

PENGARUH CEKAMAN ABIOTIK DAN UPAYA PENGELOLANNYA PADA TANAMAN PADI SAWAH

Muhammad Abid¹, Edwen Waas², dan Muh Afif Juradi¹

²Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Maluku

¹Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Tengah

Jalan Lasoso No 62 Sigi Biromaru

Email:afif.juradi@gmail.com

ABSTRAK

Permasalahan yang utama yang dihadapi dalam pengembangan bidang pertanian, saat ini adalah beragamnya cekaman abiotik yang dapat menyebabkan rendahnya produktivitas pada tanaman. 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, dan Mo, dan (3) terhambatnya pertumbuhan akar dan penyerapan air karena defisiensi hara dan cekaman kekeringan. Beberapa kendala yang terjadi pada tanah masam adalah keracunan aluminium (Al) yang paling bermasalah pada tanah-tanah masam. Upaya peningkatan 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. Cekaman abiotik lainnya seperti keracunan Fe, Mn, kahat hara N,P, K, salinitas maupun suhu rendah juga berpengaruh terhadap produktivitas tanaman. Penanggulangan cekaman abiotik yang perlu dilakukan, penambahan bahan organik, pembenah tanah untuk meningkatkan daya mengikat air, pemberian kapur, penggunaan varietas yang toleran yang tanggap terhadap kondisi lingkungan yang ekstrim.

Kata kunci: cekaman abiotik, padi sawah

PENDAHULUAN

Permasalahan yang utama yang dihadapi dalam pengembangan bidang pertanian, saat ini adalah beragamnya cekaman abiotik yang dapat menyebabkan rendahnya produktivitas pada tanaman, dibandingkan dengan pertanian pada lahan yang telah lama dibuka. Tanah masam dengan kesuburan alami rendah dan peka terhadap erosi yang dominan dilokasi-lokasi tersebut (Makarim, 2006).

Tanah-tanah masam diplanet bumi ini diperkirakan terdapat sekitar 3.950 juta ha atau 30% dari permukaan tanah tidak bersalju. Hampir semua tanah masam berada diluar Jawa. 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, dan Mo, dan (3) terhambatnya pertumbuhan akar dan penyerapan air karena defisiensi hara dan cekaman kekeringan (Marschner, 1997 *dalam* Makarim, A.K. 2006). Beberapa kendala yang terjadi pada tanah masam adalah keracunan aluminium (Al) yang paling bermasalah pada tanah-tanah masam (Foy *et al.* 1978 *dalam* Makarim, A.K. 2006)

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 (Makarim, A.K. 2006). Cekaman abiotik lainnya seperti keracunan Fe, Mn, kahat hara N,P, K, salinitas maupun suhu rendah juga berpengaruh terhadap produktivitas tanaman, olehnya itu perlu dilakukanantisipasi dan cara penanggulangannya.

Dalam penulisan makalah ini dititikberatkan beberapa cekaman abiotik seperti cekaman kekeringan, aluminium (Al), Besi (Fe), Salinitas dan suhu rendah.

PEMBAHASAN

Kekeringan Air Sebagai Cekaman Abiotik Pada Tanaman

Salah satu cekaman abiotik dalam meningkatkan produktivitas suatu tanaman adalah salah satu faktor pembatasnya adalah air. Air merupakan salah satu faktor pembatas dan salah satu komponen fisik yang sangat vital dan dibutuhkan dalam jumlah besar untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Sebanyak 85-90 % dari bobot segar sel-sel dan jaringan tanaman tinggi adalah air. Air sangat penting bagi tanaman terutama : (a) Bahan baku (sumber hidrogen dalam proses fotosintesis, (b) penyusun protoplasma yang sekaligus memelihara turgor sel, (c) bahan atau media dalam proses transpirasi, (d) pelarut unsur hara dalam tanah dan dalam tubuh tanaman serta sebagai media translokasi unsur hara dari dalam tanah ke akar untuk selanjutnya dikirim ke daun (Sugito, 2012).

Tanaman juga mengalami dehidrasi atau cekaman air tidak hanya karena kondisi kekeringan dan salinitas tinggi, tetapi juga karena suhu rendah (frost). Tanaman menanggapi dan beradaptasi terhadap cekaman air untuk mempertahankan diri dari cekaman lingkungan tersebut. Cekaman air sering menyebabkan hambatan pertumbuhan, produksi, dan bahkan menyebabkan kematian. Agar tetap dapat hidup dalam kondisi kekurangan air, maka tanaman harus memiliki sistem pertahanan terhadap cekaman lingkungan tersebut.

Masalah kekeringan atau kekurangan air merupakan masalah yang sangat besar pada tanaman, apabila tidak dilakukan penanggulangan secara serius akan berdampak pada tanaman itu sendirinya, pada akhirnya tanaman itu akan mati. Beberapa penyebab yang sering terjadi hasil rendah adalah terjadinya kekurangan air (kekeringan). Tanaman yang menderita stress air mempunyai ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan tanaman yang tumbuh normal. stress air mempengaruhi semua aspek pertumbuhan tanaman. Cekaman air mempengaruhi proses fisiologi dan biokimia tanaman serta menyebabkan terjadinya modifikasi anatomi dan morfologi tanaman. Terjadinya kekurangan air pada setiap fase tumbuh dapat menyebabkan terganggunya pertumbuhan dan menurunnya hasil tanaman. Pengaruh yang dapat ditimbulkan terutama ditentukan oleh tingkat dan waktu terjadinya kekurangan air. Kekurangan air juga menyebabkan penurunan hasil yang sangat signifikan dan bahkan menjadi penyebab kematian pada tanaman. Pada saat kekurangan air sebagian stomata daun menutup sehingga terjadi hambatan masuknya CO₂ dan menurunnya aktivitas fotosintesis, kekurangan air juga menghambat aktivitas sintesis protein dan dinding sel. Selain itu efek yang ditimbulkan kekurangan air adalah akan mengganggu aktifitas fisiologis maupun morfologis, sehingga mengakibatkan terhentinya pertumbuhan. Defisiensi air yang terus menerus akan menyebabkan perubahan irreversibel (tidak dapat balik) dan pada gilirannya tanaman akan mati, oleh karena itu untuk terjadinya pertumbuhan optimal, maka ketersediaan air dalam jumlah yang cukup (kapasitas lapang) dalam tanah merupakan hal yang sangat menentukan bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Danapriatna, N. 2010)



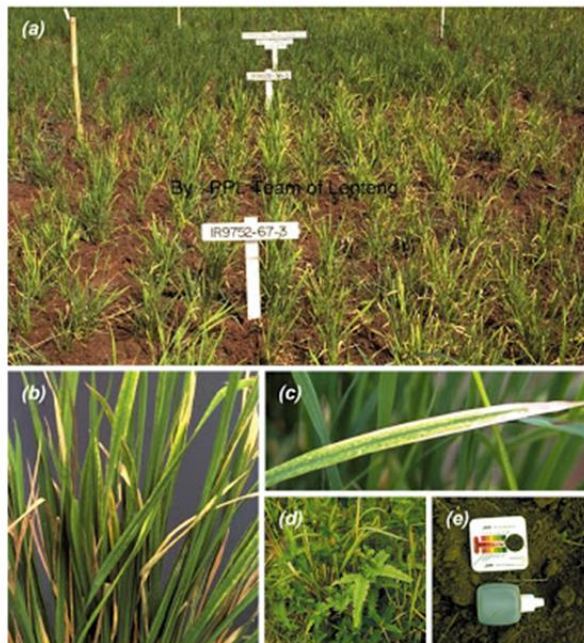
Gambar 1. Gejala kekeringan pada tanaman padi sawah

Selain itu dampak yang ditimbulkan terhadap kekurangan air atau kekeringan akan mengakibatkan dehidrasi pada tanaman yang berpengaruh terhadap zona sel turgor yang selanjutnya dapat menghambat pertumbuhan tanaman (Fallah, *et al.* 2006.). Hal yang sama menurut Gardner *et*

al. (2008) dalam Moctava *et al.* (2013). Kekurangan air dapat menurunkan perkembangan vegetatif tanaman dan hasil panen dengan cara mengurangi pengembangan daun dan penurunan fotosintesis daun.

Keracunan Aluminium (Al)

Permasalahan utama yang dihadapi pada Ultisol jika dijadikan lahan pertanian adalah keracunan aluminium (Al) dan besi (Fe) serta kekurangan hara terutama fosfor(P). Unsur Al dan Fe yang banyak larut pada tanah masam akan mudah mengikat P, sehingga penambahan pupuk P kurang bermanfaat bagi tanaman dan efisiensi pemupukan P menjadi rendah. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan penambahan bahan organik. Bahan organik dalam proses dekomposisinya akan melepaskan asam-asam organik yang dapat mengikat Al dan Fe membentuk senyawa kompleks atau khelat, sehingga Al dan Fe menjadi tidak larut. Pemberian bahan organik dalam bentuk bahan humat ke dalam tanah merupakan salah satu upaya untuk mempercepat proses ameliorasi tanah terutama Ultisol, karena bahan humat merupakan komponen bahan organik yang paling reaktif di dalam tanah. (Tan, 2010). Menurut Makarim, A.K. 2006, bahwa tanaman yang mengalami



Gambar 1. Gejala kekurangan Aluminium (Al) pada tanaman Padi

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 menguning, selain itu terhambatnya pertumbuhan tanaman bagian atas juga disebabkan oleh ikut kahatnya hara lain seperti Mg, Ca, dan P. Untuk mengantisipasi hal tersebut diatas, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian melalui Balai Besar Penelitian Tanaman Padi di Sukamandi, mulai tahun 2008-2012 telah menghasilkan varietas unggul baru padi varietas Inpara (Inhibrida Padi Rawa) mulai dari Inpara 1 sampai Inpara 7, dimana beberapa varietas tersebut toleran terhadap Aluminium (Al) dan Besi (Fe) (Mejaya *et al.* 2014), selain itu berdasarkan berbagai masalah tanah masam yang telah dikemukakan diatas, maka prinsip utama pengelolaan tanah masam adalah menaikkan pH tanah dan mengurangi kejenuhan Al yang meracun, serta meningkatkan ketersediaan hara tanaman, terutama unsur hara P sehingga sesuai dengan pertumbuhan tanaman yang optimal. Dari berbagai hasil penelitian tentang pemanfaatan tanah masam di dunia, termasuk indonesia, dapat dinyatakan bahwa tekhnologi yang paling tepat untuk mengendalikan masalah tanah masam adalah teknologi pengapuran.

Pengapuran adalah pemberian kapur ke dalam tanah pada umumnya bukan karena tanah kekurangan unsur Ca tetapi karena tanah terlalu masam. Oleh karena itu pH tanah perlu dinaikkan agar unsur-unsur hara seperti P mudah diserap tanaman dan keracunan Al dapat dihindarkan. Pengapuran dinyatakan sebagai teknologi yang paling tepat dalam pemanfaatan tanah masam di dasarkan atas beberapa pertimbangan. pertama, reaksi kapur sangat cepat dalam menaikkan pH tanah dan menurunkan kelarutan Al yang meracun. Kedua, respons tanaman sangat tinggi terhadap pemberian kapur pada tanah masam. Ketiga, efek sisa kapur atau manfaat kapur dapat dinikmati selama 3 sampai 4 tahun berikutnya. Keempat, bahan kapur cukup tersedia dan relatif murah, termasuk di Indonesia (Santoso, A. 2012)

Keracunan Besi (Fe)

Besi (Fe) merupakan salah satu unsur hara esensial bagi semua tanaman. Besi mempunyai peranan penting dalam proses biologi seperti : fotosintesis, pengembangan kloroplast, dan biosintesa protein. Besi juga merupakan penyusun berbagai jenis enzim seperti : sitokrom, enzim katalase, feroksidase, dan leg haemoglobin, serta besi sulfur protein termasuk superoksida dismutase (Marschner, 1995 *dalam* Syafruddin, 2011). Besi juga dibutuhkan dalam klorofil walaupun belum jelas mekanisme peran besi dalam menentukan laju pembentukan klorofil. Dijumpai korelasi antara kandungan besi dalam jaringan tanaman dengan kandungan klorofil tanaman. Dalam pengelolaannya besidihadapkan pada dua masalah yaitu: kekurangan atau berlebih. Kedua kondisi ini sangat berpengaruh terhadap hasil yang akan dicapai. Bila kekurangan atau kelebihan padatanaman maka pertumbuhannya akan terganggu.



Gambar 2. Kenampakan pertumbuhan tanaman padi yang tergolong toleran terhadap keracunan besi (Fe). (A= varietas Cisanggatung dan B= varietas Mekongga).

Gejala kekurangan besi yang telah teridentifikasi adalah: klorosis antar vena daun dan pada kondisi yang parah gejala nyapada seluruh permukaan daun. Sedangkan gejala keracunan pada umumnya memperlihatkan warna coklat kemerah-merahan atau kuning kecoklatan sering disebut bronzing (Ismunadji, 1990 *dalam* Syafruddin, 2011). Kekurangan besi jarang dijumpai pada pertanaman padi sawah, justru yang sering ditemukan adalah gejala keracunan pada tanaman padi terutama jika ditanam pada lahan sawah yang masam seperti: inceptisol, ultisol, dan oksisol. Gejala kekurangan besi pada tanaman padi akan muncul jika kadarnya dalam jaringan tanaman lebih kecil dari 63 ppm dan kecukupan bila kadarnya dalam jaringan tanaman mencapai 80 ppm dan keracunan jika melebihi 300 ppm (Rajagukguk, 1999; Yusuf, 1990 *dalam* Syafruddin, 2011)

Penyebab keracunan besi sangat beragam, tidak hanya ditentukan oleh faktor tanah (pH, kadar besi yang tinggi, kahat hara dan tidak seimbang hara tanah), tetapi juga dapat disebabkan oleh keadaan air irigasi dan lokasi. Karena itu keracunan besi dapat diatasi dengan berbagai cara (perbaikan saluran drainase, pemberian kapur, pemupukan K (KCl dan abu sekam), pupuk P, pupuk organik, dan penggunaan varietas toleran). Gejala keracunan besi pada padi sawah di Sri Lanka disebut bronzing (merah tembaga), di Filipina disebut yellowing (kekuningan), di Malaysia disebut penyakit merah, sedangkan di Jepang disebut akagare I dan II. Di Indonesia ada yang menyebutnya dengan nama mentek (penyakit merah), mutut (terhambatnya perkembangan daun bendera), dan petani Banjar menyebutnya sebagai penyakit habang (Sailan, 2012).

Keracunan besi (Fe) pada padi sawah merupakan kendala utama dalam produksi padi di daerah tropis dan subtropis yang disebabkan tingginya kadar besi larut dalam tanah. Keracunan Fe seringkali terjadi pada tanah Ultisol, Oxisol dan lahan pasang surut sulfat masam dengan kemasaman dan kadar Fe aktif yang tinggi (Sahrawat, 2004 *dalam* Noor, A. 2012), Lahan pasang surut sulfat masam di Indonesia cukup luas yaitu 6.67 juta ha (Alihamsyah, 2004 *dalam* Noor, A. 2012), dengan kandungan pirit yang tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa toksisitas Fe pada padi sawah dapat menurunkan hasil hingga 12-100% (Sahrawat, 2000; Sahrawat, 2004; Sahrawat, 2010 *dalam* Noor, A. 2012), Berdasarkan hasil penelitian Audebert dan Sahrawat (2000 *dalam* Noor, A. 2012), toksisitas Fe yang cukup berat pada tanaman padi mengakibatkan hambatan pertumbuhan, anakan tidak tumbuh sehingga hasil yang didapatkan sangat rendah dan bahkan dapat mengakibatkan kegagalan panen.

Sebagai contoh di Sulawesi Tengah produktivitas lahan sawah di daerah yang diduga keracunan besi (ultisol dan oksisol) produktivitasnya baru 2,5-2,9 t/ha di Kabupaten Morowali dan 3, 5 t/ha di Kabupaten Poso Sulawesi Tengah (BPS Propinsi Sulawesi Tengah, 2005 *dalam* Syafruddin, 20011).

Upaya Pengelolanya

Pengelolaan lahan sawah yang beresiko mengalami keracunan besi dapat dilakukan dengan beberapa cara. Untuk mengurangi efek negatif dari kelarutan besi yang tinggi pada tanah masam atau lahan sawah yang beresiko mengalami keracunan besi terutama pada lahan yang digenangi secara terus menerus, maka ada beberapa cara yang dapat dilakukan diantaranya: a. Penggunaan varietas toleran terhadap kadar besi tinggi, b. Pemupukan c. Pengaturan tingkat reduksi dengan sistem intermitten irigasi dan d. Penggunaan bahan organik (Syafruddin, 2011).

Menurut Ismunadji *et al.* (1989 *dalam* Noor, A dan Khairuddin, 2013), untuk mengatasi keracunan besi dan meningkatkan produksi padi pada lahan keracunan Fe, dapat dilakukan dengan teknologi tata air seperti perbaikan drainase, pemupukan berimbang, penambahan bahan organik dan pengapuran. Selain teknologi budidaya dan pengelolaan tanah dan air, penggunaan varietas yang toleran atau cukup toleran lebih efisien dalam mengendalikan keracunan besi. Penggunaan varietas padi hendaknya disesuaikan dengan kemampuan padi untuk beradaptasi pada lingkungan yang spesifik. Penggunaan varietas toleran merupakan cara yang paling murah dan mudah diaplikasikan oleh petani, hanya saja untuk mendapatkan varietas yang toleran dengan hasil tinggi sangat sulit dan memerlukan waktu yang lama. Perbaikan lingkungan tumbuh agar tanaman dapat tumbuh optimal dan memberikan hasil tinggi apabila menggunakan varietas yang tidak toleran memerlukan input yang tinggi sehingga biaya produksi juga menjadi tinggi.

Salinitas/Sodik

Lahan salin adalah lahan rawa yang terkenah pengaruh penyusupan air laut atau bersifat payau, yang dapat termasuk lahan potensial, lahan sulfat masam, atau lahan gambut. Penyusupan air laut ini paling tidak selama 3 bulan dalam setahun dengan kadar natrium (Na) dalam larutan tanah 8-15%. Ciri-ciri lahan salin adalah pH < 8.5 dan didominasi oleh garam-garam Na, Ca dan Mg dalam bentuk klorida maupun sulfat yang menyebabkan rendahnya ketersediaan N, P, Mn, Cu, Zn, dan Fe dalam tanah, tekanan osmotik tinggi, lemahnya pergerakan air dan udara serta rendahnya aktivitas mikroba tanah. Salinitas menyebabkan perubahan morfologi, fisiologi, biokimia, dan anatomi pada tanaman (Tester dan Davenport, 2003; Flower, 2004 *dalam* Djufry, F. *et al.* 2011).



ir Nasional:
wewujudkan Keunggulan Pangan Padi Lahan

Gambar 3. Pengaruh salinitas pada tanaman padi.

(foto : <http://www.knowledgebank.irri.org/regionalSites/indonesia>)

Menurut Makarim, A.K. Lahan salin/sodik adalah lahan yang mengandung garam dan khususnya garam dan khususnya natrium (Na) tinggi. Berbeda dengan lahan alkalin, yaitu lahan dengan nilai pH > 7.8, pada permukaan tanah kering sering terlihat garam berwarna putih.

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 mengalami kehilangan air, sulit menyerap hara dan pada akhirnya tanaman akan layu kekeringan meskipun tanah cukup air. Tanaman yang terpengaruh salinitas akan mengalami cekaman kekeringan, yaitu ujung daunnya mengering, pertumbuhan tanaman terhambat, ini biasanya terjadi pada tanaman padi, dibandingkan jagung dan kacang tanah lebih toleran terhadap salinitas (Makarim, A.K. 2006).

Menurut Sulystiowati, et al. 2010 dalam Djufry, F. *et al.* 2011, bahwa pendekatan yang dapat dilakukan untuk mengatasi cekaman salinitas pada lahan-lahan pertanaman padi adalah dengan mengembangkan varietas-varietas padi yang tahan terhadap cekaman lingkungan salinitas. Lebih lanjut (Sangkakara, 2001 dalam Djufry, F. *et al.* 2011), 3 hal yang dapat dilakukan yaitu (1) perbaikan pengelolaan tanaman, (2) seleksi dan perakitan varietas yang mampu beradaptasi pada kondisi cekaman, (3) bioteknologi untuk rekayasa varietas tahan salinitas.

Suhu Rendah

Pembentukan atau perbaikan varietas padi sawah yang beradaptasi pada daerah dataran tinggi yang memiliki cekaman suhu rendah dapat dilakukan dengan merakit keragaman genetik karakter toleransi terhadap cekaman suhu rendah di dalam populasi genotipe yang akan diperbaiki atau dibentuk. IRRI (1986) melaporkan bahwa sekitar 7 juta hektare padi sawah ditanam di dataran tinggi dengan cekaman suhu rendah di Asia Selatan dan Asia Tenggara. Pewarisan sifat toleransi terhadap cekaman suhu rendah telah banyak dilaporkan pada tanaman padi (Sakai, 1946; Sawada, 1978; Nishiyama, 1992; Pereira et al., 1997 dalam Limbongan, Y.L., *et al.* 2008), namun hasilnya tidak konsisten. Lebih lanjut menurut (Lee, 2001 dalam Limbongan, Y.L. 2008) mengatakan bahwa cekaman suhu rendah berpengaruh pada tahap perkecambahan dan pertumbuhan bibit; menghambat pertumbuhan akar, daun dan tinggi tanaman; memperlambat pembungaan dan pembentukan malai; terganggunya meiosis, pembentukan pollen dan penyerbukan; terganggunya pertumbuhan dan pengisian malai, pada tanaman padi sawah toleransi suhu rendah terutama diperlukan pada tahap perkecambahan, pertumbuhan anakan, pembentukan malai dan pembungaan, tergantung pada ketinggian tempat dan letak lintang (IRRI, 1986 dalam Limbongan, Y.L. *et al.* 2008).

Cekaman abiotik akibat adanya 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, (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 (Makarim, A.K. 2006).

KESIMPULAN

Cekaman abiotik utama pada padi berdasarkan tingkat keparahannya dapat menurunkan hasil dan pada akhirnya tanaman akan mati, Masalah kekeringan juga saat ini sangat mengkhawatirkan akan

semakin memburuk apabila tidak ditangani secara serius, dalam hal penggunaan air secara berlebihan baik disektor pertanian maupun sektor non pertanian, akibatnya berkurangnya daya tahan tanah dan dapat merusak lingkungan. Tanah masam seperti keracunan Al dapat menurunkan hasil panen. Upaya yang dilakukan agar mengurangi keracunan Al dengan cara pemberian bahan organik, pemupukan secara tepat dan penggunaan varietas varietas toleran terhadap tanah masam, yakni penggunaan varietas padi rawa, seperti jenis Inpara, juga cekaman abiotik lainnya seperti tanaman yang mengalami gejala keracunan besi, salinitas tinggi dan suhu rendah juga berpengaruh terhadap produktivitas tanaman, upaya yang dilakukan adalah perbaikan varietas unggul yang tahan terhadap gejala keracunan besi, salinitas dan suhu rendah dan melalui pemuliaan secara konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

- Ai N.S. dan Y. Banyo. 2011. Konsentrasi Klorofil Daun Sebagai Indikator Kekurangan Air pada Tanaman. Program studi Biologi FMIPA Universitas Samratulangi Manado.
- Danapriatna, D. 2010. Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Serapan Nitrogen dan Pertumbuhan Tanaman. Region Volume (2):4
- Eliakim, R. Sulistiani, Suriyanto, T. Manik. 2008. Pengaruh Kelebihan Air Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman. Tugas. Program Studi Agroekoteknologi Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Fadjry D., F., Sudarsono., M.S. Lestari. 2011. Tingkat Toleransi Beberapa Galur Harapan Padi pada Kondisi Salinitas di Lahan Rawa Pasang Surut. J. Agrivigor 10(2):196-207.
- Goalter Zoko, 2009. Cekaman Kekeringan
<http://goalterzoko.blogspot.com/2009/07/cekaman-kekeringan-oleh-goalter-zoko.html>. diakses tgl 19 oktober 2014
- La ode Hasanuddin. 2011. Adaptasi Tanaman Terhadap Cekaman Air. Tugas Pengelolaan Air. Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Haluoleo Kendari.
- Makarim, A.K. 2006. Cekaman Abiotik Utama dalam Peningkatan Produktivitas Tanaman. Prosiding Seminar Nasional Pemanfaatan Bioteknologi untuk Mengatasi Cekaman Abiotik pada Tanaman. <http://biogen.litbang.pertanian.go.id/>.
- Mapegau. 2006. Pengaruh Cekaman Air terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max L. Merr*). Program Studi Agronomi Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Jambi. Jurnal Ilmiah Pertanian Kultura. (41):1
- Monorahardjo, 2011. Bunga Rampai Jahe (*Zingiber officinale Rosc.*) Status Teknologi Hasil Penelitian Jahe. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian dan Perkembangan Perkebunan. Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik. Hal : 36-48.
- Moctava, M.A., Koesriharti, M.D. Maghfoer. 2013. Respon Tiga Varietas Sawi (*brassica rapa l.*) Terhadap Cekaman Air. Jurnal produksi tanaman (1)2: 90-98.
- Mejaya, M.J. Satoto, Sasmita, P., Baliadi, Y., Guswara, A., Suharna. 2014. Deskripsi Varietas Unggul Baru Padi. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Notohadiprawiro, T. 2006. Persoalan Tanah Masam Dalam Pembangunan Pertanian di Indonesia. Makalah Pendukung pada Seminar Pertanian Dies Natalis UGM ke-34. Ilmu Tanah Universitas Gadjamada.
- Noor, A., Lubis, I., Ghulamahdi, M., Chosin, M.A., Anwar, K., Wirnas, D. 2012. Pengaruh Konsentrasi Besi dalam Larutan Hara terhadap Gejala Keracunan Besi dan Pertumbuhan Tanaman Padi. J. Agron. Indonesia 40(2) : 91 – 98.

- Noor, A dan Khaeruddin, 2013. Keracunan Besi pada Padi: Aspek Ekologi dan Fisiologi-Agronomi. Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kalimantan Selatan. Hal. 305-318
- Niakan, M dan Ahmadi, A. 2014. Effects of foliar spraying kinetin on growth parameters and photosynthesis of tomato under different levels of drought stress. Biology Department Islamic Azad University Gorgan Branch, Gorgan, Iran. Iranian Journal of Plant Physiology. 4(2): 939-947.
- Limbongan, Y.L., Aswidinnoor, H., Purwoko, B.S., Trikoesoemaningtyas. 2008. Pewarisan Sifat Toleransi Padi Sawah (*Oryza sativa* L) Terhadap Cekaman Suhu Rendah. Bul. Agron. 36(2): 111 – 117
- Rija, F. 2013. Makalah Adaptasi Tumbuhan Terhadap Cekaman Fisiologis
<http://firmanbiotik.blogspot.com/2013/09/makalah-adaptasi-tumbuhan-terhadap.html>. Diakses tanggal 23 Oktober 2014
- Syafruddin, 2011. Keracunan Besi pada Tanaman Padi dan Upaya Pengelolaannya pada Lahan sawah. Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Wilayah. 3(1): 35-45.
- Santoso, A. 2012. Manajemen Kesuburan Tanah Masam Dengan Teknologi Pengapuran. Mata Kuliah Manajemen Kesuburan Tanah. Program Studi Agronomi.
<http://untungjoyo.blogspot.com/2012/10/manajemen-kesuburan-tanah-masam-dengan.html>.
 Diakses tanggal 30 Oktober 2014.
- Sailan, 2012. Mengatasi Keracunan Besi di Lahan Sawah.
<http://kjbenteng.blogspot.com/2012/12/mengatasi-keracunan-besi-pada-lahan.html>. Diakses tanggal 31 Oktober 2014
- Sugito, Y. 2014. Ekologi Tanaman. Pengaruhnya Faktor Lingkungan terhadap Pertumbuhan Tanaman dan Beberapa Aspeknya. Cetakan kedua. Penerbit Universitas Brawijaya Press (UB Press). Malang
- Supriyanto, B. 2013. Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Padi Gogo Lokal Kultivar Jambu (*Oryza sativa* Linn). Jurnal Agrifor. 12(1): 77-82.