

## Pengendalian Keracunan Besi untuk Peningkatan Produktivitas Padi di Lahan Rawa Pasang Surut Bukaannya Baru

*Control of Iron Poisoning to Increase Rice Productivity in the New Open Tidal Swamp Land*

Masganti\*, Ani Susilawati, Izhar Khairullah, dan Khairil Anwar

Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa (Balittra) Banjarbaru

\*E-mail: masgambut59@yahoo.com

Diterima 16 Maret 2020, Direview 20 Maret 2020, Disetujui dimuat 28 April 2020, Direview oleh Wawan dan Mukhlis

**Abstrak.** Kebutuhan beras nasional meningkat dari tahun ke tahun akibat pertumbuhan penduduk, peningkatan kebutuhan energi harian individu, dan masih rendahnya diversifikasi konsumsi sumber karbohidrat serta keinginan untuk menjadi lumbung pangan dunia (LPD) pada tahun 2045. Salah satu upaya untuk meningkatkan produksi padi nasional adalah melalui perluasan areal tanam dengan memanfaatkan lahan rawa pasang surut yang luasnya mencapai 8,92 juta hektare. Peningkatan luas tanam padi di lahan rawa pasang surut diantaranya dapat dilakukan melalui pembukaan lahan baru, baik dengan memanfaatkan lahan sawah terlantar maupun yang belum dimanfaatkan. Akan tetapi pembukaan lahan baru sering dihadapkan pada keracunan besi, sehingga tanaman padi tidak tumbuh dan berproduksi secara optimal. Keracunan besi dapat menurunkan produksi padi 30-100%, tergantung ketahanan varietas, intensitas keracunan, fase pertumbuhan, dan status kesuburan tanah. Keracunan besi merupakan penyakit fisiologis tanaman dengan penyebab utama adalah konsentrasi  $Fe^{2+}$  yang tinggi dalam larutan tanah karena kondisi reduktif. Hal itu terkait dengan drainase yang jelek, nilai Eh yang rendah, defisiensi K, Ca, Mg, P, Zn, dan Mn, dan oksigen tanah yang rendah. Pengendalian keracunan besi untuk meningkatkan produktivitas padi di lahan rawa pasang surut bukaan baru dapat dilakukan melalui teknologi pengelolaan air, ameliorasi, pemupukan, pengaturan waktu tanam, dan penggunaan varietas yang toleran.

*Kata Kunci:* Keracunan besi / lahan rawa bukaan baru / produktivitas padi

**Abstract.** National rice demand is increasing from year to year due to population growth, increasing individual daily energy needs, and the low diversification of consumption of carbohydrate sources and the desire to become a world food barn (LPD) in 2045. One effort to increase national rice production is through expansion planting area utilizing tidal swamp land which covers an area of 8.92 million hectares. Increasing the area of rice planting in tidal swamps can be done through the opening of new land, either by using abandoned or untapped rice fields. However, new land clearing is often faced with iron poisoning, so that rice plants do not grow and produce optimally. Iron poisoning can reduce rice production by 30-100%, depending on the variety resistance, poisoning intensity, growth phase, and soil fertility status. Iron poisoning is a physiological disease of plants with the main cause being high concentrations of  $Fe^{2+}$  in soil solutions due to reductive conditions. This is related to poor drainage, low Eh values, deficiency of K, Ca, Mg, P, Zn, and Mn, and low soil oxygen. Control of iron poisoning to increase rice productivity in the new openings tidal swamps can be done through water management technology, amelioration, fertilization, planting time management, and the use of tolerant varieties.

*Keywords:* Iron poisoning / new open tidal swamp / rice productivity

### PENDAHULUAN

Kebutuhan beras nasional semakin bertambah setiap tahun akibat pertumbuhan penduduk, peningkatan kebutuhan energi harian individu, dan masih rendahnya diversifikasi konsumsi karbohidrat. Apalagi dengan adanya keinginan nasional untuk menjadi lumbung pangan dunia (LPD) pada tahun 2045 (Masganti dan Alwi 2018).

Jumlah penduduk Indonesia saat ini diperkirakan sekitar 270 juta jiwa dan akan bertambah dengan kecepatan sekitar 1,19%/tahun. Sementara menurut FAO, kebutuhan energi harian individu juga mengalami peningkatan dari 2.759 kkal/hari pada tahun 2012 menjadi 3.130 kkal/hari pada tahun 2050. Perubahan angka-angka tersebut menuntut tersedianya bahan pangan dalam jumlah yang lebih besar (Arsyad *et al.* 2014; Hairani *et al.* 2017; Masganti dan Alwi 2018). Sementara selain diversifikasi konsumsi karbohidrat

yang masih rendah, efisiensi konsumsi pangan juga menyebabkan pangan yang tersedia harus lebih banyak.

Pasokan beras nasional selama ini lebih bertumpu pada Pulau Jawa sebagai kontributor utama (Muslim 2014), padahal pada saat yang sama Pulau Jawa juga mengalami penurunan kapasitas produksi padi akibat (1) kurang berfungsinya sebagian besar infrastruktur pengelolaan air, (2) konversi lahan sawah produktif untuk tujuan nonpertanian, (3) berkurangnya luas lahan garapan per petani, (4) berkurangnya jumlah keluarga petani, (5) berkurangnya minat tarunatani, (6) degradasi kesuburan tanah, (7) meningkatnya serangan organisme pengganggu tanaman (OPT), (8) meningkatnya frekuensi kejadian iklim ekstrem, dan (9) terjadinya kompetisi pemanfaatan lahan dengan tanaman nonpangan (Masganti dan Alwi 2018).

Kekhawatiran semakin menurunnya kapasitas produksi padi Pulau Jawa akibat laju konversi lahan memang beralasan, sementara kemampuan mencetak sawah hanya separo dari laju kehilangan sawah produktif. Muslim (2014) melaporkan bahwa laju konversi lahan sawah produktif semakin meresahkan dan menjadi ancaman untuk memberikan garansi ketersediaan beras nasional. Pada periode 1992-2002 laju konversi lahan sawah hanya 110.000 ha/tahun, akan tetapi pada periode 2007-2010 meningkat menjadi 200.000 ha/tahun. Laju konversi lahan sawah produktif juga dilaporkan Ritung dan Suharta (2007) mengalami peningkatan. Pada periode 1983-1993 kecepatannya hanya 40.000 ha/tahun, pada periode 1993-2003 menjadi 80.000 ha/tahun, bahkan pada periode 1999-2002 menjadi 187.720 ha/tahun.

Berkurangnya daya pasok beras Pulau Jawa harus diimbangi dengan memanfaatkan sumberdaya lahan yang terdapat di luar Pulau Jawa. Salah satu sumberdaya lahan tersebut adalah lahan rawa pasang surut. Lahan rawa pasang surut sangat potensial dikembangkan sebagai lumbung pangan, terutama sebagai pemasok beras (Ar-Riza dan Alkasuma 2009; Masganti 2010; Nurhayati *et al.* 2016), akan tetapi kontribusi lahan ini dalam penyediaan beras masih rendah. Menurut Ritung *et al.* (2015) dan BBSDLP (2018) luas lahan rawa pasang surut di Indonesia mencapai 8,92 juta hektare tersebar di tiga pulau besar yakni Pulau Sumatera, Kalimantan, dan Papua. Ketiga pulau besar tersebut mempunyai lahan rawa pasang surut seluas 8,43 juta hektare atau sekitar 95% total luas lahan rawa pasang surut Indonesia. Sepuluh provinsi

utama memiliki luas lahan rawa pasang surut 7.787.201 ha atau 87,31% dari luas total lahan rawa pasang surut.

Menurut Masganti dan Alwi (2018), lahan rawa pasang surut sangat pantas dikembangkan sebagai lumbung beras baru Indonesia. Hal ini didasarkan atas beberapa pertimbangan, yakni (1) produktivitas padi masih rendah, (2) lahan potensial masih luas, (3) indeks pertanaman (IP) padi masih rendah, (4) lahan terdegradasi yang potensial masih luas, (5) pola produksi padi bersifat komplementer dengan pola produksi padi di Pulau Jawa, (6) kompetisi pemanfaatan lahan untuk tujuan non-pertanian relatif rendah, dan (7) tersedianya teknologi produksi padi.

Potensi luas lahan rawa pasang surut ternyata tidak inline dengan kapasitas produksi padi lahan ini (Masganti 2010). Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan padi di lahan rawa pasang surut terkendala oleh sifat-sifat inheren lahan terkait dengan sifat kimia, fisika, biologi tanah, dan sosial ekonomi. Lahan rawa pasang surut dilaporkan mempunyai tingkat kesuburan yang rendah dan sering mengalami keracunan hara tertentu.

Peningkatan produksi padi di lahan rawa pasang surut diantaranya dapat dilakukan dengan perluasan areal tanam melalui pembukaan lahan sawah baru dengan memanfaatkan lahan yang belum dibuka atau lahan terlantar yang lama tidak dimanfaatkan. Pembukaan lahan baru untuk budidaya padi sering dihadapkan pada keracunan besi yang membuat tanaman tidak tumbuh dan berproduksi secara maksimal.

Tulisan ini menghimpun tentang keracunan besi dan beberapa teknologi pengelolaan lingkungan tumbuh bertujuan untuk mengurangi resiko keracunan besi sehingga terjadi peningkatan produktivitas tanaman padi.

## GEJALA DAN SIFAT KERACUNAN BESI

Tanaman padi sering mengalami keracunan besi terutama pada umur 4-5 minggu setelah tanam (MST) dan 7-8 MST (Mukhlis *et al.* 1990), dengan ciri-ciri munculnya warna coklat kemerah-merahan atau kuning kecoklatan (*bronzing*). Petani di Kalimantan Selatan biasa menyebutnya sebagai penyakit *habang* (dalam Bahasa Banjar artinya merah) karena warna tanaman padi menjadi merah. Gejala keracunan Fe

bersifat primer, daun akan mengalami perubahan warna (*bronzing*), kemudian layu dan mati.

Tanaman padi yang mengalami keracunan besi di lahan rawa pasang surut berkaitan erat dengan tingginya kadar  $Fe^{2+}$  dalam tanah. Menurut Noor *et al.* (2012) gejala keracunan besi dan pertumbuhan tanaman berkorelasi tinggi dengan konsentrasi besi dalam larutan tanah. Semakin tinggi kadar besi dalam larutan tanah semakin tinggi skor keracunan besi dan semakin terhambat pertumbuhan tanaman. Sebagian besar lahan pasang surut mengandung bahan sulfidik ( $FeS_2$ ) yang apabila mengalami oksidasi menyebabkan penurunan pH hingga mencapai 2,0 (Hartatik *et al.* 2007; Prasetyo 2007). Salah satu ciri telah teroksidasinya bahan sulfidik ditunjukkan oleh adanya karatan berwarna kuning yang berasal dari pembentukan mineral jarosit ( $KFe_3(SO_4)_2(OH)_6$ ), sehingga terjadi akumulasi  $Fe^{2+}$  (fero), pH dan air tanah menjadi sangat masam dan memicu terjadinya pelapukan mineral 2:1 smektit yang menjadi sumber fero (Prasetyo 2007). Oleh karena itu, keracunan besi sering terjadi pada tanah-tanah dengan kemasaman tinggi (Syafuruddin 2011).

Tanaman padi yang mengalami keracunan besi mengalami perubahan fisiologis, dan berbeda menurut genotipe. Hal ini disebabkan setiap genotipe mempunyai perbedaan dalam hal (a) kemampuan menghambat ion fero yang berlebihan masuk ke dalam zona perakaran, dan (b) kemampuan akar menyerap unsur fero dan menahannya di daun (Majerus *et al.* 2007). Hasil penelitian lapang di Kebun Percobaan Belandean juga membuktikan respon varietas yang berbeda terhadap keracunan besi yang ditunjukkan oleh nilai skoring keracunan besi 1,3-6,3. Nilai skoring Fe menunjukkan seberapa berat tingkat keracunan besi yang dialami tanaman padi. Semakin tinggi nilai skoring semakin berat keracunan Fe tanaman dan sebaliknya. Padi dengan nilai sekoring 5 menunjukkan peka terhadap keracunan besi, sedangkan nilai 3 menunjukkan tanaman toleran terhadap keracunan besi (Khairullah dan Koesrini 2020).

Penyebab keracunan besi bervariasi, tetapi umumnya disebabkan oleh tingginya konsentrasi  $Fe^{2+}$  dalam tanah karena dalam kondisi reduktif. Keadaan ini dipicu oleh kondisi tanah dan tanaman seperti drainase yang jelek, salinitas, pH tanah rendah, adanya senyawa reduktan seperti Fe, nitrat, dan sulfat, kadar oksigen tanah yang rendah, kadar C-

roganik rendah, kesuburan tanah rendah, ketidakseimbangan hara, defisiensi hara terutama K, P, Ca, dan Mg, dan daya oksidasi akar rendah.

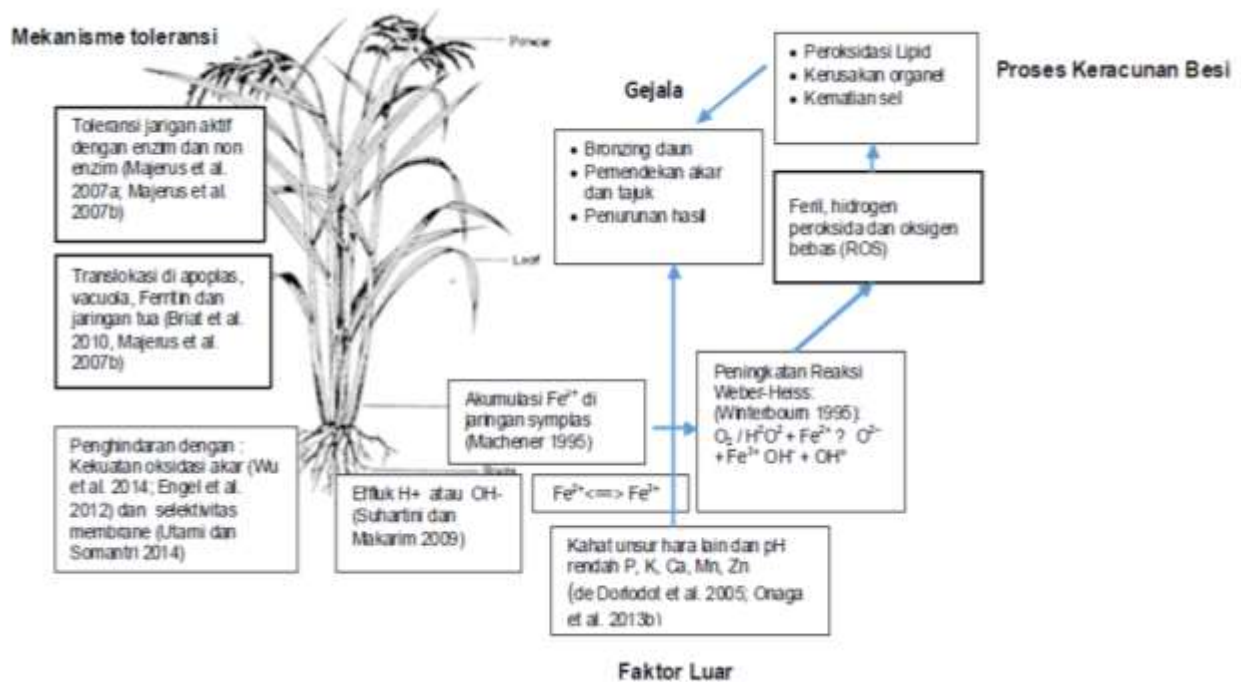
Kondisi reduksi di lahan rawa pasang surut terjadi secara alami dan periodik yang menyebabkan tingginya kelarutan ion fero (Khairullah *et al.* 2005; Syafruddin 2011; Khairullah dan Koesrini 2020). Kondisi ini memicu terjadinya keracunan besi bagi tanaman padi. Konsentrasi ion  $Fe^{2+}$  di dalam tanah yang menyebabkan keracunan besi bagi tanaman padi bervariasi dari 250 ppm dengan pH 4,5 hingga 500 ppm pada pH 6,0 (Majerus *et al.* 2007; Mehraban *et al.* 2008). Jika konsentrasi Fe dalam larutan tanah >250 ppm, tanaman padi memperlihatkan gejala keracunan besi. Sedangkan konsentrasi  $Fe^{2+}$  yang terdapat di dalam jaringan tanaman yang dapat meracuni tanaman antara 300-500 ppm (Nozoe *et al.* 2008; Khairullah *et al.* 2011).

## MEKANISME DAN PENGARUH KERACUNAN BESI

Secara alami lahan sulfat masam di lahan pasang surut akan mengalami periode penggenangan selama 8-14 hari dalam dua periode pasang atau satu bulan, tergantung tipe luapan air. Kondisi drainase yang jelek menyebabkan bahan sulfidik berada dalam kondisi reduktif, yang menyebabkan reduksi ion feri menjadi ion fero dan menyebabkan konsentrasi  $Fe^{2+}$  mencapai ribuan ppm dan meracuni tanaman padi (Majerus *et al.* 2007).

Tanaman padi menyerap Fe dalam bentuk  $Fe^{2+}$  (Audebert 2006). Setelah masuk dalam korteks akar,  $Fe^{2+}$  dapat mencapai xilem lewat jalur simplas melalui pita Casparian. Sebagian besar  $Fe^{2+}$  yang diserap dapat mencapai xilem secara langsung melalui apoplas atau setelah melukai akar padi akibat pencabutan dan pindah tanam bibit. Besi ferro yang diserap tanaman dan terkonsentrasi pada daun mengakibatkan discoloration pada daun, mengurangi jumlah anakan dan secara nyata mengurangi hasil. Tanaman padi cenderung menyerap unsur Fe lebih banyak dari unsur lainnya. Kadar Fe dalam daun padi sebanyak 100-200  $mg\ kg^{-1}$  dianggap normal, sedangkan >300  $mg\ kg^{-1}$  Fe akan meracuni tanaman (Nozoe *et al.* 2008; Khairullah *et al.* 2011).

Mekanisme keracunan Fe dimulai dari meningkatnya permeabilitas sel-sel akar terhadap ion  $Fe^{2+}$  seiring dengan meningkatnya perubahan  $Fe^{3+}$



Gambar 1. Proses keracunan besi pada tanaman padi, gejala, faktor luar, dan mekanisme toleransinya (Nugraha dan Rumanti 2017)

Figure 1. The process of iron poisoning in rice plants, symptoms, external factors, and tolerance mechanisms (Nugraha and Rumanti 2017)

menjadi  $Fe^{2+}$ , akibatnya influks  $Fe^{2+}$  tidak terkendali masuk ke dalam perakaran tanaman padi (Makarim *et al.* 1989; Khairullah *et al.* 2005). Pada genotipe tanaman padi yang toleran, konsentrasi Fe lebih tinggi dalam batang dibandingkan dalam daun, sedang pada genotipe yang sangat peka, kandungan Fe tinggi pada semua bagian tanaman. Tanaman padi mempunyai mekanisme menghadapi lingkungan yang kadar besinya berlebihan (Nugraha dan Rumanti 2017).

Toleransi tanaman padi terhadap kelarutan Fe tinggi berbeda pada setiap genotipe. Menurut Marschner (1995) tanaman memiliki dua tipe mekanisme toleransi terhadap keracunan  $Fe^{2+}$  yaitu: (1) tipe ekskluder yaitu tanaman mengakumulasi ion  $Fe^{2+}$  yang berlebihan di akar, ion  $Fe^{2+}$  yang berlebihan di dalam tanah dihambat masuk ke dalam zona perakaran, dan (2) tipe inkluder yaitu akar tanaman menyerap unsur  $Fe^{2+}$  dan menahannya di daun.

Pertumbuhan dan hasil padi di lahan pasang surut sulfat masam sangat dipengaruhi oleh masalah keracunan besi. Penurunan hasil akibat keracunan besi berkisar antara 30-100%, tergantung ketahanan varietas, intensitas keracunan, dan status kesuburan

tanah (Cai *et al.* 2003; Majerus *et al.* 2007). Sedangkan menurut Khairull dan dan Koesrini (2020) tinggi rendahnya pengaruh keracunan besi terhadap produksi padi ditentukan oleh tingkat ketahanan varietas yang digunakan, intensitas keracunan, fase pertumbuhan tanaman, dan tingkat kesuburan tanah. Pada kondisi keracunan besi yang parah di daerah Belawang Kalimantan Selatan, tanaman padi hanya mampu menghasilkan  $160 \text{ kg ha}^{-1}$ . Bahkan pada musim hujan 2018 petani padi di Desa Tamban Baru Tengah, Kecamatan Tamban Catur, Kabupaten Kapuas, Kalimantan Tengah tidak dapat panen akibat tanahnya keracunan besi.

## CARA PENGENDALIAN KERACUNAN BESI

Keracunan besi sangat berpengaruh terhadap produktivitas padi di lahan rawa pasang surut bukaan baru. Kondisi ini menyebabkan target perluasan areal pertanaman padi tidak tercapai dan akhirnya produksi padi di lahan rawa pasang surut tidak dapat ditingkatkan. Oleh karena itu diperlukan teknologi

pengelolaan keracunan besi untuk mengantisipasi penurunan produktivitas padi.

Pengendalian keracunan besi untuk tanaman padi di lahan rawa pasang surut buka-an baru dapat didekati dari dua pendekatan, yaitu: (1) pengelolaan lingkungan tumbuh, dan (2) pengelolaan toleransi tanaman (Alwi dan Hairani 2018).

### **Pengelolaan Air**

Pengelolaan air di lahan rawa pasang surut menjadi kunci utama keberhasilan usahatani padi (Anwar dan Mawardi 2012; Masganti *et al.* 2015). Pengelolaan air di lahan rawa pasang surut mempunyai fungsi ganda, baik untuk pertumbuhan tanaman, lingkungan, maupun pendapatan petani. Petani yang melakukan pengelolaan air dengan benar tidak saja meningkatkan produktivitas, tetapi juga mengurangi biaya produksi akibat efisiensi pemupukan yang lebih baik (Alwi dan Nazemi 2013).

Menurut Herviyanti *et al.* (2011) pengelolaan air dengan sistem 1 minggu digenangi, kemudian 2 minggu dipertahankan dalam kondisi kapasitas lapang, dan setiap 2 minggu secara bergilir digenangi, kemudian dipertahankan dalam kondisi kapasitas lapang menurunkan kadar Fe dalam tanah masing-masing 169 ppm dan 53 ppm dibandingkan jika tanah digenangi air secara terus menerus. Kondisi ini menyebabkan kadar Fe dalam jaringan tanaman padi juga mengalami penurunan masing-masing 99 ppm dan 61 ppm yang menyebabkan produktivitas tanaman padi juga meningkat.

Hasil penelitian Khairullah *et al.* (2011) menginformasikan bahwa konsentrasi Fe, baik yang ada dalam tanah maupun yang diserap tanaman padi dapat dikendalikan melalui pengelolaan air. Kemampuan menurunkan kadar Fe yang tertinggi dihasilkan dari petak dengan pengelolaan air sistem *intermittent* atau digenangi dan dikeringkan secara bergantian setiap satu minggu, disusul pengelolaan air dimana air bebas masuk-keluar dari petakan atau *flushing*, dan terendah jika air dibiarkan tergenang secara terus menerus (*continuous*). Pengelolaan air secara *intermittent* menyebabkan kadar Fe dalam jaringan tanaman lebih rendah, sehingga tanaman tumbuh lebih baik dan menghasilkan gabah lebih tinggi.

Kemampuan mereduksi keracunan besi melalui pengelolaan air juga dilaporkan oleh Indriyati *et al.* (2011). Pengelolaan air sistem satu arah dengan membuat saluran keliling dan saluran cacing memberikan pertumbuhan tanaman dan hasil yang lebih baik dibandingkan cara petani dengan membiarkan air masuk dan keluar dari petakan. Pengelolaan air menurut cara ini menyebabkan tanaman padi varietas Indragiri yang relatif toleran terhadap keracunan besi, mengalami keracunan besi dengan skor 2 (pertumbuhan dan pembentukan anakan hampir normal, terdapat bercak coklat kemerahan pada ujung daun yang tua).

Menurut Alwi dan Hairani (2018), resiko keracunan besi tanaman padi yang dibudidayakan di lahan sulfat masam dapat direduksi melalui pelindian. Pengelolaan air di lahan rawa pasang surut yang tepat memperbaiki kesuburan tanah, pertumbuhan tanaman, dan daya serap hara (Herviyanti *et al.* 2011; ; Indriyati *et al.* 2011; Khairullah *et al.* 2011).

### **Ameliorasi**

Masalah kesuburan tanah di lahan rawa pasang surut buka-an baru selain kadar Fe yang tinggi dalam tanah, juga rendahnya kandungan N, P, K, Ca, dan Mg, dan ketidakseimbangan hara (Annisa *et al.* 2011; Khairullah *et al.* 2011; Subowo *et al.* 2013; Masganti *et al.* 2016). Oleh karena itu diperlukan ameliorasi untuk memperbaiki lingkungan tumbuh tanaman agar tumbuh dengan baik dan berproduksi tinggi.

Ameliorasi merupakan suatu tindakan dengan menambahkan sejumlah bahan ke dalam tanah untuk memperbaiki lingkungan tumbuh tanaman. Amelioran yang digunakan dapat berupa bahan anorganik seperti kapur pertanian, dolomit, dan abu, dan bahan organik seperti pupuk kandang kotoran sapi, kotoran ayam, dan jerami padi.

Purun tikus (*Eleocharis dulcis*) merupakan tanaman yang tumbuh baik di lahan rawa pasang surut dan berasosiasi dengan kondisi tanah yang masam. Tanaman ini biasanya menjadi tempat bertelur hama kupu-kupu putih palsu. Tanaman ini selain dapat dimanfaatkan sebagai filter Fe (Anwar dan Mawardi 2013), juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan amelioran. Hasil penelitian Annisa *et al.* (2011) menginformasikan bahwa amelioran purun tikus mampu menurunkan kadar Fe dalam tanah dan memperbaiki kesuburan tanah.

Penggunaan amelioran ganda berupa jerami padi dan kapur pertanian juga dilaporkan Indriyati *et al.* (2011) memperbaiki lingkungan tumbuh, pertumbuhan tanaman, dan produksi padi dibandingkan hanya menggunakan kapur pertanian. Tanaman padi yang diberi amelioran ganda menghasilkan jumlah anakan dan jumlah gabah isi yang nyata lebih tinggi, dan bobot 1.000 biji dan hasil yang sangat nyata lebih tinggi.

Hasil penelitian Subowo *et al.* (2013) yang membandingkan beberapa sumber amelioran menyimpulkan bahwa pemberian pupuk kandang sapi sebanyak 10 ton ha<sup>-1</sup> meningkatkan produktivitas padi di lahan rawa pasang surut lebih tinggi dibandingkan menggunakan jerami padi 10 ton ha<sup>-1</sup>, dan kapur pertanian 2 ton ha<sup>-1</sup>. Perlakuan tersebut juga menurunkan secara nyata kadar Fe dalam beras.

### Pemupukan

Tingkat kesuburan tanah di lahan rawa pasang surut yang rendah dan kondisi ketidak seimbangan hara dapat memicu keracunan besi, menyebabkan pemupukan menjadi tindakan efektif untuk meningkatkan produktivitas padi (Annisa *et al.* 2011; Alwi dan Nazemi 2013; Masganti *et al.* 2016). Pemupukan juga dapat menstimulir aktivitas mikroorganisme, sehingga ketahanan tanaman padi terhadap keracunan besi menjadi lebih baik.

Hasil penelitian Indriyati *et al.* (2011) di lahan rawa pasang surut di Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan menyimpulkan bahwa pemberian pupuk KCl yang lebih banyak mengakibatkan tingkat keracunan besi tanaman padi tergolong rendah (skor 2), jumlah anakan lebih banyak, dan produktivitas lebih tinggi. Hal ini dapat dipahami mengingat unsur kalium (K) merupakan salah satu unsur di lahan rawa pasang surut yang ketersediaannya rendah.

Kalium merupakan hara makro yang umum dalam tanaman, berfungsi sebagai aktivator beberapa enzim yang meliputi fotosintesis dan respirasi. Kalium berperan dalam berbagai reaksi penting seperti sintesis pati dan protein, pembesaran sel, pergerakan stomata dan mengurangi stress (Marchner 1995). Kalium juga terlibat dalam keseimbangan anion-kation, dan pengaturan muatan listrik. Hasil penelitian Sahrawat (2004), menunjukkan pemberian unsur K dapat meningkatkan eksklusi besi dari akar dan menurunkan translokasi besi ke bagian atas (tajuk) tanaman terutama ke bagian daun lebih atas. Li *et al.* (2001) melaporkan

bahwa penambahan unsur K dalam medium akar dapat meningkatkan potensial oksidasi akar dan menghasilkan serapan Fe yang lebih rendah.

### Waktu Tanam

Pengaturan waktu tanam merupakan salah satu strategi untuk mengurangi resiko keracunan besi tanaman padi. Pada awal pengairan terjadi pencucian yang relatif intensif, sehingga resiko keracunan besi menjadi lebih tinggi. Tanaman muda atau bibit yang relatif masih muda rentan terhadap keracunan besi. Oleh karena itu perlu pengaturan waktu tanam agar tanaman padi tidak mengalami keracunan besi.

Menurut Anwar (2006), kadar Fe dalam tanah pada musim hujan lebih rendah dari musim kemarau (Tabel 1). Artinya, resiko keracunan besi tanaman padi pada musim kemarau lebih tinggi. Hal ini disebabkan pada musim hujan terjadi pengenceran yang lebih intensif akibat hujan atau kiriman air dari bagian hulu, dan gerakan pasang surut air di sungai. Perubahan kadar Fe dalam tanah ditentukan oleh lama penggenangan. Berdasarkan data yang dikumpulkan, maka disarankan untuk menanam padi 2-3 minggu setelah penggenangan agar bibit padi tidak stress dengan perubahan atau peningkatan kadar Fe dalam tanah.

Tabel 1. Dinamika Fe-tersedia dalam tanah selama musim kemarau dan musim hujan

Table 1. Dynamics of available-Fe in the soil during the dry and rainy seasons

No.	Lama setelah penggenangan (minggu)	Musim	
		Kemarau	Hujan
1.	2	5,19	1,40
2.	4	9,84	1,53
3.	6	10,44	1,60
4.	8	8,12	1,67
5.	10	5,46	1,97
6.	12	3,06	2,15
Rata-rata		7,02	1,72

Sumber: Anwar (2006)

Penelitian yang dilaksanakan oleh Khairullah *et al.* (2011) menyimpulkan bahwa pengaturan waktu tanam mempengaruhi performa tanaman padi. Hasil penelitian ini merekomendasikan waktu tanam 21 hari setelah aplikasi tata air agar tanaman tumbuh lebih baik. Pada kondisi tersebut diperoleh kadar Fe yang relatif rendah dibandingkan waktu tanam 0; 7; dan 14

hari setelah aplikasi tata air. Tingkat keracunan besi pada tanaman padi dapat dilihat dari nilai atau skor keracunan besi. Semakin tinggi skor keracunan besi, semakin parah tingkat keracunan besi atau semakin tidak toleran tanaman tersebut. Dari pengamatan skor keracunan besi, tanaman yang ditanam 21 hari setelah aplikasi tata air nilainya 3 (pertumbuhan dan pembentukan anakan hampir normal, daun tua coklat kemerahan atau kuning jingga, sedangkan tanaman yang ditanam waktu tanam lebih awal mempunyai skor keracunan besi 5 (pertumbuhan cukup terhambat, banyak daun berubah warna).

### Varietas

Penggunaan varietas toleran terhadap keracunan besi merupakan teknologi yang paling murah dan paling mudah diadopsi petani. Tiap varietas padi memiliki daya toleransi yang berbeda terhadap keracunan besi, sehingga tidak semua varietas unggul dapat beradaptasi di lahan sulfat masam (Khairullah *et al.* 2011). Hal itu terlihat adanya perbedaan kemampuan menyerap hara yang berbeda untuk setiap varietas unggul di tipe lahan rawa pasang surut yang berbeda (Masganti 2011). Menurut Becker dan Asch (2005), dan Shamshuddin *et al.* (2013), tanaman padi mempunyai mekanisme dalam mengatasi tingginya ion  $Fe^{2+}$  dalam larutan tanah, antara lain (a) menahan ion  $Fe^{2+}$  di permukaan akar, dengan cara melakukan oksidasi  $Fe^{2+}$  menjadi  $Fe^{3+}$  sehingga permukaan akar terlihat merah berkarat; (b)  $Fe^{2+}$  diserap oleh akar, namun didistribusi ke tempat pembuangan, seperti daun tua atau jaringan yang kurang aktif; (c) tanaman mentolerir kadar  $Fe^{2+}$  yang tinggi dalam sel-sel daun. Menurut Audebert (2006), pada varietas yang toleran, besi dominan ditimbun di batang, sedangkan varietas yang peka dominan ditimbun di daun, dan varietas yang sangat peka tersebar di semua organ tanaman.

Beberapa varietas unggul diuji adaptabilitasnya di lahan rawa pasang surut oleh Noor *et al.* (2007) pada musim kemarau 2006. Hasil penelitian menunjukkan bahwa varietas Indragiri merupakan varietas yang paling toleran terhadap keracunan besi, mempunyai skor keracunan besi paling rendah dan produktivitas paling tinggi (Tabel 2). Hasil yang sama juga dilaporkan oleh Mildaerizanti dan Handoko (2016), komponen hasil dan hasil dua varietas unggul yang dibudidayakan di lahan sawah bukaan baru memperlihatkan perbedaan yang nyata. Performa dan produktivitas padi varietas Inpara 3 lebih tinggi dari

varietas Inpara 30. Produktivitas padi varietas Inpara 3 mencapai 6,3 ton  $ha^{-1}$ , sedangkan varietas Inpara 30 hanya 5,7 ton  $ha^{-1}$ , tetapi lebih tinggi dari varietas Ciherang (4,3 ton  $ha^{-1}$ ).

Tabel 2. Hasil gabah kering giling beberapa varietas padi yang diuji di lahan rawa pasang surut sulfat masam, Desa Puntik Dalam, Kalimantan Selatan pada MK 2006

Table 2. Results of milled unhusked rice of several rice varieties tested in acid sulphate tidal swamps, Puntik Dalam Village, South Kalimantan during the 2006 dry season

Varietas	Hasil Gabah t $ha^{-1}$ GKG	Skoring Fe
Indragiri	4,56	2,0
Tenggulang	4,11	2,3
Ciherang	3,75	4,0
Lambur	3,65	2,3
Bondoyudo	3,23	4,0
IR-64	3,34	1,3
Margasari	3,24	5,0

Sumber: Noor *et al.* (2007)

Balai Besar Litbang Padi telah menghasilkan beberapa varietas padi rawa (Inpara) yang toleran terhadap keracunan besi (Tabel 3). Dari deskripsi padi rawa tersebut terlihat varietas yang toleran terhadap keracunan besi adalah Inpara 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, dan 10 (Balitbangtan 2014; 2016). Beberapa varietas yang dilepas sebelumnya juga memiliki daya toleransi terhadap keracunan besi, antara lain Margasari, Martapura, dan Kapuas. Hasil uji adaptasi varietas Inpara 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, dan 9 di lahan rawa rentan keracunan besi (Koesrini *et al.* 2018), menunjukkan bahwa varietas Inpara 1 dan 4 paling toleran terhadap keracunan besi dan mempunyai produktivitas yang paling tinggi, sedangkan Inpara 5 rentan terhadap keracunan besi. Hasil ini menunjukkan bahwa padi Inpara 4 lebih cocok pada lahan sawah rentan keracunan besi. Kesimpulan tersebut juga didukung oleh hasil penelitian yang dilakukan oleh Lubis *et al.* (2016) yang menunjukkan bahwa varietas Inpara 1 dan 4 lebih toleran terhadap keracunan besi (kadar Fe 325 ppm) dibanding varietas Inpara 2.

Preferensi pemilihan varietas yang akan dibudidayakan petani di lahan rawa pasang surut diantaranya mempertimbangkan toleransi tanaman terhadap keracunan besi (Wahdah dan Langai 2010; Rina dan Koesrini 2018), selain produktivitas, rasa nasi,

Tabel 3. Deskripsi padi varietas Inpara 1-9

Table 3. Description of Inpara 1-9 rice varieties

Nama Varietas	Umur (hari)	Potensi Hasil (t ha <sup>-1</sup> )	Toleran Terhadap Cekaman	
			Abiotik	Biotik
Inpara 1	131	6,5	Fe dan Al	Wereng, hawar daun, blast
Inpara 2	128	6,1	Fe dan Al	Wereng, hawar daun, blast
Inpara 3	127	5,6	Fe dan Al, rendaman	Wereng, blast
Inpara 4	135	7,6	rendaman	Wereng, hawar daun
Inpara 5	115	7,2	rendaman	Hawar
Inpara 6	117	6,0	Fe	Blast dan hawar daun
Inpara 7	114	5,1	Fe dan Al	Tungro, blast
Inpara 8 Agritan	115	6,0	Fe	Hawar, blast
Inpara 9 Agritan	107	5,6	Fe	Hawar daun, tungro
Inpara 10 BLB	126	6,8	Fe	Hawar daun, blast

Sumber: Balitbangtan (2014; 2016)

dan harga gabah/beras. Petani sangat menyadari perlunya adaptasi yang tinggi terhadap cekaman lingkungan karena tidak jarang kegagalan panen mereka alami jika tanaman padi tidak mampu beradaptasi secara baik di lingkungan rawa pasang surut.

### KESIMPULAN

Kebutuhan beras nasional meningkat dari tahun ke tahun. Salah satu upaya untuk meningkatkan produksi padi nasional adalah melalui pembukaan sawah baru dengan memanfaatkan lahan rawa pasang surut, baik dengan memanfaatkan lahan sawah terlantar maupun yang belum dimanfaatkan.

Pembukaan sawah baru sering dihadapkan pada keracunan besi, sehingga tanaman padi tidak tumbuh dan berproduksi secara optimal. Keracunan besi dapat menurunkan produksi padi 30-100 %, tergantung ketahanan varietas, intensitas keracunan, fase pertumbuhan, dan status kesuburan tanah.

Penyebab utama keracunan besi adalah konsentrasi Fe<sup>2+</sup> yang tinggi dalam larutan tanah karena kondisi reduktif, terkait dengan drainase yang jelek, nilai (Eh, pH tanah, kadar C-organik, dan daya oksidasi akar) yang rendah, defisiensi K, Ca, Mg, P, Zn, dan Mn, ada-tidaknya reduktan, salinitas, dan ketidakseimbangan hara.

Pengendalian keracunan besi untuk meningkatkan produktivitas padi di lahan rawa pasang surut bukaan baru dapat dilakukan melalui teknologi

pengelolaan air, ameliorasi, pemupukan, pengaturan waktu tanam, dan penggunaan varietas yang toleran.

### DAFTAR PUSTAKA

- Alwi M, Nazemi D. 2013. Pengaruh pengelolaan air dan pemberian pupuk terhadap hasil padi di lahan pasang surut. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 37(2): 111-118.
- Alwi M, Hairani A. 2018. Keracunan Al dan Fe pada tanaman padi di lahan rawa pasang surut sulfat masam dan upaya penanggulangnya. Hlm:13-35. *Dalam Masganti et al. (Eds). Inovasi Teknologi Lahan Rawa Mendukung Kedaulatan Pangan*. Rajawali Press, Depok.
- Annisa W, Purwanto BH, Shiddieq D. 2011. Pengaruh pemberian jerami padi dan Purun Tikus pada berbagai tingkat dekomposisi terhadap konsentrasi besi di tanah sulfat masam. *Jurnal Tanah dan Iklim*. Edisi Khusus Rawa. Juli 2011: 25-32.
- Anwar K. 2006. Peningkatan Kualitas Tanah Sawah dan Air Buangan di Saluran Drainase pada Tanah Sulfat Masam. Disertasi. Fakultas Pasca Sarjana. IPB. Bogor, 99 Hlm.
- Anwar K, Mawardi. 2012. Dinamika tinggi muka air dan kemasaman air pasang surut saluran sekunder sepanjang sungai Barito. *Jurnal Tanah dan Iklim*, Edisi Khusus: 1-12.

- Ar-Riza I, Alkasuma. 2009. Pertanian lahan pasang surut dan strategi pengembangannya dalam era otonomi daerah. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 2(2): 94-105.
- Arsyad DM, Saidi BB, Endrizal. 2014. Pengembangan inovasi pertanian di lahan rawa pasang surut mendukung kedaulatan pangan. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 7(4): 169-176.
- Audebert A. 2006. Iron partitioning as a mechanism for iron toxicity tolerance in lowland rice. *In : Audebert et al. (Eds) Iron Toxicity in Rice-Based System in West Africa*. Africa Rice Center (WARDA). Pp:34-46.
- Balitbangtan. 2014. Deskripsi Varietas Unggul Tanaman Pangan 2009-2014, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian, Jakarta.
- Balitbangtan. 2016. Deskripsi Varietas Unggul Baru Padi. Inbrida Padi Sawah (INPARI), Hibrida Padi (HIPA), Inbrida Padi Gogo (INPAGO), Inbrida Padi Rawa (INPARA), Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian, Jakarta.
- Becker M, Asch F. 2005. Iron toxicity in rice-condition and management concept. *J. Plant Nutr. Soil Sci*, 168(4): 558-573.
- BBSDLP. 2018. Peta Arahan Penggunaan Lahan. Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor. 116 Hlm.
- Cai MZ, Luo AC, Lin XY, Zhang YS. 2003. Nutrient uptake and partitioning in rice plant under excessive Fe<sup>2+</sup> stress. *J. Zhejiang Univ. (Agric. & Life Sci.)*, 29(3): 305-310.
- Hairani A, Raihana Y, Masganti. 2017. Lahan rawa pasang surut: pertanian masa depan Indonesia. Halaman: 50-72 *Dalam Masganti et al. (Eds). Agroekologi Rawa*. IAARD Press. Jakarta.
- Hartatik W, Sulaeman Y, Kasno A. 2007. Perubahan sifat kimia tanah dan ameliorasi sawah bukaan baru. Hlm:53-75 *Dalam Agus et al. (Eds). Tanah Sawah Bukaian Baru*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian. Bogor.
- Herviyanti, Prasetyo TB, Ahmad F, Harianti M. 2011. Upaya mengendalikan keracunan besi (Fe) dengan bahan humat dari kompos jerami padi dan pengelolaan air untuk meningkatkan produktivitas lahan sawah bukaan baru di Sitiung, Sumatera Barat. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 34(2): 40-47.
- Indriyati L, Supriyo A, Umar S. 2011. Intergrasi teknologi tata air, amelioran, dan pupuk dalam budidaya padi pada tanah sulfat masam Kalimantan Selatan. *Jurnal Tanah dan Iklim*, Edisi Khusus Rawa. Juli 2011: 47-54.
- Khairullah I, Wahdah R, Jumberi A, Sulaiman S. 2005. Mekanisme toleransi keracunan besi pada varietas lokal padi (*Oryza sativa* L.) pasang surut di Kalimantan Selatan. *Agroscientiae*, 12(1): 58-73.
- Khairullah I, Indrayati L, Hairani A, Susilawati A. 2011. Pengaturan waktu tanam dan tata air untuk mengendalikan keracunan besi pada tanaman padi di lahan rawa pasang surut sulfat masam potensial tipe B. *Jurnal Tanah dan Iklim*, Edisi Khusus Rawa, Juli 2011: 13-24.
- Khairullah I, Koesrini. 2020. Peningkatan produktivitas padi di lahan sulfat masam melalui pengendalian keracunan besi. Hlm : 143-157 *Dalam Masganti et al. (Eds). Optimasi Lahan Rawa : Akselerasi Menuju Lumbung Pangan Dunia 2045*. Badan Litbang Pertanian, Jakarta.
- Koesrini, Saleh M, Thamrin M. 2018. Adaptasi agronomi padi unggul varietas Inpara pada lahan rawa pasang surut. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 2(2): 77-83.
- Li H, Yang X, Luo A. 2001. Ameliorating effect of potassium on iron toxicity in hybrid rice. *J. Plant Nutr*, 24(12): 1849-1860.
- Lubis I, Noor A, Ghulamahdi M, Chozin MA, Anwar K, Wirnas D. 2016. Screening method for iron tolerant rice suited for tidal swamps area. *J. ISSAAS*, 2(2): 30-41.
- Majerus V, Bertin P, Lutts S. 2007. Effects of iron toxicity on osmotic potential, osmolytes and polyamines concentrations in the African rice (*Oryza glaberrima* Steud.). *Plant Science*, 173: 96-105.
- Makarim AK, Ismunadji M, von Uexkull. 1989. An overview of major nutritional constrain to rice production on acid soils of Indonesia. p. 199-203. *In. Deturck and Ponnampereuma (Eds). Rice Production on Acid Soils of The Tropics*. Kandy, Sri Lanka.
- Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Ed. Academic Press. Harcourt Brace dan Company. Publishers. London. San Diego. New York. Boston. Sydney. Tokyo. Toronto. p. 564.

- Masganti. 2010. Strategi peningkatan kontribusi lahan pasang surut dalam penyediaan beras di Kalimantan Tengah. Hlm: 35-47 *Dalam Jamal et al. (Eds)*. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian Mendukung Ketahanan Pangan dan Agribisnis Perdesaan. Buku II.
- Masganti. 2011. Perbedaan daya serap hara beberapa varietas unggul padi pada tipe lahan berbeda di lahan pasang surut. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 30(1): 23-29.
- Masganti, Alwi M, Nurhayati. 2015. Pengelolaan air untuk budidaya pertanian di lahan gambut: kasus Riau. Hlm:62-87. *Dalam Noor et al. (Eds)*. Pengelolaan Air di Lahan Rawa Pasang Surut: Optimasi Lahan Mendukung Swasembada Pangan. IAARD Press, Badan Litbang, Jakarta.
- Masganti, Nurhayati, Nurmili. 2016. Peningkatan produktivitas padi di lahan pasang surut dengan pupuk P dan kompos jerami. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 40(1): 17-24.
- Masganti, Alwi M. 2018. Pintu Menuju Lumbung Pangan Dunia. *Dalam Masganti et al. (Eds)*. Hlm : 525-532. Inovasi Teknologi Lahan Rawa Mendukung Kedaulatan Pangan. IAARD Press. Jakarta.
- Mehraban P, Zadeh AA, Sadeghipour HR. 2008. Iron toxicity in rice (*Oryza sativa* L.) under different potassium nutrition. *Asian J. of Plant Sci*, 1-9.
- Mildaerizanti, Handoko S. 2016. Komponen hasil dan hasil dua varietas unggul baru di lahan sawah bukaan baru. Hlm : 543-546 *Dalam Herlinda et al. (Eds)*. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal. Pusat Unggulan Riset Pencemaran Lahan Suboptimal (PUR-PLSO) Unsri, Palembang.
- Mukhlis H, Masganti, Anwar K. 1990. Rice disease, deficiency and toxicity symptoms on acid sulphate soils of Pulau Petak in Kalimantan. *In Papers Workshop on Acid Sulphate Soil in the Humid Tropics*. AARD & LAWOO. p : 238-248.
- Muslim C. 2014. Pengembangan lahan sawah (sawah bukaan baru) dan kendala pengelolaannya dalam pencapaian target surplus 10 juta ton beras tahun 2014. *SEPA*. 10(2): 257-267.
- Noor A, Saderi DI, Khairuddin. 2007. Keragaan beberapa varietas unggul padi di lahan rawa pasang surut sulfat masam. Hlm 67-84. *Dalam Sabran et al. (Eds)* Prosiding Seminar Nasional Pertanian Lahan Rawa: Revitalisasi Kawasan PLG dan Lahan Rawa Lainnya untuk Membangun Lumbung Pangan Nasional, Kuala Kapuas, 3-4 Agustus 2007. Badan Litbang Pertanian-Pemerintah Kabupaten Kapuas Kalimantan Tengah.
- Noor A, Wimas D, Anwar K, Lubis I, Chozin MA, Ghulamahdi M. 2012. Pengaruh konsentrasi besi dalam larutan hara terhadap gejala keracunan besi dan pertumbuhan tanaman padi. *J. Agronomi Indonesia*, 15(2): 91-98.
- Nozoe T, Fukuta Y, Agrisiti R, Rodriguez R, Yanagihara S. 2008. Characteristics of iron tolerance rice lines developed at IRRI under field condition. *JARQ*, 42:187-192.
- Nugraha Y, Rumanti IA. 2017. Perakitan Varietas Padi Toleran Keracunan Besi (Breeding for Rice Variety Tolerant to Iron Toxicity). *Iptek Tanaman Pangan*, 12(1): 12-24.
- Nurhayati, Masganti, Yusuf R, Yulfida A. 2016. Potensi ketersediaan lahan untuk peningkatan produksi padi di Provinsi Riau. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. Edisi Khusus Desember 2016: 1-6.
- Prasetyo BH. 2007. Genesis tanah sawah bukaan baru. Halaman:25-51 *Dalam Agus et al. (Eds)*. Tanah Sawah Bukaan Baru. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian. Bogor.
- Rina Y, Koesrini. 2018. Preferensi petani terhadap karakter beberapa varietas unggul padi lahan rawa pasang surut. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 2(2): 85-94.
- Ritung S, Suharta N. 2007. Sebaran dan potensi pengembangan lahan sawah bukaan baru. Halaman:5-24 *Dalam Agus et al. (Eds)*. Tanah Sawah Bukaan Baru. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian.
- Ritung S, Wahyunto, Nugroho K, Sukarman, Hikmatullah, Suparto, Tafakresnanto C. 2015. Sumberdaya Lahan Pertanian Indonesia: Luas, Penyebaran dan Potensi Ketersediaan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, IAARD Press. 100 Hlm.

- Sahrawat KL. 2004. Iron Toxicity in wetland rice and the role of other nutrients. *J. of Plant Nutrition*, 27: 147-1504.
- Shamshuddin J, Elisa AA, Shazana MARS, Fauziah IC. 2013. Rice defense mechanisms against the presence of excess amount of  $Al^{3+}$  and  $Fe^{2+}$  in the water. *Australian Journal Crop Science*, 7: 314-320.
- Subowo, Ratmini NPS, Purnamayani R, Yustisia. 2013. Pengaruh ameliorasi tanah rawa pasang surut untuk meningkatkan produksi padi sawah dan kandungan besi dalam beras. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 37(1):19-24.
- Syafuruddin. 2011. Keracunan besi pada tanaman padi dan upaya penanggulangan pada lahan sawah. *Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Wilayah*, 3(1): 35-45.
- Wahdah R, Langai BF. 2010. Preferensi petani terhadap varietas padi lokal di area pasang surut Kabupaten Tanah Laut dan Kabupaten Barito Kuala. *Media Sains*, 2(1): 114-120.