, tanaman jagung dan kacang tanah ternyata lebih toleran terhadap salinitas, sedangkan kedelai sangat peka.

**Tabel 3.** Klasifikasi tanah-tanah terpengaruh garam.

| Klas tanah  | EC (dS/m) <sup>1/</sup> | pH tanah | SAR <sup>2/</sup> | Kondisi fisik |
|-------------|-------------------------|----------|-------------------|---------------|
| Salin       | >4,0                    | <8,5     | <13               | Normal        |
| Sodik       | <4,0                    | >8,5     | ≥13               | Buruk         |
| Salin-sodik | >4,0                    | <8,5     | ≥13               | Normal        |
| Alkalin     | <4,0                    | >7,8     | <13               | Beragam       |

<sup>1</sup>dS/m = mmho/cm; <sup>2</sup>Bila dalam % Na-tukar (ESP) batas kritiknya 15%.



**Gambar 2.** Akumulasi garam pada lahan pertanian terkena tsunami di Desa Tanjung, Kecamatan Darussalam, Kabupaten Aceh Besar.



**Gambar 3.** Pengaruh salinitas menyebabkan tanaman padi kekeringan meskipun tanah jenuh air.

Garam-garam terlarut penyebab salinitas dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman dengan dua cara, yaitu (1) garam dalam tanah menarik air menimbulkan potensi osmosis, sehingga daya serap akar tanaman terhadap air berkurang, akibatnya pertumbuhan tanaman terhambat karena kurang air, dan (2) garam-garam terlarut mengandung ion-ion Na, Cl, dan borat yang bersifat racun bagi tanaman. Ion-ion tersebut juga menyebabkan naiknya pH tanah, sehingga secara tidak langsung hara Fe, P, Zn, dan Mn menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Butiran tanah menjadi mudah terlepas akibat garam tersebut, sehingga tanah mudah tererosi.

## **Suhu Rendah**

Meskipun cekaman abiotik akibat suhu rendah terhadap beberapa tanaman pertanian di Indonesia tidak begitu luas penyebarannya, namun pada dataran tinggi yang banyak mengusahakan padi sawah dataran tinggi sering dihadapkan kepada permasalahan sebagai berikut (1) kehampaan gabah tinggi, (2) hasil rendah, dan (3) umur tanaman panjang (>6 bulan). Beberapa hasil pemuliaan telah mendapatkan varietas baru seperti Batang Piaman, Batang Sumani, dan sebagainya yang relatif hasil lebih tinggi dan umur lebih pendek. Diharapkan perbaikan genetik kedepannya dapat memperbaiki hasil dan mutu gabah yang lebih baik.

## **Penutup**

Cekaman abiotik utama pada tanaman pertanian berdasarkan tingkat keparahannya terhadap penurunan hasil maupun luasan pengaruhnya adalah kekeringan. Masalah kekeringan ini juga dikhawatirkan akan semakin memburuk untuk masa-masa mendatang akibat besarnya persaingan dalam penggunaan air dengan sektor non-pertanian, bertambah cepatnya volume air yang hilang lepas dari daratan akibat berkurangnya daya tahan tanah, dan semakin rusaknya lingkungan.

Tanah-tanah masam, dengan kendala utamanya keracunan Al merupakan cekaman abiotik yang sering dijumpai di lahan-lahan pertanian di Indonesia, terutama dengan pembukaan lahan-lahan pertanian potensial.

Cekaman abiotik lainnya seperti keracunan Fe, Mn, kahat hara N, P, K, salinitas maupun suhu rendah juga berpengaruh terhadap produktivitas tanaman, juga perlu diantisipasi cara penanggulangannya.

Oleh karena itu, upaya perbaikan varietas baru melalui bioteknologi ataupun secara pemuliaan konvensional perlu lebih memfokuskan terhadap penanganan masalah kekeringan dan keracunan Al. Cekaman abiotik lainnya dapat dilaksanakan sejalan dengan upaya peningkatan produktivitas.

## Bahan Bacaan

- Abdurachman, A., K. Nugroho, dan A.S. Karama. 1998.** Optimalisasi pemanfaatan sumber daya lahan untuk mendukung program gema palagung 2001. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional dan Pertemuan Tahunan Komisariat Daerah Himpunan Ilmu Tanah Indonesia Tahun 1998. Buku I. hlm. 1-11.
- Cregan, P.D. 1980.** Soil acidity and associated problems-guidelines for farmer recommendations. AGbulletin No. 7, New South Wales Department of Agriculture, Sydney.
- de Sousa, P.I., D.B. Egli, and W.P. Buening. 1997.** Water stress during seed filling and leaf senescence in soybean. *Agron. J.* 89:807-812.
- Dobermann, A. and T. Fairhurst. 2000.** Rice. Nutrient disorders and nutrient management. Handbook series. Potash and Phosphate Institute (PPI), Potash and Phosphate Institute of Canada (PPIC) and International Rice Research Institute. 191 p.
- Foy, C.D., R.L. Chaney, and M.C. White. 1978.** The physiology of metal toxicity in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 29:511-566.
- Husni, A., S. Hutami, M. Kosmiatin, dan I. Mariska. 2004.** Uji daya tembus akar dan akumulasi prolin somaklon kedelai hasil seleksi *in vitro* dengan PEG untuk cekaman kekeringan. *Dalam* Makarim *et al.* (Eds.). Kinerja Penelitian Mendukung Agribisnis Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. hlm. 78-86.
- Marschner, H. 1997.** Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press, Harcourt Brace and Company Publisher, London.
- Momen, N.N., R.E. Carlson, R.H. Shaw, and O. Arjmand. 1979.** Moisture stress effects on yield components of two soybeans and stressed condition. *Phyton.* 33(1):103-109.
- Nursyamsi, D., M. Osaki, and T. Tadano. 2002.** Mechanism of aluminum toxicity avoidance in tropical rice (*Oryza sativa*), maize (*Zea mays*), and soybean (*Glycine max*). *Indonesian J. of Agric. Sci.* 3(1):12-24.
- Purnomo, J., A. Kasno, Trustinah, dan N. Nugrahaeni. 2004.** Stabilitas hasil galur harapan kacang tanah di berbagai lingkungan. *Dalam* Makarim *et al.* (Eds.). Kinerja Penelitian Mendukung Agribisnis Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. hlm.169-178.
- Slamet dan Suyamto. 2000.** Uji daya hasil pendahuluan kedelai toleran kekeringan. Laporan Teknik Hasil Penelitian Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian.
- Subagyo, H., N. Suharta, dan A.B. Siswanto. 2000.** Tanah-tanah pertanian di Indonesia. *Dalam* Sumberdaya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor. hlm. 21-66.
- Suhartina, D.M. Arsyad, dan Suyamto. 2004.** Evaluasi galur-galur harapan kedelai toleran kekeringan pada stadia reproduktif. *Dalam* Makarim *et al.* (Eds.). Kinerja Penelitian Mendukung Agribisnis Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. hlm. 133-144.
- Suyamto. 2004.** Keragaan beberapa galur harapan kedelai toleran kekeringan. *Dalam* Makarim *et al.* (Eds.). Kinerja Penelitian Mendukung Agribisnis Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. hlm. 152-158.

**Waskom, R.M., T.A. Bauder, J.G. Davis, and G.E. Cardon. 2005.** Diagnosing saline and sodic soil problems. Colorado State University Cooperative Extension. 2 p.

**Whigham, D.K. and H.C. Minor. 1978.** Agronomic characteristics and environmental stress. *In* Norman (Eds.). Soybean, Physiology, Agronomy, and Utilization. Acad. Press. New York. p. 77-118.