PENINGKATAN PRODUKSI PADI PADA LAHAN SAWAH TADAH HUJAN: UPAYA MENGATASI STRES TERENDAM

The Improvement of Rice Production on Rainfed Lowland:
The Attempt to Overcome Submergence Stress

Danner Sagala¹

¹Fakultas Pertanian Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH, Bengkulu

ABSTRACT

Most farmers start planting rice at the beginning of the rainy season, because the rice ecosystem consists of a rainfed lowland cultivation that fully depends on rainfall for water supply. Therefore, young rice seedlings often experience submergence stress. Carbon assimilation during submergence will be affected by several factors such as CO₂ supply, solar irradiance, and underwater photosynthetic capacity, which is impaired by chlorosis. Poor plant growth and survival during submergence or waterlogging is often considered a consequence of the decreased diffusion of gases which affects plant growth and metabolism. Reduced O₂ supply limits respiration, reduced CO₂ supply limits photosynthesis and reduced ethylene diffusion away from the plant triggers chlorosis and excessive elongation of leaves of intolerant cultivars. This paper resumed the physiology of submergence tolerance and many researches that attempt to overcome submergence stress on rice. Submergence tolerance is a metabolic adaptation in response to anaerobiosis that enables cells to maintain their integrity so that the plant survives hypoxia without major damages.

Keywords: Submergence, stress, rice, production.

PENDAHULUAN

Di Indonesia, kebanyakan petani, khususnya petani sawah tadah hujan, menanam padi pada awal musim hujan, karena suplai air untuk sawah tadah hujan sangat tergantung pada air hujan. Oleh karena itu bibit padi yang masih muda sering terendam.

Banjir atau rendaman mempengaruhi 30 juta ha lahan sawah tadah hujan di Asia selatan dan Asia Tenggara (Sarkar, *et al.*, 2003). Menurut data Depkominfo (2008), luas areal tanaman padi di Indonesia yang terkena banjir pada musim hujan tahun 2007 hingga bulan Januari 2008 ini di wilayah sentra produksi mencapai 157.651 ha, sedang yang terkena puso mencapai 59.211 ha.

Padi sawah tadah hujan terdapat sekitar 59 juta ha atau 44% dari luas total pertanian

padi Asia. Hasil rata-rata padi sawah tadah hujan masih rendah yaitu 2,1 ton/ha. Rendahnya hasil tersebut disebabkan oleh ketidakpastian ketersediaan air, rendahnya kesuburan tanah, serangan organisme pengganggu tanaman (OPT) dan lain-lain. Serangan OPT, cekaman hara, kekeringan, banjir dan interaksinya dapat terjadi secara simultan pada ekosistem sawah tadah hujan (Boling, 2007). Diantara beberapa cekaman lingkungan baik itu cekaman biotik maupun cekaman abiotik, yang mempengaruhi produksi tanaman padi, rendaman merupakan pembatas produktifitas utama ketiga karena bahkan dapat menyebabkan kehilangan hasil (Kawano, *et al.*, 2008). Untuk meningkatkan produksi padi pada lahan sawah maka perlu pengkajian setiap faktor penghambat tersebut

dimana salah satunya adalah masalah rendaman.

Tanaman yang terendam dapat mengalami penurunan pertumbuhan, penurunan pertambahan anakan dan berat kering. Ito *et al.* (1999) dan Kawano *et al.* (2002) menyebutkan bahwa pengaruh negatif terendam terhadap tanaman terjadi akibat kerusakan mekanis pada daun, berkurangnya cahaya, terbatasnya difusi gas, keluarnya larutan dari jaringan tanaman, peningkatan kerentanan tanaman terhadap hama dan penyakit. Pada saat tanaman terendam air, suplai oksigen dan karbondioksida menjadi berkurang sehingga mengganggu proses fotosintesis dan respirasi. Bila tanaman terendam lebih dari 4 hari, lama kelamaan akan mati (Litbang Deptan, 2007).

Menurut Jackson (2003), tanaman padi akan mengalami kerusakan yang parah apabila terendam selama beberapa hari. Rendaman akan memberi pengaruh yang serius dan bertentangan dengan kepercayaan para ahli biologi yang telah menyebar bahwa tanaman padi sangat toleran terhadap rendaman.

Oleh karena itu banyak penelitian yang telah dilakukan untuk meningkatkan toleransi tanaman padi terhadap stress lingkungan terendam. Penelitian-penelitian tersebut beragam mulai dari bidang pemuliaan, bidang ekofisiologi maupun molekuler sel tanaman terendam.

FISIOLOGI TOLERANSI RENDAMAN

Ada dua perubahan lingkungan yang terjadi saat rendaman, yaitu aerobik ke anaerobik dan sebaliknya dari anaerobik ke aerobik setelah air berkurang. Faktor kunci untuk adaptasi dari aerobik ke anaerobik adalah suplai energi. Asimilasi karbon selama terendam akan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suplai CO₂, radiasi matahari, kapasitas fotosintesis di bawah permukaan air yang dilemahkan oleh

klorosis. Efisiensi penggunaan energi selama rendaman juga penting untuk adaptasi pada lingkungan anaerob (Kawano *et al.*, 2008).

Menurut Sarkar *et al.*, (2006) mengatakan bahwa toleransi rendaman merupakan adaptasi tanaman dalam merespon proses anaerob yang memungkinkan sel untuk mengatur atau memelihara keutuhannya sehingga tanaman mampu bertahan hidup dalam kondisi hipoksia tanpa kerusakan yang berarti. Sebuah evaluasi terhadap padi yang toleran dan tidak toleran menunjukkan bahwa bibit padi yang toleran memiliki 30–50% cadangan karbohidrat non struktural dibandingkan kultivar rentan. Karbohidrat ini dimanfaatkan selama terendam untuk mensuplai energi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan mengatur metabolisme.

Regenerasi yang cepat setelah terendam merupakan suatu sifat yang diinginkan pada kondisi rendaman yang berulang-ulang atau lama, karena hal itu menjamin pemulihan yang cepat dan produksi biomas yang cukup untuk produktifitas yang optimum.

Daun-daun tua akan mati setelah terendam, khususnya apabila air rendaman keruh atau apabila rendaman lama. Inisiasi daun-daun baru dan pertumbuhan berikutnya membutuhkan ketersediaan karbohidrat non struktural.

Kultivar-kultivar yang mempertahankan lebih dari 6% karbohidrat non struktural awalnya pada waktu air berkurang, mampu mengembangkan daun-daun baru lebih cepat. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa status karbohidrat yang tinggi setelah terendam, yang merupakan selisih kadar sebelum terendam dengan yang digunakan selama terendam, merupakan faktor kunci yang menentukan kemampuan tanaman bertahan dalam cekaman rendaman.

selama
si pada
).

takan
upakan
proses
untuk
annya
hidup
n yang
i yang
bahwa
0-50%
uktural
rat ini
untuk
untuk
e.

endam
n pada
g atau
n yang
untuk
endam,
h atau
n-daun
kutnya
at non

n lebih
walnya
nampu
cepat.
bahwa
setelah
kadar
unakan
kunci
naman

Rendaman penuh mempercepat degradasi kandungan klorofil pada tanaman padi yang rentan dibandingkan dengan yang toleran. Sebuah perbandingan antara kandungan klorofil dan parameter fluoressen klorofil menunjukkan bahwa fluoressen klorofil lebih sensitif terhadap rendaman. Dengan mengukur fluoressen klorofil, beberapa parameter penting dapat dikuantitatifkan yang dapat membedakan dengan jelas antara kultivar yang rentan dan toleran selama 4 – 6 hari rendaman, dimana kultivar rentan tidak menunjukkan tanda-tanda kematian

Tanaman padi yang membatasi pemanjangan selama terendam sering menunjukkan toleransi terhadap rendaman penuh. Beberapa peneliti menyimpulkan bahwa respons ideal terhadap rendaman adalah mampu bertahan di bawah air dan memiliki kemampuan pemanjangan. Tipe ini hanya cocok jika tinggi air meningkat dan kemudian bertahan, menurun sebagian dan akhirnya berkurang, namun meningkat lagi dan bertahan untuk waktu yang lama. Namun mengurangi pemanjangan pada kondisi terendam (1-2 minggu) vital untuk bertahan hidup sebab pemanjangan tanaman cenderung rebah setelah air berkurang. Selanjutnya, dasar pemikiran untuk mengelompokkan sebuah genotipe yang membatasi pemanjangan selama rendaman sebagai genotipe toleran adalah genotipe ini menggunakan sedikit karbohidrat yang tersedia untuk pemanjangan, sehingga cukup banyak yang dapat digunakan untuk bertahan selama rendaman dan pemulihan setelah air rendaman berkurang.

Penelitian yang melibatkan manipulasi pemanjangan pada kondisi terendam juga menunjukkan pengaruh yang menguntungkan dari penekanan pemanjangan selama terendam. Misalnya, pemberian GA pada tanaman 48 jam sebelum terendam mengakibatkan pemanjangan yang lebih aktif sehingga menurunkan kemampuan bertahan hidup. Sebaliknya, ketika penghambat biosintesis GA, paklobutrazol diberikan,

pemanjangan tunas pada kondisi terendam ditekan sehingga persentase hidup tinggi. Selanjutnya mutan kerdil yang sedikit bahkan tidak memiliki kemampuan untuk biosintesis GA menunjukkan toleransi rendaman yang sama dengan kultivar toleran FR 13A.

Pemberian penghambat biosintesis etilen, 1-metil siklopropana menurunkan pertumbuhan pemanjangan dan mampu bertahan hidup. Tanaman juga mempertahankan kadar karbohidrat yang lebih tinggi dan persentase bertahan hidup meningkat. Menurut Kawano (2002) Etilen yang terakumulasi selama terendam mempengaruhi (membahayakan) mekanisme antioksidan pada kultivar rentan, khususnya pasca rendaman. Etilen juga secara langsung mempengaruhi degradasi klorofil. Karena itu manipulasi bioteknologi yang bertujuan untuk menurunkan biosintesis GA atau Etilen bisa menjadi suatu pendekatan untuk mengembangkan kultivar toleran rendaman dengan produksi tinggi.

Sintesis protein sangat dipengaruhi (membahayakan) selama terendam. Namun protein-protein anaerobik tertentu, banyak diantaranya menjadi enzim-enzim metabolisme karbohidrat, diinduksi selama terendam. Beberapa enzim yang aktif, khususnya yang berhubungan dengan metabolisme energi, aktifitasnya meningkat karena efisiensi pemanfaatan cadangan karbohidrat penting untuk bertahan hidup pada cekaman rendaman.

UPAYA MENGATASI STRES RENDAMAN

a. Varietas Baru

Padi umumnya memang tahan dalam rendaman air, namun bila terlalu lama maka tanaman akan mati. Pada saat tanaman terendam air, suplai oksigen dan karbondioksida menjadi berkurang sehingga mengganggu proses fotosintesis dan respirasi. Bila tanaman terendam lebih dari 4 hari, lama kelamaan akan mati. Sekelompok peneliti dari

IRRI dan Universitas California, Davis telah berhasil mengidentifikasi gen padi yang menyebabkan tanaman padi mampu bertahan dalam rendaman air. Penemuan ini sangat penting bagi pengembangan varietas baru padi yang tahan banjir. Dilaporkan bahwa keberhasilan penelitian tersebut berkat pemanfaatan biologi molekuler.

Melalui teknik pemetaan gen, Tim mengidentifikasi adanya suatu klaster yang terdiri dari 3 gen yang berhubungan erat dengan proses biologi yang menyebabkan padi rentan terhadap banjir atau memungkinkan tanaman dapat bertahan dalam rendaman air. Penelitian kemudian lebih difokuskan pada salah satu dari gen tersebut yang dikenal sebagai gen Sub 1A. Keberadaan gen Sub 1A bila dalam kondisi berlebih atau hiperaktif menyebabkan tanaman padi menjadi tahan dalam rendaman air. Lebih jauh lagi ditemukan bahwa ternyata gen tersebut mempengaruhi respon tanaman terhadap hormon seperti etilen dan asam gibberelik yang berperan besar menyebabkan tanaman mampu bertahan dalam air.

Hasil penemuan ini telah diujicobakan di India. Hasilnya, tanaman padi tidak hanya toleran terhadap rendaman air namun juga memberikan hasil yang tinggi. Laos dan Bangladesh juga telah mencoba pengembangan varietas baru ini.

Dilaporkan bahwa penemuan tersebut memberikan harapan untuk meningkatkan ketersediaan pangan terutama bagi penduduk miskin di negara berkembang (Litbang Deptan, 2007).

Sarkar, *et al.* (2003) menguji Sembilan kultivar padi lokal dan hasil pengembangan dengan dua kultivar kontrol yang masing-masing adalah kultivar toleran rendaman (FR 13A) dengan kultivar rentan (IR 42). Hasil penelitian yang dilakukan menyimpulkan bahwa CR2003-13 and CR2006-7 dapat membantu peningkatan dan stabilitas produksi padi lahan sawah tadah

hujan. Kedua kultivar ini merupakan hasil persilangan yang salah satu induknya adalah IR53508-B2-4-1-3-3 yang mewarisi sifat toleran rendaman dari FR 13A melalui BKNFR76106-16-0-1.

b. Aplikasi KHCO_3 dan AgNO_3

Krishnan (1999) melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh pemberian kalium bikarbonat (KHCO_3) terhadap kemampuan bertahan hidup dan pertumbuhan kultivar toleran (IR 13A) dan kultivar rentan (IR 42). Kalium bikarbonat, yang diberikan dalam dosis yang beragam dengan tujuan untuk meningkatkan konsentrasi CO_2 di lahan yang terendam, meningkatkan konsentrasi oksigen lahan terendam.

Pemberian KHCO_3 , bahkan pada konsentrasi yang sangat rendah $0,01 \text{ mol m}^{-3}$ meningkatkan kemampuan bertahan hidup kultivar rentan hingga 69%, dan pada konsentrasi 0,1, 0,5, dan 1 mol m^{-3} mampu bertahan hingga diatas 85%. Selain itu, berat kering dan kadar klorofil kedua kultivar meningkat dengan pemberian kalium bikarbonat.

Kawano *et al.* (2002) melakukan penelitian mengenai pengaruh produksi etilen selama rendaman terhadap kandungan antioksidan dan kerusakan oksidatif pasca rendaman. Ketika padi digenangi selama 8 hari, kultivar toleran (BKNFR) dan kultivar rentan (Mahsuri dan IR 42) menunjukkan suatu penurunan konsentrasi askorbat. Setelah 3 hari pasca terendam, kultivar toleran menunjukkan suatu pemulihan yang cepat terhadap kadar askorbat dan asam askorbik, sedangkan kultivar rentan menunjukkan pemulihan yang lambat, pembentukan malondialdehid yang meningkat dan persentase yang bertahan hidup rendah (30%). Namun pemberian 200 mg l^{-1} AgNO_3 yang bersifat antagonis terhadap etilen ke kultivar rentan mampu menekan penurunan askorbat dan menekan

akan hasil
nya adalah
ifat toleran
R76106-16-

itian untuk
an kalium
emampuan
an kultivar
an (IR 42).
dalam dosis
an untuk
lahan yang
asi oksigen

konsentrasi
eningkatkan
ivar rentan
0,1, 0,5, dan
diatas 85%.
profil kedua
rian kalium

penelitian
len selama
antioksidan
rendaman.
ari, kultivar
n (Mahsuri
penurunan
hari pasca
ukkan suatu
lar askorbat
tivar rentan
g lambat,
a yang
g bertahan
rian 200 mg
s terhadap
u menekan
menekan

pembentukan malondialdehida yang meningkat pasca terendam serta meningkatkan persentase yang bertahan hidup hingga rata-rata 60%. Pemberian asam askorbat ke IR 42 yang terendam dapat menekan pembentukan malondialdehida dengan inkubasi di bawah sinar selama 24 jam. Ada korelasi negatif antara pembentukan malondialdehida dengan konsentrasi askorbat dan persentase bertahan hidup.

Penelitian yang dilakukan menyimpulkan bahwa akumulasi etilen selama terendam memberi pengaruh yang sangat buruk terhadap mekanisme antioksidan pada kultivar rentan pasca terendam, dan asam askorbat merupakan antioksidan yang penting untuk pemulihan bibit padi.

c. Pertumbuhan dan Vigor Bibit yang Baik

Suwignyo (2005) melakukan penelitian fokus pada pemercepatan pertumbuhan pasca terendam sebagai upaya untuk pemulihan tanaman yang mengalami cekaman rendaman sehingga berproduksi tinggi. Penelitian dilakukan dengan dasar pemikiran bahwa toleransi tanaman padi terhadap kondisi terendam, dapat ditingkatkan melalui pemanfaatan metode agronomis yang menghasilkan pertumbuhan tanaman yang baik dan vigor awal yang tinggi sebelum terjadinya rendaman. Melalui metode tersebut, tanaman akan mengalami kerusakan yang lebih kecil selama terjadinya rendaman.

Ehara *et al.* (1992) dalam Suwignyo (2005) menyebutkan bahwa dengan pemupukan nitrogen awal yang tepat akan meningkatkan vigor yang baik sehingga tanaman menjadi lebih toleran terhadap rendaman.

Penelitian yang dilakukan menyimpulkan bahwa salah satu cara untuk perbaikan budidaya tanaman di lahan rawa, disarankan untuk menggenangi bibit padi dengan larutan nitrogen 2.300 ppm selama 24 jam sebelum bibit dipindahkan. Dengan perlakuan ini akan

diperoleh bibit tanaman padi yang memiliki pertumbuhan yang baik dan vigor yang tinggi sehingga apabila mengalami cekaman rendaman, tanaman ini akan mampu bertahan.

PENUTUP

Sebagian besar penduduk dunia khususnya Indonesia hidup dengan nasi (beras) sebagai makan pokoknya. Peningkatan produksi tanaman padi tentu merupakan hal yang perlu diperhatikan sebab pertumbuhan penduduk dunia setiap tahun meningkat tajam sedangkan permasalahan-permasalahan dalam produksi padi selalu bertambah. Akhir-akhir ini permasalahan global warming menjadi suatu isu yang mengancam kehidupan termasuk mempengaruhi pola produksi pertanian.

Salah satu permasalahan yang sangat penting dalam produksi padi adalah cekaman rendaman yang dapat mengganggu bahkan mengakibatkan puso. Oleh karena itu beberapa penelitian telah dilakukan, sedikit diantaranya diuraikan dalam paper ini, untuk mengatasi dan memenuhi kebutuhan akan beras.

Karena toleransi rendaman pada padi yang toleran merupakan adaptasi yang kompleks dan pengetahuan mengenai dasar fisiologi dan molekuler masih perlu penjelasan, belum ada perkembangan yang signifikan mengenai kultivar pada ekosistem ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Boling, A.A. 2007. *Yield Constraint Analysis of Rainfed Lowland Rice in Southeast Asia*. Ph.D Thesis. Wageningen University. Netherland.
- Depkominfo. 2008. *Kebutuhan Pangan Nasional*. www.indonesia.go.id didownload pada 12 Oktober 2008.
- Ehara, H., M. Tsuchiya, H. Naito, and T. Ogo. 1992. Effect of the Nitrogen Treatment

- Prior to Transplanting on the Growth and Yield in Rice. *Japanese Journal of Crops Science*. 61(1):1-9.
- Litbang Deptan. 2007. *IRRI Temukan Varietas Padi Tahan Banjir*.
<http://www.litbang.deptan.go.id>
didownload pada tanggal 6 Oktober 2008.
- Ito, O., E. Ella, N. Kawano. 1999. Physiological Basis of Submergence Tolerance in Rain fed Lowland Rice Ecosystem. *Field Crops Research*. 64:75-90.
- Jackson, M.B. 2003. Physiological and Molecular Basis of Susceptibility and Tolerance of Rice Plants to Complete Submergence. *Annals of Botany*. 91(2):227-241.
- Kawano, N., E. Ella, O. Ito, Y. Yamauchi, K. Tanaka. 2002. Metabolic Changes in Rice Seedlings with Different Submergence Tolerance after desubmergence. *Environmental and Experimental Botany*. 47: 195-203.
- Kawano, N., O. Ito, J. Sakagami. 2008. Flash Flooding Resistance of Rice *Oryza sativa* L. and *O. glaberrima* Steud., and Interspecific hybridization progeny. *Environmental and Experimental Botany*. 63(1-3): 9-18
- Kawano, N., O. Ito, J. Sakagami 2008. Relationship Between Shoot Elongation and Dry Matter Weight During Submergence in *Oryza sativa* L. and *O. glaberrima* Steud. Rice Cultivar. *Plant Prod. Sci.* 11(3): 316-323.
- Krishnan, P and R. Krishnayya. 1999. Survive of Rice During Complete Submergence: Effect of Potassium Bicarbonate Application. *Aust. J. Plant Physiol.* 26: 793 – 800.
- Sarkar, R.K., J.N. Reddy, B.C.Marndi, and S.S.C. Patnaik. 2003. *New Rice Cultivars Tolerant of Complete submergence*. IRRN.
- Sarkar, R.K., J.N. Reddy, S.G. Sharma and A.M. Ismail. 2006. Physiological Basis of Submergence Tolerant in Rice and Implications on Crop Development. *Current Science*. 91: 899 – 906.
- Suwignyo, R.A. 2005. Pernercepatan Pertumbuhan Kembali Bibit Padi Pasca Terendam Setelah Mendapat Perlakuan "Plant Phyto regulator" dan Nitrogen. *Jurnal Tanaman Tropika* 8(2):45-52.