

Perbaikan Varietas Padi untuk Lahan Keracunan Fe

Tintin Suhartini

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, Bogor

ABSTRACT

The use of rice varieties tolerant to iron toxicity is an efficient way to deal with low rice production in iron toxicity areas. The varietal improvement activities consisted of evaluation, screening of rice germplasm, bulk population of crossed materials, and introduction. Varietal screening was conducted by direct selection at the iron toxicity areas of ± 200 ppm Fe content at Tamanbogo, Lampung. Anther culture would speed up breeding activities due to the availability of genetic resources tolerant to Al toxicity which were having high regeneration and callus induction. The character of Fe tolerance was controlled by two or more dominant genes which were epistatic and duplicate genes, additive, dominant and non allelic interaction genes. Selection for Fe tolerance at advanced generation could increase degree of homozygotes, lead to more tolerant genotypes and increase selection effectiveness. From bulk population had been selected tolerant lines in the early generation were some lines of IR64 progeny, promising lines from crossings of introduced IRRI varieties and local varieties. Nine rice varieties released for tidal swamps areas. More than 100 accessions of rice germplasm tolerant to Fe toxicity had been evaluated.

Key words: Rice improvement, iron toxicity, variety screening, anther culture.

ABSTRAK

Penggunaan varietas padi toleran keracunan Fe merupakan cara yang efisien dalam mengatasi rendahnya produksi padi pada lahan keracunan Fe. Perbaikan varietas meliputi evaluasi, skrining plasma nutfah padi, bahan populasi hasil persilangan, dan introduksi. Metode skrining yang dilakukan dengan menyeleksi langsung di lahan dengan kadar Fe tinggi (± 200 ppm) di Tamanbogo, Lampung. Sumber keragaman genetik toleran cukup tersedia, sehingga perbaikan varietas untuk tujuan keracunan Fe dapat dilakukan. Metode kultur anter dapat mempercepat siklus pemuliaan, dengan tersedianya bahan genetik toleran Fe yang memiliki daya regenerasi dan induksi kalus yang tinggi. Terdapat dua gen ketahanan atau lebih yang bersifat epistatis atau duplikat gen. Pola pewarisan sifat toleran keracunan Fe dipengaruhi oleh gen aditif, dominan, dan interaksi gen nonalelik. Seleksi pada generasi lanjut dapat meningkatkan derajat homozigositas, terbentuk genotipe dengan derajat toleransi yang tinggi dan meningkatkan efektifitas seleksi. Dari bulk populasi persilangan generasi awal telah

diperoleh galur-galur hasil seleksi perbaikan varietas IR64, galur harapan asal persilangan Bogor dan introduksi dari IRRI. Sembilan varietas padi toleran keracunan Fe telah dilepas untuk lahan pasang surut. Evaluasi terhadap plasma nutfah padi menunjukkan lebih dari 100 aksesori toleran keracunan Fe.

Kata kunci: Perbaikan varietas padi, keracunan Fe, skrining, kultur anter.

PENDAHULUAN

Upaya peningkatan produksi padi di luar Jawa, seperti Sumatera dan Kalimantan, dihadapkan pada marginalitas tanah yang didominasi oleh Podsolik Merah Kuning, Oxisol, dan Ultisol. Ketiga jenis tanah ini memiliki tingkat kemasaman, kahat hara serta keracunan Al dan Fe (Ismangun *et al.* 1984). Dalam keadaan tergenang keracunan Fe sering timbul dan menghambat pertumbuhan tanaman (Ismunadji *et al.* 1989).

Lahan keracunan Fe umumnya tersebar di daerah pasang surut, gambut, daerah rendah, cekungan dan bukaan baru dengan luas diperkirakan 1 juta ha (Ismunadji 1990). Lahan keracunan Fe juga terdapat di negara lain seperti Malaysia, Sri Lanka, India, Columbia, Senegal, dan Siera Leone (Ponnamperuma 1976).

Hasil padi menurun hingga 90% pada lahan sawah berkadar Fe tinggi jenis tanah Podsolik Merah Kuning (Suhartini *et al.* 1992). Virmani (1977) melaporkan penurunan hasil padi pada lahan keracunan besi mencapai 70% untuk varietas peka dan 30% untuk varietas toleran. Berbagai teknologi telah tersedia untuk meningkatkan produksi padi pada lahan keracunan Fe, di antaranya melalui perbaikan drainase, pemupukan berimbang, penambahan bahan organik dan pengapuran (Ismunadji 1990). Penggunaan varietas toleran adalah cara yang paling efisien sehingga dapat meningkatkan keuntungan. Hasil penelitian menunjukkan, untuk meningkatkan hasil gabah varietas peka IR64 membutuh-

kan pupuk kalium 2-3 kali lebih banyak dari varietas tahan Kapuas dan Batang Ombilin (Ismunadji 1990; Arjasa dan Ismunadji 1989; Sarwani 1992). Gunatilake and Bandra (1989) melaporkan bahwa pemberian P dan K dengan takaran dua kali lipat dari takaran normal dapat menekan pengaruh keracunan Fe terhadap pertumbuhan dan hasil padi. Walaupun demikian, penggunaan varietas toleran tidak diasumsikan sebagai pengganti pupuk, tetapi sebagai alternatif dalam mengurangi penggunaan pupuk.

Skrining di lapang merupakan cara yang baik dan banyak dilakukan untuk mengetahui toleransi galur/varietas padi terhadap keracunan Fe. Metode pengujian varietas/galur yang tepat dan cepat terhadap keracunan Fe masih sulit didapat. Hal ini disebabkan karena toleransi tanaman padi terhadap keracunan Fe dipengaruhi oleh kondisi hara tanaman, iklim, dan fase pertumbuhan. Metode skrining yang lebih baik perlu didapat. Metode tersebut hendaknya dapat mencerminkan kondisi keracunan Fe secara luas di Indonesia.

Perbaikan varietas tidak berhenti hanya karena telah diperoleh satu sifat yang baik tetapi perlu ditindaklanjuti melalui kerja sama secara terpadu dari kelompok peneliti lain seperti hama/penyakit, fisiologi, dan agronomi. Setiap varietas unggul yang dihasilkan tidak selalu dapat bertahan lama tetapi berubah sesuai dengan tuntutan petani dan konsumen atau berubahnya lingkungan. Untuk itu diperlukan plasma nutfah padi sebagai sumber keragaman genetik.

Tulisan ini membahas upaya perbaikan varietas dan evaluasi plasma nutfah padi sebagai sumber keragaman genetik toleran keracunan Fe.

Faktor-faktor Timbulnya Keracunan Fe

Keracunan Fe atau bronzing dapat menyebabkan pertumbuhan padi terhambat, menurunkan produktivitas tanaman dan kematian tanaman (Jenning *et al.* 1979). Penyebab utama dari keracunan Fe di berbagai daerah dapat beragam, keracunan Fe dapat terjadi pada keadaan pH rendah, besi terlarut tinggi, kadar kation rendah, KTK rendah atau kombinasi berbagai faktor tersebut (Ottow *et al.* 1982). Defisiensi unsur-unsur makro, suplai Mn yang rendah, defisiensi K menyebabkan penyerapan

Fe berlebihan (Ottow *et al.* 1989; Ismunadji *et al.* 1989; Makarim *et al.* 1989). Tanaman yang cukup hara mempunyai kekuatan mengoksidasi ferro (Fe^{++}) dalam tanah lebih besar daripada tanaman yang kekurangan hara. Kekurangan Kalium berpengaruh besar terhadap kekuatan oksidasi akar. Hal ini sejalan dengan sering terjadi respon tanaman terhadap pemupukan K pada lahan berkadar Fe tinggi (Makarim *et al.* 1989). Defisiensi K dan P menurunkan kapasitas oksidasi akar dan mempercepat proses keracunan Fe, namun defisiensi N tidak meningkatkan penyerapan Fe tetapi jumlah N yang tinggi memacu penyerapan Fe (Trollenier 1977).

Gejala Keracunan Fe pada Tanaman Padi

Unsur Fe merupakan hara mikro bagi tanaman, dibutuhkan dalam jumlah kecil, berfungsi untuk aktivator sistem enzim, proses sintesis klorofil, dan oksidasi-reduksi dalam respirasi. Kekurangan Fe mengganggu mekanisme pembuatan klorofil dan bahan penyusun enzim-enzim dan protein tertentu (Brady 1974). Pada tanah-tanah masam, unsur mikro seperti Fe dapat terlarut dan tersedia bagi tanaman dalam jumlah berlimpah dan sering meracuni tanaman. Batas kritis keracunan Fe dalam tanaman menurut Yoshida (1981) adalah 300 ppm. Besi yang berlebihan dapat membentuk lapisan oksida ferri pada permukaan akar, sehingga menghambat penyerapan hara, menurunkan daya oksidasi akar, dan daya pencegahan Fe oleh akar (Todano and Yoshida 1978).

Keracunan Fe merupakan gejala fisiologis yang kompleks yang disebabkan oleh kondisi tanaman meliputi fisik, hara, fisiologik, dan kondisi tanah yang mengandung Fe berlebihan (Ottow *et al.* 1989). Gejala tanaman padi keracunan Fe ditandai oleh daun berwarna oranye atau *bronzing*, pembungaan terhambat, proses sintesis terhenti, tanaman menjadi kerdil, bagian akar menebal dan berwarna coklat, kasar, dan pendek. Pada kondisi yang parah batang dan daun menjadi busuk dan tanaman akhirnya mati.

Tahapan keracunan besi pada padi menurut Ottow *et al.* (1989) terdiri atas dua fase. Pertama, fase 7 hari setelah penggenangan (stress pemindahan bibit). Pada fase ini akar belum mampu meng-

oksidasi kelebihan ferro menjadi ferri selama penggenangan. Dengan kata lain, mekanisme *excluding power*-nya belum berfungsi. Akibatnya ion ferro yang berlebihan akan banyak terserap oleh tanaman. Kedua, fase antara primordia dan berbunga yang disebabkan oleh tidak efektifnya mekanisme akar untuk menolak ferro akibat makin permeabilitasnya akar tanaman. Namun gejala keracunan Fe dapat terlihat pada setiap stadia pertumbuhan, dan sebaiknya dievaluasi pada fase anakan maksimum dan primordia (Van Breeman and Moormann 1978).

Tanaman yang kekurangan hara makro akan menunjukkan perubahan drastis dalam metabolisme. Kekurangan K atau Ca menambah permeabilitas dan merusakkan metabolit. Pada tanaman yang kekurangan K dan molekul penyusun metabolit tanaman rendah akan mengalami hambatan dalam menyusun bentuk molekul tinggi karena beberapa proses sintesis terhenti. Dengan demikian, tanaman yang kecukupan hara mampu melindungi lapisan akar, permeabilitas akar terkontrol dan akar tanaman memiliki kapasitas oksidasi yang kuat dan reduksi besi rendah.

Mekanisme Toleransi Tanaman Padi terhadap Keracunan Fe

Mekanisme toleransi tanaman padi terhadap keracunan Fe tergantung pada kekuatan oksidasi akar tanaman, ion Fe^{++} (ferro) di sekitar akar dapat teroksidasi menjadi Fe^{+++} (ferri), bentuk ini tidak tersedia bagi tanaman. Beberapa varietas padi memiliki toleransi yang berbeda terhadap kadar Fe tinggi. Hal ini disebabkan oleh perbedaan struktur akar yang erat kaitannya dengan pergerakan oksigen dari bagian atas tanaman ke bagian akar. Terdapat perbedaan antar varietas dalam ekskresi ion OH^- . Varietas yang akarnya lebih banyak mengeluarkan ion OH^- dan menaikkan pH lapisan akar yang akan menyerap sedikit ion Fe. Varietas yang demikian lebih tahan keracunan Fe. Sebaliknya, varietas yang mengeluarkan ion OH^- sedikit cenderung menurunkan pH tanah sehingga menyerap besi lebih banyak. Gejala keracunan akibat kelebihan ion ferro akan diperlihatkan pada jaringan daun (Makarim *et al.* 1989). Ada beberapa varietas yang mampu mengakumulasi ferro ke batang, sehingga konsentrasi Fe di daun tetap rendah. Selain itu, ter-

dapat varietas yang mampu tumbuh normal pada kondisi Fe dalam daun cukup tinggi (Trolldenier 1973).

Metode Pengujian Varietas terhadap Keracunan Fe

Seleksi bahan pemuliaan terhadap keracunan Fe dilakukan pada lahan berkadar Fe tinggi (± 200 ppm) di Tamanbogo, Lampung. Untuk memperoleh ketepatan seleksi dilakukan metode *stripe check*, yaitu menempatkan tanaman pembanding peka (IR64) dan toleran (Mahsuri) memanjang sejajar dengan plot-plot bahan yang diuji, sehingga homogenitas lahan berkeracunan Fe dapat diketahui. Pengamatan gejala dapat dilakukan pada stadia awal pertumbuhan hingga stadia primordial. Metode lainnya yang sudah dilakukan adalah dengan metode *asidifikasi rhizosphere*, yaitu melalui pengukuran perubahan pH (redoks) bagian area akar. Metode ini masih perlu dimantapkan dengan mengetahui lebih banyak varietas/galur yang sudah diketahui toleransinya di lapangan.

PERBAIKAN VARIETAS

Perbaikan varietas bertujuan untuk meningkatkan atau menambah sifat-sifat yang diinginkan menjadi suatu varietas baru. Selain itu, kegiatan ini juga bertujuan untuk membentuk varietas yang dapat beradaptasi secara luas dan yang dapat beradaptasi pada lokasi tertentu, seperti pada lahan keracunan Fe (Harahap dan Silitonga 1993).

Perbaikan varietas padi toleran keracunan Fe perlu dilakukan karena jumlahnya masih terbatas. Sementara itu, lahan keracunan Fe yang potensial untuk usahatani cukup luas. Varietas-varietas toleran keracunan Fe yang ditanam petani saat ini masih didominasi oleh varietas lokal berumur dalam (5-6 bulan) dengan hasil yang rendah (Suhartini *et al.* 1997b; 1999; Suhartini 2000). Varietas unggul yang tersedia masih sedikit dan mutu berasnya kurang disukai petani. Varietas unggul yang dihasilkan melalui persilangan selain toleran keracunan Fe juga perlu memiliki sifat-sifat penting lain seperti potensi hasil yang lebih tinggi dan tahan terhadap hama/penyakit utama.

Kegiatan yang berkaitan dengan perbaikan varietas meliputi, (1) Evaluasi plasma nutfah padi toleran keracunan Fe, baik varietas lokal, introduksi maupun varietas unggul, dan galur harapan, (2) Pembentukan bahan populasi melalui persilangan, dan (3) Seleksi galur/varietas terhadap keracunan Fe, bentuk tanaman yang ideal dengan tinggi tanaman sedang hingga pendek, umur sedang hingga genjah (100-115 hari), mutu beras baik, tahan hama dan penyakit utama, serta potensi hasil tinggi.

Selain melalui persilangan, perbaikan varietas juga dilakukan melalui pengujian galur-galur introduksi. Melalui kerja sama dengan IRRI diperoleh sejumlah galur yang toleran keracunan Fe. Beberapa varietas lokal memiliki adaptasi yang baik pada lahan keracunan Fe, sehingga dimanfaatkan sebagai sumber toleransi terhadap keracunan Fe. Beberapa varietas lokal yang telah digunakan dalam persilangan untuk tujuan toleran keracunan Fe antara lain adalah Angkong, Pucuk, Pantat Ulat, Rasaujaya, Bungkok, dan Sambas, sedangkan Mahsuri asal Malaysia digunakan sebagai pembandingan (Suhartini 1997b; 1999).

Beberapa galur introduksi yang menunjukkan sifat-sifat baik dapat dikembangkan lebih lanjut setelah melalui proses yang telah ditetapkan. Sebagian dari varietas unggul yang sudah dilepas juga memiliki sifat toleran keracunan Fe.

Sumber Gen Ketahanan

Plasma nutfah padi untuk sumber gen toleran keracunan Fe cukup tersedia. Varietas IR36, IR42, IR74, IR70, Tondano, Kelara, dan Semeru toleran keracunan Fe (Ismunadji 1990). Dari pengujian pada varietas unggul terhadap keracunan Fe MT 1999 diperoleh sejumlah varietas yang cukup toleran, yaitu Muncul (Cilamaya), Batang Ombilin, Way Seputih, Ciliwung, Bengawan Solo, dan Cibodas (Suhartini *et al.* 1999). Varietas-varietas tersebut dapat dianjurkan untuk ditanam pada lahan keracunan Fe. Padi lokal yang sudah dievaluasi toleransinya terhadap keracunan Fe di antaranya Sigiliti, Mesir, Angkong, dan Pontianak. Padi liar seperti *Oryza rufifogon*, *O. barthii*, dan *O. glumaepatula*, dilaporkan toleran terhadap lahan bermasalah. Dengan demikian, peluang untuk mendapatkan varie-

tas toleran keracunan Fe dengan sifat-sifat penting lainnya menjadi lebih besar.

Untuk meningkatkan efisiensi program pemuliaan maka dalam perbaikan varietas diperlukan informasi genetik varietas yang digunakan sebagai tetua. Hasil penelitian menunjukkan bahwa varietas Mahsuri, Batang Ombilin, dan KDM memiliki dua gen atau lebih yang bersifat epistatis atau duplikat gen (Suhartini 1997a). Suhaimi (1992) dan Suhartini *et al.* (1996) melaporkan bahwa pola pewarisan toleran keracunan Fe dipengaruhi oleh gen aditif, dominan, dan interaksi gen nonalelik. Gen aditif, dominan, dan interaksi aditif x aditif merupakan kontribusi utama terhadap variasi fenotipik toleran. Abifarin (1986) memperoleh sifat resesif pada karakter toleran untuk varietas Gissi 27. Penundaan seleksi hingga generasi lanjut akan meningkatkan derajat homozigositas dan varian aditif. Keadaan ini akan meningkatkan daya waris dan terbentuk genotipe dengan derajat toleransi yang tinggi.

HASIL YANG TELAH DICAPAI

Evaluasi Plasma Nutfah

Evaluasi terhadap 400 aksesi plasma nutfah padi terhadap keracunan Fe telah dilakukan, lebih dari 100 aksesi bereaksi toleran dan didominasi oleh varietas lokal. Varietas unggul IR64, Memberamo, Maros, dan Way Apoburu tergolong sangat peka. Varietas unggul yang toleran keracunan Fe antara lain adalah Limboto, Muncul, Kelara, Bengawan Solo, IR42, Way Seputih, Cimanuk, Kapuas, dan Batang Ombilin. Pada Tabel 1 dan 2 disajikan hasil evaluasi plasma nutfah padi terhadap keracunan Fe.

Bahan Populasi

Perbaikan varietas untuk keracunan Fe memerlukan bahan populasi dalam jumlah cukup. Hingga tahun 1998 telah tersedia bahan populasi dari 17 kombinasi persilangan untuk diseleksi pada lahan keracunan Fe. Persilangan tersebut bertujuan untuk varietas perbaikan Memberamo, Cisadane, IR64, Maros, dan Sei Lilin yang diketahui agak peka hingga peka terhadap keracunan Fe. Sebagai sumber gen ketahanan keracunan Fe digunakan

Tabel 1. Toleransi beberapa varietas unggul padi sawah terhadap keracunan Fe, Tamanbogo, Lampung. MT 1999.

No.	Varietas	Skor Fe	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah anakan	Umur berbunga	Hasil (t/ha)
1.	Cilamaya (Muncul)	3-5	86	11	80	3,5
2.	Batang Ombilin	5	102	13	80	2,0
3.	Mahakam	3-5	79	14	90	1,5
4.	IR42	3	71	14	90	1,7
5.	Bahbutong	3-5	91	11	70	1,4
6.	Way Seputih	3-5	88	10	75	2,6
7.	Cimanuk	3-5	88	13	70	1,9
8.	Ciliwung	3-5	86	9	75	2,5
9.	Bengawan Solo	3-5	81	9	75	2,6
10.	Sita	3	90	9	70	3,1
11.	IR36	3-5	65	14	65	1,2
12.	Atomita	5	82	12	80	1,3
13.	IR48	3-5	95	9	85	1,8
14.	Tuntang	5	82	10	70	2,0
15.	IR66	5-7	87	10	70	1,0
16.	IR70	5	79	13	80	2,0
17.	IR74	5	85	15	80	2,6
18.	Cibodas	5	97	10	85	3,0
19.	Kelara	3-5	84	10	70	2,2
20.	Barumun	7	70	10	75	-
21.	Cirata	5	96	7	70	3,4
22.	Porong	7	79	12	70	1,8
23.	IR50	7	53	17	65	-
24.	Cisokan	5-7	86	11	70	1,9
25.	IR72	7	63	9	75	0,9
26.	Way Apoburu	9	-	-	-	-
27.	Batanghari	5-7	89	12	80	1,2
28.	Dendang	5-7	84	10	80	2,3
29.	IR68	5-7	86	11	70	1,5
30.	Lusi	5-7	77	11	85	1,9
31.	Seililin	5-7	84	10	70	2,5
32.	Membramo	7	81	10	70	1,2
33.	Maros	7	84	10	80	1,8
34.	Cisadane	7	91	13	90	1,2
35.	Banyuasin	5-7	85	11	80	1,9
36.	IR64 (cek peka)	7-9	67	8	90	0,4

Skor 1 = sangat toleran, 3 = toleran, 5 = sedang, 7 = peka, 9 = sangat peka

varietas Angkong, Pucuk, Pantat Ulat, Rasaujaya, Cimanuk, dan Muncul. Selain untuk memperoleh galur-galur toleran keracunan Fe, kegiatan ini juga bertujuan untuk memperoleh sifat penting lainnya seperti mutu beras baik, tahan terhadap hama/penyakit, dan potensi hasil tinggi (Tabel 3).

Galur Harapan

Galur harapan yang memiliki potensi untuk dikembangkan pada lahan keracunan Fe adalah B9709D-KA-3-116, TB294-B-1-4-6, B6149F-MR-17, dan TB267B-B-98. Galur lain yang memberi harapan berasal dari IRRI, yaitu Myanmar, IR65847-3B-12, TOX3050-46-E2-3-3-3, TOX3580-

41-3-1-3, dan IR53709-3B-10-3 hasilnya lebih tinggi dari varietas pembanding Kapuas (Tabel 4). Dari perbaikan varietas IR64 diperoleh 11 galur yang toleran keracunan Fe. Galur-galur tersebut diperoleh melalui metode SSD hingga generasi F8 dan merupakan hasil persilangan dengan varietas Mahsuri yang toleran keracunan Fe (Tabel 5).

Varietas yang Dilepas

Sejumlah varietas padi untuk lahan rawa pasang surut telah dilepas. Perbaikan varietas diarahkan untuk toleran keracunan Fe, pH rendah, potensi hasil tinggi, dan tahan hama/penyakit penting seperti wereng coklat, blas, hawar daun bakteri, dll.

Tabel 2. Plasma nutfah padi toleran keracunan Fe, Tamanbogo, Lampung, MT 2002.

Varietas	No. akses	Varietas	No. akses	Varietas	No. akses
Lalantik Bamban	4315	Pare Beureum	120097	Asebaba	8053
Randah Padang K	4323	Cere Marah May	20108b	Kruet Sentong	8146
Pulu Todori	4371	Waleri	20120	Sitopas	8182
Pulu Denni b	4372	Padi Wiji	20203	Sijawa	8183
Rambutan	4559	Ketan	20230	Sitandang	8186
Kasur	4754	Leukat Pisang	20260	Keumala	8209
Bidak	5170	Cut Kresek	20263	Pulut Hitam	8294
Papah Aren	5205	Padi Saree	20266	P. Nyuhu	19976
Ontoseno	5249	Manggeng	20269	P. Nyelung Timai	19977
Hawara Kaos	5324	Pedie	20275	P. Pulut Among	19984
Cere Lapang	5415	Umpan Mureubok	20279	Padi Pute Heng	19995
Bulu Roma	5529	Piaman Gayo	20321	P. Turi	19998
Kuning/Macang	5553	Siaweuh	20323	P. Pulut Ayang	19999
P. Berinai	5564	Piaman Putih	20324	P. Pang	20003
Bengawan	5633	Leukat Lidah	20326	Manai	20005
Getik	5643	Sigapay	20331	Mayas	20006
Mendalet	5657b	Leukat uno	20334	Putih	20008
Mereci	5722	Sikuring	20342	Ketan Nangka	20021
Utri Deli	5730	Siramos Biru	20343	Pulut Merah	20034
Menta	5758	Sironang	20344	Lokcan	20037
Gadis Ciamis	5781	Jarum Perak	20347	Doto Kecil	20041a
Cempo Brondol	5800	Kuku Balam B	20350	Gama B	20054
Rojolele	5813	Sipirok a	20353	Segsreg Cinde	20072
Perak	5849	Sitendel a	20355	Pulut ungu	21110
Genjah Mada	5856	Pulut Seuweu	20357	P. Kuda	21111
Pudak Kuning	6204	Cantik Lembayung	20362	P. Mentol	21112
Ketek	6213	Leukat Mukeuh	20364	P. Kuning	21113
Bandang Merah	6526	Leukat Kumbat	20365	Lumut	21114
Ritgen	6550	Burung Putar	20369	Padi burung	21115
Jedah	6601	Sironang b	20372	Kwatik Tinggi	21116
Cempo Welut	6652	Raya	20376	Karya	21118
Jambi	6836	Misik a	20377	Rantau mudik	21120
Ketan	6856	Bujang Inai	20388	Bebau	6239
Sampang K	6857	Ketan Babilen	20396	Bengkok	6243
Cere Bandung	6858	Ngacong	20402	Menur	6244
Bekongan	6859	Talun Udang	20408	Paolan	6259
Komas A	6877a	Raden Kuning	20409	Wrijal	6259
Komas B	6877b	Tokong	20414	Cempo Manggar	6269
Sinapan	6999	Pulut Seluang	21130	Blumbungan	6272
Rojolele	7002	Singkil	21158	Ganepo	6275
Leci	7020	Bawang	6201	Kakaran	6552
Lemas	7027	Aceh	6202	Ketan Kutuk	6657
Enseng Beurem	7035	Dayang	6203	Sipandak	6757A
Tongseng	7037	Ketan Buluh	6215	Si Jenggot Hitam	6759
Sipulo	8025	Caya	6237	Palembang Kuning	6790
Luwuk	6876	Pare ketek	20915	Mesir	
Kopupuku A	6916A	HTAFR81042-4B-7-1	20928	Bungkuk	
Kopupuku B	6916B	HTA88022-5B-31-1	20929	Ketupat	
Cicik Buleleng	6967	HTA88060-5B-1-52	20930	Angkong	
Mentik	6997	HTA88060-5B-2	20931	Pucuk	
K. Babura	20416	HTA88060-5B-2-52	20932	Rasaujaya	
Serai		HTA90104-3B-6-2-1	20940	Sampit Putih	
Rumbang Ayam		KTH17	20941	Ketumbar	
Pontianak		KDML105	20942	Sambas	
Pantat Ulat		Lembu	21109		
Mancrit		Sigiliti			

Sebelum tahun 1991 telah dilepas dua varietas padi lahan rawa pasang surut, yaitu Musi dan Kapuas. Varietas Musi toleran salinitas dan Kapuas toleran Fe. Varietas Lematang (B5332-13d-MR-1-1) dan Sei Lilin (IR112288-BB-69-1) dilepas pada tahun

1991, keduanya toleran keracunan Fe (≤ 100 ppm). Pada lahan dengan kadar Fe 200 ppm, menunjukkan keadaan agak peka (Suhartini, 1997b). Pada tahun 1997 dilepas varietas Banyuasin dan Lalan, keduanya agak toleran keracunan Fe.

Tabel 3. Bulk populasi (generasi F4) untuk seleksi keracunan Fe di Tamanbogo Lampung, MT 1998/99.

No.	Bastar populasi	Kombinasi persilangan	Tujuan
1.	BP1018C	Memberamo/Angkong	Toleran Fe, mutu beras baik
2.	BP1019 C	Memberamo/Pucuk	Toleran Fe, mutu beras baik
3.	BP1020C	Memberamo/Pantat Ulat	Toleran Fe, mutu beras baik
4.	BP1021C	Memberamo/Rasaujaya	Toleran Fe, mutu beras baik
5.	BP1022C	Membramo/Bungkuk	Toleran Fe, mutu beras baik
6.	BP1057C	Memberamo/Mahsuri ²	Toleran Fe, mutu beras baik
7.	BP1026C	Banyuasin/Sambas	Toleran Fe
8.	BP1027C	Pucuk/IR64	Toleran Fe, mutu beras baik
9.	BP1028C	Cimanuk/Batang Pane//Maros	Toleran Fe, tahan wereng coklat
10.	BP1030C	IR64/Batang Ombilin	Toleran Fe, mutu beras baik
11.	BP1031C	Banyuasin/Sambas//Batang Ombilin	Toleran Fe
12.	BP1036C	Lematang/Mahsuri//Cimanuk	Toleran Fe, tahan wereng coklat
13.	BP1037C	Lalan/TB154E//Muncul	Toleran Fe, mutu beras baik
14.	BP1038C	IR64/Pucuk//Kapuas	Toleran Fe, mutu beras baik
15.	BP1039C	Cisadane/Bungkuk//Maros	Toleran Fe, mutu beras baik
16.	BP1046C	Memberamo/Mahsuri//Batang Ombilin	Toleran Fe, mutu beras baik
17.	BP1047C	Sei Lilin/Mahsuri	Toleran Fe

Tabel 4. Galur-galur harapan padi toleran keracunan Fe di dua lokasi pengujian di Tamanbogo Lampung, MT 1998-99.

No.	Galur	Umur (hari)	Tinggi tanaman (cm)	Anakan produktif	Amilosa (%)	Skor		Fe	Hasil (t/ha)
						1	2		
1.	B9709D-KA-3-116	126	125	8	19,5	3	3		3,47
2.	TB294-B-1-4-6	118	111	9	22,3	3-5	3-5		3,35
3.	B6149F-MR-17	113	109	6	24,4	3	5		3,28
4.	TB267B-B-98	110	94	10	-	3-5	3-5		3,95
5.	Myanmar	122	113	9	25,4	3-5	3-5		4,58
6.	IR65847-3B-12-1	126	89	12	25,0	3	3-5		3,85
7.	IR65847-3B-18-2	114	81	9	-	3-5	5		3,00
8.	IR65172-4B-25-2	120	102	10	18,0	3-5	5		3,28
9.	TOX3050-46-E2-3-3-3	123	100	10	18,0	5	5		3,86
10.	TOX3580-41-3-1-3	120	125	9	24,7	3	5		4,03
11.	IR53709-3B-10-3	122	100	10	21,0	3-5	3-5		3,73
12.	TOX3118-6-E2-3-2	118	111	9	-	3-5	3		3,53
13.	IR61242-3B-26-3	109	105	9	20,4	3	3-5		3,35
14.	ZHANGYU87-1-MR-2	110	98	9	25,4	3-5	3-5		3,55
15.	Indragiri (B7952F-KN-18-2	80	110	7	-	3	5		-
16.	Punggur (B9851D-MR-107)	77	82	14			3		2,01
17.	Kapuas	126	95	13	23,2	5	5		3,56
18.	Muncul	133	86	10	-	3-5	3-5		3,71

1 = Taman Asri, Lampung, 2 = Tamanbogo, Lampung; skor 1 = sangat toleran, 3 = toleran, 5 = sedang, 7 = peka, 9 = sangat peka.

Pada tahun 1999 dilepas varietas Dendang (IR52952-B-B-3-3-2) dan Batanghari (B7812F-KN-14-1) dan disusul oleh varietas Punggur (B9851D-KA-107) dan Indragiri (B7952F-KN-18-2) pada tahun 2000. Varietas Dendang dan Batanghari memiliki toleransi sedang hingga agak peka terhadap keracunan Fe di Tamanbogo Lampung, dan varietas Dendang hasilnya lebih tinggi daripada Batanghari

pada lahan keracunan Fe (Suhartini *et al.* 1999). Keempat varietas ini dapat beradaptasi pada lahan gambut maupun sulfat masam potensial dan hasilnya cukup tinggi di lahan rawa pasang surut Sumatera Selatan. Pada Tabel 6 disajikan beberapa varietas padi lahan rawa pasang surut yang telah dilepas dalam periode 1997-2000.

Tabel 5. Galur-galur keturunan IR64 (F9, turunan Mahsuri/IR64) yang toleran keracunan Fe dengan beberapa sifat penting lainnya¹.

No. galur	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah anakan	Umur berbunga (hari)	Keracunan Fe	Tipe tanaman ^a	Tipe gabah ^b
Bio-Fe-36	85	12	75	T	1	3
Bio-Fe-40	70	12	65	T	3	1
Bio-Fe-66	92	15	80	S-T	1	1
Bio-Fe-74	82	11	75	S-T	1	1
Bio-Fe-76	68	11	80	T	1	1
Bio-Fe-117	67	10	65	T	1	1
Bio-Fe-119	69	13	70	S	3	1
Bio-Fe-122	70	12	70	T	1	1
Bio-Fe-167	57	12	80	S-T	1	1
Bio-Fe-168	65	13	70	S-T	1	1
Bio-Fe-171	56	11	60	S-T	1	1

¹Data pengujian di lahan keracunan Fe (170-200 ppm), Tamanbogo, Lampung MT 1999-2000. T = toleran, S = sedang, ^atipe tanaman dan ^btipe gabah: 1 = seperti IR64, 2 = seperti Mahsuri, 3 = medium.

Tabel 6. Varietas unggul yang dilepas untuk lahan rawa pasang surut.

Varietas	No. galur	Persilangan	Tahun dilepas	Ketahanan/toleransi
Lalan	B5565-13G-SM-87-3	Barito/IR54//IR9575/IR54	1997	Wereng coklat, blas, bercak coklat, salinitas, Fe, pasang surut, Lebak
Banyuasin	B7810F-Kn-13-1-1	Cisadane/Kelara	1997	Wereng coklat, hawar daun bakteri, Fe, Al, gambut, sulfat masam
Dendang	IR52952-B-B-3-3-2	Osok/IR5657-33-2	1999	Wereng coklat, blas, toleran Fe, salinitas, Al, gambut, sulfat masam
Batanghari	B7812F-KN-14-1	Cisadane/IR19661-131-1-3-1-3	1999	Wereng coklat, hawar daun bakteri, blas, toleran Fe, sulfat masam, gambut
Punggur	B9851D-KA-107	BKNFR-76106-16-0/Kapuas	2000	Wereng coklat, blas, toleran Fe (100 ppm), Al, gambut, sulfat masam
Indragiri	B7952F-Kn-18-2	B6256-MR-3-5/Barumun//Rojolele/IR68	2000	Wereng coklat, blas, hawar daun bakteri, gambut, sulfat masam
Tenggulang	B9709d-Ka-137	Batang Ombilin ² /Siam 29	2001	Blas, hawar daun bakteri, gambut, sulfat masam
Lambur	B9860c-Ka-1	Cisadane/IR9884-54-3	2001	Salinitas, sulfat masam, gambut, Al, Fe
Mendawak	B8055f-Kn-6-2	Mahsuri/Kelara	2001	Fe, Al, gambut, sulfat masam

Perbaikan Varietas melalui Kultur Anter

Perbaikan varietas padi selain melalui metode konvensional juga dilakukan melalui kultur anter. Dengan metode kultur anter dapat memperpendek siklus pemuliaan (Snape 1989; Suhartini dan Hanarida 2000). Beberapa keuntungan menggunakan kultur anter menurut Snape (1989) antara lain mengurangi biaya penelitian, meningkatkan efisiensi produksi, menambah variasi genetik yang aditif sehingga menambah sifat-sifat unggul. Keuntungan tersebut akan tercapai apabila dapat mengatasi beberapa masalah yang sering ditemui, antara lain daya induksi dan regenerasi kalus yang rendah, media kultur yang tepat serta faktor nonteknis yang sulit

dihindari. Dari penelitian yang dilakukan di Balitbio pada MT 1996 hingga MT 1998 diketahui bahwa siklus pemuliaan dengan metode kultur anter menjadi lebih pendek. Untuk memperoleh galur yang diploid homozygote melalui kultur anter diperlukan waktu tiga musim (Tabel 7 dan 8), sedangkan melalui metode konvensional mencapai delapan musim (Suhartini 1997c). Untuk memperoleh tanaman hijau atau planlet (generasi Ho) melalui kultur anter pada empat kombinasi hibrida F1 dibutuhkan waktu 1 tahun sejak pertanaman F1 (Tabel 7). Bila dihitung dari mulai persilangan, waktu yang diperlukan untuk memperoleh tanaman yang homozygote adalah tiga musim.

Tabel 7. Tahapan perbaikan varietas padi melalui metode kultur anter dan konvensional.

Musim	Pemuliaan konvensional	Teknik kultur anter
I	Persilangan	Persilangan
II	Tanaman F1	F1 (tanaman eksplan), anter dikulturkan
III	Tanaman F2	Tanaman diploid dan haploid →→ Ho (planlet) Tanaman diploid homozygote →→ H1 (seleksi, observasi)
IV	F3 (seleksi)	Perbanyakan benih →→ H2
V	F4 (seleksi)	Perbanyakan benih/pengujian →→ H3
VI	F5 (seleksi)	Galur harapan
VII	F6 (seleksi)	
VIII	F7 (seleksi) F8 (homozygote)	

Tabel 8. Selang umur dari eksplan, regenerasi, planlet hingga panen pada perakitan varietas padi melalui kultur anter dari empat hibrida padi (F1).

Hibrida (F1)	Umur eksplan (hari)	Umur regenerasi (hari)	Umur planlet (hari)	Umur panen (hari)	Total umur (hari)
Pucuk/IR64	61-96	70	90	97	336
Mesir/IRAT	65-71	37-63	76-113	92-98	308
Mahakam/Simariti	67-96	37-52	76-97	98-147	337
Mahakam/Pucuk	72-88	42-57	60-91	98-115	313

Umur eksplan = tabur-bahan anter (eksplan), umur regenerasi = inokulasi-regenerasi, umur planlet = regenerasi-tanam, umur panen = tanam-panen (biji H1)

Tabel 9. Jumlah kalus, tanaman hijau, jumlah rumpun haploid dan diploid pada tujuh varietas lokal dan tiga nomor padi hibrida (F1) pada kultur anter. Balitbio, MT 1997/98.

Varietas	Jumlah kalus	Jumlah tanaman hijau	Jumlah rumpun (%)	
			Haploid	Diploid
Padi Lokal				
Mesir	13	37	100	0
Dukuh	3	10	80	20
Karawih	4	39	92	8
Siputih	2	5	100	0
Pucuk	1	5	100	0
Sambas	7	121	68	32
Pantat Ulat	8	14	36	64
F1 (hibrida)				
Mahakam/Pucuk	33	72	54	36
Mesir/IRAT	14	37	71	29
Mahakam/Simariti	9	18	0	100

Padi lokal toleran keracunan Fe, yaitu varietas Mesir, Pantat Ulat, Sambas, dan Pucuk memiliki daya regenerasi kalus yang baik hingga membentuk tanaman hijau dan dapat membentuk tanaman yang diploid spontan (Tabel 9). Padi hibrida F1 hasil persilangan varietas Mahakam/Pucuk, Mesir/IRAT, dan Mahakam/Simariti memiliki daya induksi, regenerasi kalus dan tanaman hijau hingga membentuk tanaman yang diploid. Dari sumber genetik yang

ada dimungkinkan untuk melakukan perbaikan varietas toleran keracunan Fe melalui kultur anter.

KESIMPULAN

1. Perbaikan varietas padi toleran keracunan Fe dapat dilakukan karena cukup tersedia bahan pemuliaan sebagai sumber genetiknya.

2. Diperoleh 17 bastar populasi generasi awal, sejumlah galur harapan berpotensi hasil tinggi, sembilan varietas padi rawa pasang surut cukup toleran keracunan Fe, 11 galur turunan IR64 yang homozygote dan ≥ 100 aksesi plasma nutfah padi toleran keracunan Fe.
3. Metode kultur anter dapat mempercepat siklus pemuliaan, sehingga berpotensi digunakan dalam program perbaikan varietas padi toleran keracunan Fe. Beberapa padi lokal toleran keracunan Fe memiliki daya regenerasi kalus yang baik dan dapat membentuk tanaman yang diploid spontan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada para teknisi dan tim lapangan, yakni Sdr. Tusrimin dan Sdr. Sajimin (KP Tamanbogo), Sdr. Warsono dan Sudarno (Balitpa), Basarudin Harahap (KP Karang Agung), dan Dr. Wayan S. Ardjasa (Kepala KP Tamanbogo), yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardjasa dan Ismunadji. 1989. Pengaruh pemupukan terhadap keracunan Fe pada padi sawah. *Dalam* Seminar Hasil penelitian Tanaman Pangan, Balittan Bogor. 13-14 Februari 1989. Vol. 3.
- Abifarini, A.O. 1986. Inheritance of tolerance to iron toxicity in two rice cultivars. *In* Proceeding of the International Rice Genetics Symposium. IRRI. 27-31 May 1985.
- Brady, N.C. 1974. The nature and properties of soils. 8 th eds. Macmilan Publishing Co. Inc. New York.
- Gunatilake, G.A. and W.M. Bandara. 1989. Effect of applied potassium and phosphorus on bronzing in rice grown in iron toxic mineral and organic soils. Paper presented at the Fourth Meeting of the Cooperative for Research on Problem Soils, 1-4 July 1989, RARC, Bombuwela, Sri Lanka.
- Harahap, Z. dan T.S. Silitonga. 1993. Perbaikan varietas padi. *Dalam* Buku Padi 2. Badan Pertanian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan Bogor. hlm. 335-375.
- Ismangun, Suwardjo, dan D.K. Husein. 1984. Hasil-hasil survei kapabilitas tanah di daerah transmigrasi. Prosiding. Pert. Teknik Penelitian Pola Usaha Tani Menunjang Transmigrasi. Cisarua, Bogor.
- Ismunadji, M., W.S. Ardjasa, and H.R. Von Uexkull. 1989. Increasing productivity of lowland rice grown on iron toxic soils. *In* Deturk, P. and F. Ponnampuruma (Eds.). Rice Production on Acid Soils of the Tropics. Proceeding of International Symposium, Institute of Fundamental Study, Kandy, Sri Lanka. 26-30 June 1989. p. 205-211.
- Ismunadji, M. 1990. Alleviating iron toxicity in lowland rice. *Indonesian Agric. Res. and Development J.* 12(4):67-72.
- Jenning, Pr., W.R. Coffman, and H.E. Kauffman. 1979. Rice Improvement. International Rice Research Institute, Los Banos, Phillippines.
- Makarim, K., O. Sudarman, dan H. Supriadi. 1989. Status hara tanaman padi berkeracunan Fe di daerah Batumarta, Sumatera Selatan. *Penelitian Pertanian* 9(4):166-170.
- Ottow, J.C.G., G. Benckiser, and I. Watanabe. 1982. Iron toxicity as a multiple nutritional stress. *International Symposium on Distribution, Characteristics and Utilization of Problem Soils. Trop. Agric. Res. Ser.* 15:167-179.
- Ottow, J.C.G., K. Prade, W. Bertenbreiter, and V.A. Jacq. 1989. Strategies to alleviate iron toxicity of wetland rice on acid sulphate soils. *In* Deturk, P. and F. Ponnampuruma (Eds.). Rice Production on Acid Soils of The Tropics. Proceeding of International Symposium, Institute of Fundamental Study, Kandy, Sri Lanka. 26-30 June 1989.
- Ponnampuruma, F.N. 1976. Screening rice for tolerance to mineral stress. *In* Proceeding of a Workshop on Plants Adaptation to Mineral Stress in Problem Soils. Betsville, Maryland, USA. p. 341-353.
- Sarwani, M. 1992. Penampilan delapan varietas/galur padi pada berbagai takaran kalium yang ditanam pada tanah keracunan Fe. *Dalam* Prosiding Lokakarya Penelitian Komoditas dan Studi Khusus. 1992. Vol.3 Padi. AARP dan Badan Litbang Pertanian
- Suhartini, T. 2000. Perakitan varietas unggul padi melalui kultur anter. *Berita Puslitbangtan* No. 18. 2 hlm.
- Suhartini, T. dan I.H. Somantri. 2000. Kesamaan genetik galur-galur padi hasil kultur anter F1 pada generasi H1. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 19(2):13-19.
- Suhartini, T., W.S. Ardjasa, dan Suwarno. 1992. Evaluasi potensi hasil varietas dan galur harapan padi pada lahan keracunan Fe. *Dalam* Prosiding Lokakarya Penelitian Komoditas dan Studi Khusus. 1992. Vol. 3. Padi. AARP dan Badan Litbang Pertanian.
- Suhartini, T., Suwarno, dan Safaruddin. 1996. Pendugaan parameter genetik toleran keracunan Fe pada padi sawah melalui analisis dialel. *Zuriat* 7(1).
- Suhartini, T., I.H. Somantri, Sutrisno, S. Rianawati, Sustipriyatno, dan K.R. Trijatmiko. 1997a. Pewarisan sifat toleran keracunan Fe pada beberapa varietas

- padi. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 16(1): 26-32.
- Suhartini, T., Suwarno, Sudarno, dan Warsono. 1997b. Penelitian perbaikan toleransi padi sawah terhadap keracunan Fe. Laporan Penelitian Balai Penelitian Padi, Badan Litbang Pertanian 1997.
- Suhartini, T., I.H. Somantri, I.S. Dewi, S. Rianawati, Allidawati, dan Suwarno. 1997c. Studi kultur anthera padi lokal rawa pasang surut. *Dalam* Prosiding Meningkatkan Daya Saing Komoditas Pertanian Indonesia. Simposium Nasional dan Kongres III PERIPI. Bandung, 24-25 September 1997.
- Suhartini, T., A.A. Daradjat, Adijono Pa, dan Warsono. 1999. Penelitian perbaikan toleransi padi sawah terhadap keracunan Fe. Laporan Penelitian Proyek PAATP, Balai Penelitian Padi, Badan Litbang Pertanian 1999/2000.
- Snape, J.W. 1989. Double haploid breeding: Theoretical basis and practical applications. *In* Review of Advances in Plant Biotechnology, 1985-88. The Second International Symposium on Genetic Manipulation in Crops. p. 19-30.
- Suhaimi, S. 1992. Pewarisan toleransi keracunan Fe pada tanaman padi. Disertasi Program Pascasarjana, Universitas Pajajaran Bandung. (*Tidak dipublikasi*).
- Todano, T. and S. Yoshida. 1978. Chemical changes in submerged soils and their effect on rice growth. *In* International Rice Research Institute. Soil and Rice. Los Banos, Laguna, Philippines. p. 399-419.
- Trolldenier, G. 1973. Secondary effects of potassium and nitrogen on rice: Changes in microbial activity and iron reduction in the rizosphere. *Plant and Soil* 38:267-297
- Trolldenier, G. 1977. Mineral nutrition and reduction processes in the rhizosphere of rice. *Plant and Soil* 47:193-202.
- Van Breemen, N. and F.R. Moormann. 1978. Iron toxic soils. *In* International Rice Research Institute. Soil and Rice. Los Banos, Laguna, Philippines. p. 761-799.
- Virmani, S.S. 1977. Varietal tolerance of rice to iron toxicity in Liberia. *International Rice Res. Newsl.* 2(1):4-5.
- Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crops science. International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines.