

**KETAHANAN TANANAM PADI TERHADAP KONDISI TERENDAM:
PEMAHAMAN TERHADAP KARAKTER FISILOGIS UNTUK MENDAPATKAN
KULTIVAR PADI YANG TOLERAN DI LAHAN RAWA LEBAK**

**Rujito Agus Suwignyo
Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya**

Abstrak

Ekosistem tanaman padi pada dasarnya tergantung dengan kondisi hidrologis, dan dapat diklasifikasikan menjadi lahan irigasi, lahan tadah hujan, lahan kering, dan lahan tergenang. Pada lahan-lahan tadah hujan tropis dengan drainase yang buruk, tanaman padi dapat menjadi terendam dalam periode waktu yang pendek atau panjang. Hal ini sering terjadi di beberapa lokasi pada lahan rawa lebak di Sumatera Selatan. Masalah tingginya muka air yang menyebabkan tanaman tergenang sebagian atau terendam seluruhnya merupakan penghalang yang serius bagi peningkatan produktivitas padi di lahan-lahan tersebut. Tanaman menjadi terendam, khususnya pada saat petani melakukan transplanting ke lahan pada akhir musim hujan karena tidak dapat diprediksinya tinggi muka air. Memahami karakter fisiologis tanaman padi dalam kondisi terendam merupakan hal yang penting dilakukan. Makalah ini menyampaikan berbagai karakteristik pada kondisi lingkungan terendam yang dapat merusak pertumbuhan tanaman padi, mengkaji berbagai mekanisme fisiologis kerusakan tanaman, dan mereview berbagai kemajuan hasil penelitian yang terkait dengan hal tersebut. Permasalahan yang terjadi akibat kekurangan oksigen pada tanaman yang terendam merupakan faktor utama yang menyebabkan tanaman padi mengalami kerusakan fisiologis dan kerusakan fisik. Ketidak seimbangan antara produksi dan konsumsi asimilat menjadi hal yang membahayakan tanaman, sehingga pemanjangan daun terganggu dan tanaman bisa menjadi mati bila periode terendam berlanjut. Tanaman yang mempunyai toleransi terhadap kondisi terendam sangat dipengaruhi kemampuannya untuk mampu bertahan hidup dan mampu menyimpan sumber makanan dalam tanaman yang kemudian digunakan setelah periode terendam usai. Melalui tulisan ini diharapkan akan diperoleh berbagai informasi mekanisme fisiologis tanaman padi dalam kondisi terendam, sehingga akan bermanfaat khususnya dalam mencari varietas tanaman padi yang adaptif dalam kondisi lahan rawa lebak di Sumatera Selatan.

PENDAHULUAN

Lahan rawa merupakan salah satu alternatif lahan yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai kegiatan produksi pertanian. Walaupun banyak kendala yang dihadapi dalam membuat lahan-lahan tersebut menjadi produktif, pemanfaatan lahan ini telah memberikan kontribusi yang berarti dalam sistem ketahanan pangan nasional. Keberadaannya yang sangat luas menyebabkan pemerintah memberikan perhatian yang sangat besar terhadap pengembangan lahan rawa sejak awal Pelita I. Sejak awal pengembangannya, prioritas pengembangan lebih difokuskan pada lahan pasang surut (Tim Fakultas Pertanian IPB, 1992). Sejak tahun 1970, daerah Delta Upang Sumatera Selatan telah dijadikan sebagai lokasi awal pengembangan lahan pasang surut di Indonesia (Koswara dan Rumawas, 1984). Sejak saat itu, mulai didatangkan transmigran dengan harapan bahwa daerah pasang surut dapat dijadikan salah satu sentra produksi pangan yang handal. Sementara itu, pengembangan lahan rawa lebak masih relatif tertinggal. Pola usaha tani yang diusahakan masih mengandalkan dan sangat tergantung pada kondisi musim. Mengingat kondisi lahan rawa lebak yang marginal dan rapuh, pengembangannya memerlukan perencanaan dan penanganan yang cermat. Untuk itu, perlu dilakukan suatu kajian yang terintegrasi yang mencakup inventarisasi kondisi lahan, pencarian komoditas dan varietas yang toleran serta memperbaiki struktur masyarakatnya (Suwignyo *et al.*, 1993).

Pengembangan lahan rawa selayaknya memperhatikan kondisi sumberdaya hayati lokal, sehingga keberadaannya tetap dapat mendukung ekosistem tersebut. Perubahan ekosistem yang

sangat dinamis menyebabkan terjadinya erosi genetik yang mengarah pada penurunan kualitas dan kuantitas genetik. Untuk mengantisipasi perubahan-perubahan ekosistem tersebut, Suwignyo (1995) menyebutkan perlunya dilakukan penanganan pelestarian sumberdaya hayati melalui: inventarisasi sumberdaya hayati, pembentukan kawasan non-budidaya yang konsisten, optimalisasi pemanfaatan sumberdaya hayati, serta pemantauan dan pencegahan secara kontinyu penyebab erosi genetik.

Kondisi lahan rawa yang spesifik dan karakternya yang marjinal menyebabkan perlunya penanganan yang berbeda dengan kondisi lahan lainnya. Varietas tanaman yang dihasilkan pemulia pada umumnya merupakan varietas yang dapat berproduksi baik pada kondisi yang optimal. Telah banyak dilakukan penelitian dan kajian tentang karakter tanaman yang toleran dengan kondisi tersebut. Namun demikian masih sangat sedikit dihasilkan varietas tanaman yang secara genetik memang mempunyai karakter yang benar-benar toleran. Ketahanan tanaman terhadap kondisi tertentu menjadi kurang berarti dengan kompleksitas kondisi di lapangan. Permasalahan yang muncul di lapangan selalu merupakan kombinasi dari beberapa faktor, sementara toleransi tanaman belum tentu dapat mengatasi semua faktor tersebut. Misalnya, bila telah ditemukan varietas yang toleran terhadap stres aluminium, maka produksi di lapangan akan sangat dibatasi dengan ketahanannya terhadap defisiensi hara (N, P, K) dan keracunan logam lainnya (Mn, Zn)

EKOLOGI LAHAN RAWA LEBAK DAN KONDISI TERGENANG

Lahan rawa lebak merupakan lahan yang terdapat di kiri-kanan sungai besar dan anak-anaknya, dengan topografi datar, tergenang air pada musim penghujan dan kering atau tetap tergenang pada musim kemarau. Di Sumatera Selatan lahan ini menyebar di sepanjang aliran sungai Musi (Muba dan Palembang), sungai Komering dan sungai Ogan (OKI, OKU dan Muara Enim) (Djafar, 1992). Berdasarkan variasi permukaan lahan, ketinggian serta lamanya genangan, rawa lebak digolongkan ke dalam tiga golongan, yaitu (Widjaya-Adhi *et al.*, 1992):

- 1) Lebak pematang: lahan yang mempunyai topografi relatif cukup tinggi dengan genangan di musim hujan dangkal (maksimum 50 cm), dan periode waktu yang relatif pendek (< 3 bulan);
- 2) Lebak tengahan: lahan yang mempunyai topografi relatif agak rendah dengan genangan agak dalam (50 – 100 cm), untuk jangka waktu yang relatif agak lama (3-6 bulan);
- 3) Lebak dalam: lahan yang mempunyai topografi paling rendah dengan genangan cukup dalam (>100 cm), dan dalam waktu yang relatif lama (> 6 bulan) atau tergenang sepanjang tahun.

Dengan memperhatikan kondisi hidrotopografi tersebut, genangan air merupakan salah satu faktor pembatas dalam introduksi tanaman dan peningkatan sistem budidaya tanaman di lahan rawa lebak. Dalam konteks aplikasi di lapangan, kendala yang dihadapi petani adalah masih sulit diprediksinya tinggi genangan air, sehingga petani dapat menghadapi resiko tergenang pada fase pertumbuhan vegetatif. Selama ini petani telah melakukan metode adaptasi agronomis melalui penundaan waktu tanam dan terpaksa melakukan pemindahan bibit lebih dari satu kali (Ismail *et al.*, 1993).

Selain permasalahan genangan air tersebut, rawa lebak juga sangat dipengaruhi oleh kondisi lahan yang bereaksi sangat masam sehingga dapat menyebabkan ketersediaan Al dan Fe yang tinggi. Sebaliknya, unsur-unsur hara makro seperti nitrogen, phosphor, dan kalium yang sangat diperlukan tanaman menjadi kurang tersedia. Dalam konteks agronomis, upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas tanaman antara lain dengan memperbaiki metode pemupukan dengan takaran, waktu dan cara pemberian yang tepat. Pemilihan varietas yang memiliki kemampuan genetik toleran terhadap permasalahan tersebut juga merupakan faktor yang perlu mendapat perhatian.

Pada dasarnya air merupakan kebutuhan mutlak bagi tanaman untuk berbagai aktivitas metabolisme di dalam tanaman. Namun demikian, pada saat ketersediaan air berlebihan sehingga tanaman menjadi tergenang atau terendam akan menyebabkan proses metabolisme terganggu. Beberapa kondisi yang mempengaruhi antara lain terjadi karena (Jackson and Ram, 2003):

1. Laju pertukaran gas yang rendah: Hal ini terjadi karena adanya koefisien difusi gas yang rendah ke dalam air ($0,21 \text{ cm}^2 \text{ det}^{-1}$ di udara menjadi $2,38 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ det}^{-1}$ di dalam air). Dalam kondisi air yang tidak bergerak, kondisi diselingi jaringan tanaman juga menjadi kurang baik.

2. Pengaruh naungan: Penurunan intensitas cahaya yang diterima daun akibat terjadinya proses penanaman. Sinar matahari menjadi tidak sepenuhnya dapat menyentuh tanaman, akibat terhalang oleh adanya genangan air yang dapat terjadi pada air yang jernih apalagi pada air yang keruh
3. Kerusakan mekanis: Daun akan mengalami kerusakan fisik akibat laju aliran air yang deras atau akibat benturan pratikel yang bergerak di dalam air.
4. Kapasitas bahan terlarut: Dalam kondisi tergenang, air akan melarutkan banyak bahan partikel yang bisa bermanfaat tetapi juga dapat berbahaya bagi tanaman. CO₂ terlarut yang rendah berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, khususnya akibat rendahnya produksi karbohidrat.

MEKANISME MORFOLOGIS DAN FISILOGIS TANAMAN DALAM KONDISI TERENDAM

Ketidakmampuan tanaman untuk bertahan dalam kondisi oksigen yang rendah di daerah perakaran telah menyebabkan banyak kerugian akibat ketidakberhasilan tanaman untuk berproduksi. Pada lahan rawa, curah hujan yang tinggi menyebabkan periode genangan menjadi lebih lama dan hal ini menyebabkan tidak hanya waktu awal musim tanam menjadi terganggu, tetapi juga dapat menyebabkan tanaman di lapang menjadi terendam. Tanaman padi dapat toleran terhadap genangan di daerah perakaran karena kemampuannya untuk mengangkut oksigen secara efisien dari bagian atas tanaman ke bagian akar. Namun demikian, permasalahan juga timbul pada saat tanaman padi terendam seluruhnya. Sementara menunggu kondisi air yang ideal bagi pertanaman, petani lahan rawa lebak umumnya melakukan sistem pembibitan bertingkat. Sistem pembibitan ini dapat dilakukan sampai tiga atau empat kali pemindahan bibit sebelum benar-benar ditanam di lahan produksi. Tentu saja dengan metode ini tanaman tidak dapat berproduksi secara optimal, dan pada kondisi tertentu bibit tanaman yang akan dipindahkan ke lapangan telah memasuki tahap generatif. Tanaman pangan lainnya seperti jagung, kedele, atau berbagai jenis sayuran pada umumnya sangat sensitif terhadap genangan air. Untuk tanaman-tanaman tersebut, peningkatan toleransi tanaman terhadap genangan merupakan hal yang sangat penting. Berkaitan dengan hal tersebut, Dennis *et al.* (2000) menyebutkan bahwa pengetahuan tentang fisiologi tanaman dalam kondisi stres genangan dan identifikasi gen yang berperan menjadi sangat penting untuk diketahui.

Kondisi tergenang menyebabkan terjadinya penurunan proses pertukaran gas antara jaringan tanaman dan atmosfer disekitarnya, karena gas (khususnya oksigen) berdifusi 10.000 kali lebih lambat di dalam air dibandingkan dengan di udara. Kondisi ini menyebabkan terjadinya hipoksia atau anoksia di sekitar perakaran. Oksigen sangat berperan dalam proses metabolisme yang menghasilkan energi di dalam sel, sehingga konsentrasi oksigen yang sangat rendah di perakaran menyebabkan terganggunya aktivitas metabolik dan produksi energi (Dennis *et al.*, 2000). Oksigen berfungsi sebagai akseptor elektron dalam jalur fosforilasi oksidatif yang menghasilkan ATP yang merupakan sumber energi utama dalam metabolisme seluler. Proses fermentasi menyebabkan jumlah energi yang dihasilkan menjadi lebih sedikit (pada fermentasi dihasilkan hanya 2 mol ATP untuk setiap mol glukosa, sedangkan pada proses metabolisme oksidatif dihasilkan 36 mol). Dalam kondisi anoksia, jaringan padi mensintesis lebih banyak solubel protein. Sebagian besar anaerobik protein ini adalah enzim yang terlibat dalam metabolisme karbohidrat (alkohol dehidrogenase, aldolase, glukosa phosphat isomerase, sukrosa synthase, piruvat decarboksilase, gliserol phosphat dehidrogenase). Protein tersebut akan diproduksi beberapa jam setelah anoksia.

Seperti telah disebutkan di atas bahwa oksigen berfungsi sebagai akseptor penghasil energi dalam proses respirasi. Pada tanaman yang tidak toleran genangan atau bila tanaman terendam semua, kontak antara tanaman dengan oksigen menjadi terhambat sehingga proses respirasi tersebut tidak dapat dilangsungkan. Dalam kondisi demikian, tanaman melakukan proses metabolik fermentasi. Dennis *et al.* (2000) menyebutkan bahwa proses ini di dalam tanaman dapat berlangsung dalam tiga cara yang menghasilkan etanol, asam laktat, dan suatu proses spesifik yang menghasilkan alanin. Dalam kondisi suplai oksigen yang normal, fermentasi ini tidak berlangsung. Proses fermentasi yang diinduksi oleh oksigen yang rendah ini menunjukkan adanya suatu mekanisme *survival* yang cepat dari tanaman.

Studi tentang mekanisme tanaman menuju pada proses fermentasi sebagai respon terhadap kondisi anoksia atau hipoksia banyak dikemukakan melalui model *pH-stat*. Dalam model ini, pemilihan arah fermentasi antara fermentasi alkohol dan fermentasi asam laktat distimulasi oleh pH sitosol sel akar (Davies, 1980). Fermentasi asam laktat akan menghasilkan asam laktat, sehingga menurunkan pH sitosol dan menghambat enzim laktat dehidrogenase (LDH). Kondisi ini kemudian menyebabkan aktifnya piruvat dekarboksilase dan alkohol dehidrogenase. Hasil penelitian Fox *et al.* (1995) melalui *nuclear magnetic resonance* (NMR) menunjukkan bahwa selama perlakuan penggenangan akar jagung menyebabkan pH sitosol menjadi lebih masam, tetapi dengan bila perlakuan diperpanjang maka produk utama fermentasi adalah alkohol. Beberapa temuan baru menunjukkan bahwa penurunan pH sitosol tidak hanya disebabkan oleh aktivitas metabolik melalui fermentasi asam laktat, tetapi juga akibat proses pemompaan proton H^+ -ATPase (Germain *et al.*, 1997).

Respon tanaman terhadap kondisi tergenang juga menyebabkan adanya perubahan proses menuju terbentuknya protein dan enzim yang terlibat dalam proses fermentasi. Paling tidak telah ditemukan 20 polipeptida anaerobik (*anaerobic polypeptides*, ANPs) pada akar jagung yang lingkungannya diubah dari aerobik menuju anaerobik. Makin banyak ditemukan ANPs, maka akan makin jelas bahwa respon tanaman terhadap kondisi kekurangan oksigen merupakan sesuatu yang kompleks. Secara keseluruhan, terdapat tiga tahapan proses respon tanaman terhadap kondisi defisit oksigen (Dennis *et al.*, 2000), yaitu:

1. Tahap pertama (0 – 4 jam): terjadi proses induksi yang cepat atau aktivasi signal komponen transduksi,
2. Tahap kedua (4 – 24 jam): proses adaptasi metabolik. Pada tahap ini berlangsung induksi glikolisis dan gen fermentasi yang penting untuk menjaga keberlangsungan produksi energi. Respon metabolik pada tahap ini lebih kompleks dari yang diduga karena melibatkan perubahan dalam metabolisme nitrogen. Pada tahap ini juga dihasilkan enzim yang berperan dalam biosintesis etilen, yaitu aminocyclopropane carboxylic acid synthase (ACC synthase).
3. Tahap ketiga (24 – 48 jam): Tahap ini sangat penting bagi keberlangsungan hidup tanaman akibat adanya oksigen yang rendah, yaitu pembentukan aerenchyma di perakaran. Suatu enzim yang berperan dalam pengenduran (*loosening*) dinding sel yaitu xyloglucan endotransglycosylase juga terbentuk, sehingga dinding sel menjadi lebih elastis. Pembentukan aerenchyma bukan merupakan pengaruh langsung dari kekurangan oksigen, tetapi dipacu oleh tahap 1 dan 2, serta adanya akumulasi hormon etilen.

Tingkat toleransi tanaman terhadap kondisi kekurangan oksigen pada dasarnya berkaitan dengan kemampuan tanaman untuk mengatasi keberlangsungan tiga tahapan tersebut di atas. Tanaman yang biasa hidup di air pada umumnya mempunyai kemampuan untuk membentuk jaringan aerenchyma, sehingga oksigen di perakaran dapat disuplai dari bagian atas tanaman. Namun demikian, bila keseluruhan tanaman terendam maka tidak ada bagian tanaman yang dapat mensuplai oksigen. Dalam kondisi seperti ini ketahanan tanaman akan sangat tergantung pada kemampuan untuk tetap melangsungkan metabolisme tanaman dengan oksigen yang sangat rendah.

Dalam kaitan dengan mekanisme toleransi tersebut, Jackson (2002) menyebutkan bahwa tanaman mempunyai mekanisme penyampaian pesan (*signal*) jarak jauh antara akar dengan tajuk sedemikian rupa sehingga kerusakan permanen akibat kekurangan oksigen (tergenang) dapat diatasi. Proses-proses yang terkait adalah adanya pesan kimia dan hidrolik (*chemical and hydraulic signal*) yang kemudian menstimulasi terjadinya penutupan stomata di daun dan proses epinasti. Tanaman *Arabidopsis* mempunyai mekanisme untuk lebih mampu bertahan dalam kondisi oksigen yang sangat rendah bila sebelumnya diberi perlakuan oksigen yang relatif lebih tinggi (*hypoxic pretreatment*). Hal ini menunjukkan bahwa tanaman mempunyai daya adaptasi atau aklimatisasi dengan mempersiapkan diri terhadap kondisi oksigen yang lebih buruk.

Walaupun tanaman padi, khususnya pada bagian perakaran, mempunyai toleransi terhadap genangan tetapi bila kondisi air kurang menguntungkan sehingga seluruh bagian tanaman terendam maka pengaruh kekurangan oksigen juga dapat terjadi. Pada daerah rawa lebak, kondisi ini sangat mungkin terjadi pada masa persemaian, pembibitan atau awal pertumbuhan tanaman. Dennis *et al.*

(2000) menyebutkan bahwa enzim alkohol dehidrogenase (ADH) mempunyai peran yang sangat penting bagi benih padi untuk berkecambah dalam kondisi tergenang. Pada tanaman yang toleran, ternyata kandungan enzim ADH ini relatif lebih tinggi, sehingga lebih tahan terhadap genangan pada fase perkecambahan benih.

Untuk melihat perbedaan mekanisme toleransi tanaman padi terhadap genangan, Gibbs *et al.*, (2000) membandingkan dua varietas yang toleran (Calrose) dan tidak toleran (IR22). Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju pemanjangan koleoptil dan sintesis etanol lebih tinggi pada Calrose. Varietas Calrose juga menunjukkan tingkat enzim fosfofruktokinase, piruvat dekarboksilase dan alkohol dehidrogenase yang tinggi. Kandungan enzim yang tinggi ini sangat membantu tanaman tersebut untuk menghasilkan substrat yang banyak dalam proses fermentasi.

Aerenchyma merupakan jalur pengangkutan oksigen pada tanaman padi, sehingga memungkinkan pergerakan udara yang cepat dari tajuk ke akar. Akar tanaman padi, seperti halnya juga spesies tanaman air lainnya mengandung aerenchyma. Aerenchyma mempunyai kemampuan untuk memperlancar pergerakan oksigen dan gas-gas lainnya di dalam akar (Colmer, 2003). Selain dari itu, aerenchyma juga dapat berfungsi sebagai penyangga terhadap kehilangan oksigen radial (radial O₂ loss, ROL) pada zone basal akar. Fungsi ini secara sinergis dapat meningkatkan difusi O₂ pada bagian ujung akar sehingga merangsang pemanjangan akar menuju daerah anaerobik. Kemampuan ini sangat memberikan kontribusi positif ketahanan tanaman tersebut terhadap kondisi tergenang.

Gejala yang tampak pada tanaman yang terendam adalah adanya pemanjangan batang atau daun yang diikuti dengan menguningnya dedaunan yang lebih tua dan berlanjut dengan pertumbuhan yang lambat atau negative dari akar dan tajuk. Jackson (1990) mengemukakan adanya rentang taksonomik yang cukup luas terkait dengan kemampuan tanaman dalam proses pemanjangan tajuk akibat tergenang atau terendam. Proses ini sebenarnya merupakan suatu mekanisme untuk menghindarkan diri berlama-lama dari kondisi terendam, sehingga tajuk atau daun dapat lebih cepat menyentuh udara. Pada tanaman padi, koleoptil, daun dan batang memberikan respon pemanjangan secara lebih cepat dalam kondisi terendam. Tanaman padi memberikan respon pemanjangan batang akibat terendam, tetapi pemanjangan batang ini harus terkendali sehingga tanaman tidak roboh pada saat genangan berakhir.

BEBERAPA UPAYA MENGURANGI/MENGHINDARI PENGARUH KERUSAKAN TANAMAN AKIBAT TERENDAM

Dalam kondisi terendam, tanaman padi yang memiliki cadangan pati tinggi akan lebih mampu bertahan. Cadangan pati yang ada dalam tanaman harus terlebih dahulu dikonversi menjadi gula sederhana untuk bisa dimanfaatkan. Pada kecambah padi yang diberi perlakuan anoksia, banyak terdapat α -, β -amylase, α -glukosidase, debranching enzim, maltase untuk proses degradasi pati melalui glikolisis. Pada tanaman padi yang terendam: konsentrasi α -amylase dan pati phosphorilase meningkat.

Pasca terendam, tanaman padi mengalami kondisi normal secara mendadak, dan dapat menyebabkan kerusakan oksidatif akibat adanya kelompok O₂ reaktif seperti: O²⁻, H₂O₂ dan OH⁻. Kondisi ini menyebabkan terjadinya kerusakan membran seluler dan organel akibat adanya oksidasi asam pitat tak jenuh pada membran bilayer lipid, sehingga terjadi kebocoran membran yang berpengaruh terhadap proses respirasi mitokondria dan fiksasi karbon di kloroplas. Tanaman padi memiliki mekanisme untuk mengurangi pengaruh tersebut melalui aktivasi enzim antioksidatif (catalase (CAT), superoxide dismutase (SOD), ascorbate peroxidase (APX), monodehydroascorbate reductase (MDAR), dehydroascorbate reductase (DHAR), and glutathione reductase (GR).

Perlu adanya kerjasama antara ahli fisiologi dengan ahli pemuliaan melalui program pemuliaan mencari varietas yang toleran dengan memiliki karakter akumulasi karbohidrat tinggi pada bibit, tidak memberikan respon pemanjangan tajuk berlebihan pada saat terendam, mempunyai gen yang terlibat dalam fermentasi alkohol, pemahaman komponen genetika dan biokimia akan bermanfaat untuk mendapatkan kultivar yang memiliki karakter agronomi yang super. Untuk mendapatkan tanaman

yang memiliki karakter tersebut, perlu dilakukan upaya dengan mencari kultivar lokal yang berpotensi memiliki karakter tersebut melalui survei langsung ke petani dan melakukan proses skrining.

Disamping upaya pencarian varietas yang memiliki karakter toleran terhadap hal tersebut di atas, dalam konteks budidaya tanaman perlu dilakukan penelitian yang berupaya meningkatkan kemampuan tanaman dalam kondisi tergenang/terendam melalui berbagai teknik agronomi. Kegiatan ini diharapkan dapat meningkatkan vigor bibit pada saat akan ditanam di lapang. Oleh karena itu, proses pembibitan yang optimal sesuai dengan kondisi lahan rawa perlu dicari dan diteliti. Dalam kaitan dengan itu, Suwignyo (2003) menyebutkan bahwa vigor bibit padi dapat ditingkatkan melalui perlakuan khusus. Perlakuan dengan nitrogen dan phytohormone dapat mempercepat recovery bibit yang sebelumnya mengalami perlakuan perendaman (Suwignyo, 2005).

Dalam konteks budidaya tanaman, perlakuan khusus juga perlu dilakukan mengingat tingginya muka air di lahan rawa yang kadang-kadang tidak dapat diprediksi. Waluyo dan Supartha (1992) menyebutkan bahwa petani yang menanam varietas padi lokal melakukan pembibitan selama 50 – 90 hari sebelum dipindahkan ke tempat penanaman, namun demikian produksi padi di lahan rawa lebak optimal dengan satu kali pembibitan dan dengan periode bibit 35 – 50 hari (Waluyo *et al.*, 1992). Hasil penelitian Suwignyo *et al.* (1998) menunjukkan bahwa varietas padi memberikan respon yang berbeda terhadap perbedaan metode pembibitan tersebut. Varietas Si Putih menghasilkan pertumbuhan dan produksi tinggi melalui dua kali periode pembibitan, yaitu 21 hari pembibitan pertama dan 14 hari pembibitan kedua. Sedangkan galur B 5565 menunjukkan hasil yang lebih tinggi dengan sistem pembibitan tiga tahap dan periode pembibitan 50 hari setelah semai.

DAFTAR PUSTAKA

- Colmer, T.D. 2003. Aerenchyma and an inducible barrier to radial oxygen loss facilitate root aeration in upland, paddy and deep-water rice. *Annals of Botany* 91:301-309.
- Davies, D.D. 1980. Anaerobic metabolism and the production of organic acids. In: D.D. Davies (ed.) *The biochemistry of plants vol. 2*. Academic Press. New York.
- Dennis, ES, R. Dolferus, M. Ellis, M. Rahman, Y. Wu, F.U. Hoeren, A. Grover, K.P. Ismond, A.G. Good, and W.J. Peacock. 2000. Molecular strategies for improving waterlogging tolerance in plants. *J. Exp. Bot.* 51(342):89-97.
- Djafar, Z.R. 1992. Potensi lahan lebak untuk pencapaian dan pelestarian swasembada pangan. *Prosiding Seminar Nasional Pemanfaatan Lahan rawa untuk Pencapaian dan Pelestarian Swasembada Pangan*. Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya.
- Fox, G.G., N.R. McCallan and R.G. Ratcliffe. 1995. Manipulating cytoplasmic pH under anoxia: a critical test of the role of pH in the switch from aerobic to anaerobic metabolism. *Planta* 195:324-330.
- Germain, V, P. Raymond, B. Ricard. 1997. Differential expression of two lactate dehydrogenase genes response to oxygen deficit. *Plant Molecular Biology* 35:711-721.
- Gibbs, J., S. Morrell, A. Valdez, T.L. Setter and H. Greenway. 2000. Regulation of alcoholic fermentation in coleoptiles of two rice cultivars differing in tolerance to anoxia. *J. Exp. Bot.* 51(345):785-796.
- Ismail, I.G., T. Alihansyah, IPG Widjaya-Adhi, Suwarno, T. Herawati, R. Thahir, dan D.E. Sianturi. 1993. *Sewindu penelitian rawa: kontribusi dan prospek pengembangan*. Proyek penelitian lahan rawa pasang surut. Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian.
- Jackson, M.B. 1990. Hormones and developmental change in plants subjected to submergence or soil waterlogging. *Aquatic Botany* 38:49-72.
- Jackson, M.B. 2002. Long-distance signalling from roots to shoots assessed: the flooding story. *J. Exp. Bot.* 53(367):175-181.
- Jackson, M.B., and P.C. Ram. 2003. Physiological and molecular basis of susceptibility and tolerance of rice plants to complete submergence. *Annals of Botany* 91:227-241.
- Koswara, O. and F. Rumawas. 1984. Tidal swamp rice in Palembang region. *Workshop on Research Priorities in Tidal Swamp Rice*. IRRI, Los Banos.

- Suwignyo, R.A., Marsi dan D. Saputra. 1993. Pengembangan pertanian terpadu rawa lebak di Propinsi Sumatera Selatan. Makalah disampaikan pada pertemuan antara Dewan Riset Nasional dengan Sivitas Akademika Universitas Sriwijaya. Gedung Seminar Unsri, Palembang 13 Juli 1993.
- Suwignyo, R.A. 1995. Potensi, kendala dan kepekaan dari keragaman sumberdaya hayati di lahan rawa Sumatera Selatan. Makalah disampaikan pada seminar Dies Unsri ke-35 dengan tema: "Membaca kemampuan, kendala dan kepekaan lahan basah sebagai tumpuan pembangunan masa depan Sumatera Selatan". Palembang 25 September 1995.
- Suwignyo, R. A., Z. A. Samboe, Dewi F. R. Sihotang dan Waluyo. 1998. Respon beberapa varietas padi terhadap beberapa tahapan fase pembibitan pada lahan rawa lebak. *Jurnal Tanaman Tropika* 1(1): 15 - 22.
- Suwignyo, R.A. 2003. Rice seedling recovery performance from flooding with special treatments prior to transplanting. Association of International Education of Japan (AIEJ) Follow-up Research Fellowship Report, Mie University Tsu City Japan.
- Suwignyo, R.A. 2005. Pernercepatan Pertumbuhan Kembali Bibit Padi Pasca Terendam setelah Mendapat Perlakuan "*Plant Phyto regulator*" dan Nitrogen. *Jurnal Tanaman Tropika* 8(2) Oktober 2005.
- Tim Fakultas Pertanian IPB. 1992. Pengembangan terpadu kawasan rawa pasang surut Indonesia. Fakultas Pertanian IPB Bogor.
- Widjaya-Adhi, IPG, K. Nugroho, Didi Ardi S., dan A.S. Karama. 1992. Sumber daya lahan rawa: potensi, keterbatasan dan pemanfaatan. Risalah pertemuan nasional pengembangan pertanian lahan pasang surut dan lebak. Puslitbangtan Departemen Pertanian.
- Waluyo dan I.W. Supartha. 1992. Uji daya hasil padi rawa lebak. Laporan hasil penelitian proyek Swamps II 1991/1992. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Waluyo, I.W. Supartha, dan Adiba. 1992. Pengaruh umur dan jumlah bibit terhadap hasil dan pertumbuhan beberapa varietas padi rawa lebak. Laporan hasil penelitian proyek Swamps II 1991/1992. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.