

## Mekanisme Adaptasi Tanaman Padi pada Kondisi Cekaman Kekeringan dan Upaya Mengatasi Kegagalan Panen (Review)

GEDE MENAKA ADNYANA, I MADE SUKEWIJAYA,  
DAN NI NYOMAN ARI MAYADEWI

Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Udayana  
Jl. P. B. Sudirman, Denpasar, Bali 80232  
E-mail: [adnyanamenaka@yahoo.com](mailto:adnyanamenaka@yahoo.com)

### ABSTRACTS

#### Mechanism of Rice Adaptation at Drought Stress Conditions and Effort to Prevent Crop Failure

Harvest losses of rice caused by drought is about 15-20% every year, so it needs rice varieties that can adapt to the conditions referred to in order to harvest losses can be reduced. To get the rice varieties that can adapt to environmental conditions such as drought, then the required information in advance about the properties owned by the rice plant varieties capable of responding to drought conditions. This paper is organized with the aim to study the mechanisms of adaptation of plant varieties of rice in drought stress conditions. Adaptation mechanisms are grouped into two main groups namely, anatomy morphological adaptation mechanism and physiology biochemical mechanisms of metabolic adaptation. Morphological adaptation mechanisms include anatomic distribution properties and root growth, maintain plant water potential, canopy temperature, the leaves curl and abort. Biochemical adaptation mechanisms include metabolic physiology traits ability to synthesize secondary metabolites such as ethylene and abscisic acid, osmotic adjustments such as increasing accumulation of sugars, amino acids and proline. Furthermore, to prevent crop failure takes effort to implement cultivation techniques schedules and cropping patterns, planting drought-resistant varieties, and the addition of organic matter.

---

**Key words:** *Adaptation mechanisms, drought stress, metabolites secunder*

#### PENDAHULUAN

Padi merupakan bahan makanan pokok bagi sebagian penduduk dunia terutama Asia, Afrika, dan Amerika Selatan. Permasalahan yang dihadapi penduduk dunia secara umum adalah masalah ketahanan pangan akibat pertumbuhan penduduknya yang pesat, sebaliknya kemampuan menghasilkan varietas padi hasil tinggi membutuhkan waktu yang lama. Selain itu, memperluas pelayanan irigasi seperti membangun sarana dan prasarana irigasi menemui banyak kendala misalkan adanya isu-isu lingkungan, pendanaan dan keterbatasan teknis wilayah.

Informasi tentang produksi padi yang dihasilkan sawah irigasi dan tadah hujan berturut-turut adalah 4-5 ton/ha, dengan jumlah panen 2-2,5 kali setahun dan tadah hujan 1,5-2 ton/ha, dengan jumlah panen 1-1,5 kali setahun di Indonesia (Pasandaran, 2006), 6 ton/ha dan 2 ton/ha di Iran (Sarvestani *et al.*, 2008), 5-6 ton/ha dan 1,5-2 ton di Thailand (Jongdee *et al.*, 2006).

Lingkungan pada lahan sawah irigasi lebih optimum dibandingkan lahan tadah hujan, khususnya ketersediaan air pada musim kemarau. Walaupun demikian, kehandalan jaringan irigasi yang dikembangkan untuk menyediakan air pada

tanaman padi belum optimum, karena sarana irigasi yang dikembangkan sebagian besar merupakan penyaluran sungai tanpa bangunan penyimpanan air (waduk). Oleh karena itu, air yang mampu dialirkan ke areal sawah sangat ditentukan oleh debit aliran sungai. Sementara, debit aliran air sungai ditentukan oleh musim. Kenyataannya, pada musim kemarau, sungai-sungai lebih banyak tidak mampu mensuplai air ke jaringan irigasi. Akibatnya, tanaman yang diusahakan mengalami kekeringan, dan bahkan mengalami kegagalan panen. Informasi tentang kerugian panen padi akibat kekeringan setiap tahun diperkirakan mencapai 15-20% (Jongdee *et al.*, 2006; Sarvestani *et al.*, 2008). Oleh karena itu, untuk menghadapi tantangan kebutuhan pangan, khususnya beras, para ahli pemuliaan tanaman tertarik untuk mengembangkan varietas-varietas padi toleran kekeringan dengan alasan ketersediaan lahan-lahan berupa lahan sawah tadah hujan yang luasnya lebih potensial dibandingkan dengan lahan sawah irigasi.

Mendapatkan varietas tanaman dimaksud melalui pendekatan pemuliaan memang tidak mudah, tetapi juga bukan tidak mungkin. Dibutuhkan pemahaman yang komprehensif mengenai karakter lingkungan abiotik seperti iklim dan kondisi lahan, biotik seperti hama, penyakit dan gulma serta interaksinya dengan tanaman. Selanjutnya, diidentifikasi tipe-tipe kekeringan, pemahaman terhadap mekanisme adaptasi tanaman, pemahaman terhadap gen-gen yang mewariskan sifat-sifat ketahanan serta aspek-aspek pengelolaan lingkungan, sehingga terjadi titik temu antara varietas yang tersedia dengan karakter fisik lingkungan untuk menekan kehilangan hasil (Ishitani, 2004).

Penampilan tanaman dalam bentuk pertumbuhan dan produksi secara umum ditentukan oleh faktor genetik dan faktor lingkungan. Faktor genetik adalah karakter atau sifat yang dapat diturunkan dan diekspresikan dalam bentuk penampakan seperti sifat tahan

terhadap lingkungan kering, serangan hama dan penyakit, dan hasil tinggi (Jenks *et al.*, 2007; Ganapathy dan Gansah, 2008). Faktor lingkungan, sebagai faktor tumbuh menyediakan bahan-bahan untuk asimilasi tanaman seperti energi matahari, gas CO<sub>2</sub>, hara dan air (Marschner, 1997; Decoteau, 2005). Secara alami, ketersediaan faktor-faktor tumbuh ini biasanya tidak optimum dan bahkan ekstrim. Dengan demikian, untuk tetap dapat bertahan hidup, tanaman memberikan respons adaptasi dalam berbagai mekanisme seperti penghindaran berupa perubahan struktur anatomi-morfologi maupun perubahan arah metabolisme-biokimia (Fitter dan Hay, 2002; Lutge, 2008; Mostajeran dan Eichi, 2009; Gomes *et al.*, 2010).

Pada lingkungan tumbuh sub optimum, pertumbuhan tanaman mengalami tekanan (*stress*), tanaman merespons kondisi lingkungan dengan melakukan perubahan anatomi-morfologi mencakup perubahan dinding sel, ukuran organ, perubahan arah pertumbuhan, termasuk menggugurkan daun maupun memperpendek siklus hidup (Marschner, 1997; Schulze *et al.*, 2005). Selanjutnya, perubahan fisiologi-biokimia mencakup diproduksinya senyawa-senyawa metabolit sekunder seperti asam absisat dan etilen dan senyawa-senyawa lain yang berfungsi menjaga gradien potensial air sel tanaman (Marschner, 1997). Dengan demikian, air dan hara dapat diserap akar dan tanaman tetap dapat bertahan hidup. Dalam kondisi demikian, tanaman melakukan efisiensi fotosintesis, merubah arah pertumbuhan seperti mengurangi pertumbuhan daun dan merangsang pertumbuhan akar. Secara umum, akibatnya hasil panen cenderung rendah. Untuk memperbaiki kondisi demikian, dibutuhkan bantuan campur tangan manusia dalam bentuk praktek budidaya, sehingga kondisi lingkungan menjadi sesuai untuk pertumbuhan tanaman atau dihasilkannya varietas-varietas adaptif. Berdasarkan gambaran permasalahan demikian, dibutuhkan pendekatan ekofisiologi dalam upaya

menjaga produktivitas tanaman padi pada kondisi lingkungan sub optimal, sehingga kegagalan panen dapat dihindari.

Tulisan disusun untuk mempelajari kemampuan tanaman padi beradaptasi dalam kondisi cekaman kekeringan, serta didapatkan informasi mengenai sifat-sifat morfologi-anatomi dan fisiologi-biokimia yang berperan dalam proses adaptasi tanaman terhadap lingkungan kekeringan. Informasi yang diperoleh digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam pengembangan teknik budidaya serta pengembangan pemuliaan tanaman padi sehingga dicapai tingkat efisiensi penggunaan sumberdaya alam yang tersedia.

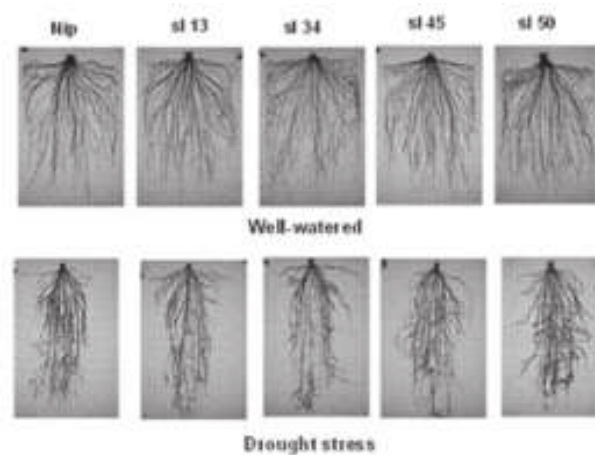
## PEMBAHASAN

Secara umum, terdapat dua jenis lahan yang biasa untuk budidaya padi yaitu sawah irigasi dan tadah hujan, baik di dataran rendah maupun dataran tinggi. Saat ini, lahan sawah irigasi menjadi pusat produksi padi karena berbagai input yang diberikan ke dalam sistem produksi mampu diekspresikan dalam bentuk hasil potensialnya. Produktivitas hasil padi pada lahan irigasi berkisar antara 4-6 ton/ha (Jongdee *et al.*, 2006; Pasandaran, 2006; Sarvestani, 2008). Sebaliknya, pada lahan tadah hujan tanaman padi yang dibudidayakan sering mengalami kekeringan oleh karena sumber air hanya mengandalkan curah hujan.

Hubungan antara status air tanah dengan ketersediaan air tanaman adalah berada antara kapasitas lapang hingga titik layu. Nilai potensial air ( $\phi_w$ ) pada kondisi kapasitas lapang adalah -0,5 MPa dan titik layu adalah -1,5 MPa (Gomes *et al.*, 2010). Semakin rendah kandungan air di dalam tanah, semakin negatif nilai potensial airnya, atau semakin besar energi yang dibutuhkan tanaman untuk menyerap molekul air. Oleh karena itu, mulai  $\phi_w$  -1,5 MPa, tanaman telah mengalami cekaman kekeringan.

Sifat-sifat ketahanan tanaman padi terhadap lingkungan kekeringan dijelaskan bahwa terdapat

sifat-sifat seperti kedalaman perakaran, ketebalan akar, percabangan dan distribusi perakaran-disebut sifat ketahanan primer. Selanjutnya, kemampuan tanaman mempertahankan status kandungan air tanaman, temperatur kanopi, daun-daun menggulung dan pengguguran dan akibatnya terhadap kesuburan malai-disebut sifat ketahanan sekunder (Kamoshita *et al.*, 2008; Sikuku, *et al.*, 2010). Dijelaskan lebih lanjut, bahwa varietas umur genjah dengan daya hasil sedang mampu beradaptasi pada lingkungan kekeringan karena selama proses pengurangan kandungan air tanah, tanaman padi beradaptasi dengan meningkatkan efisiensi fotosintesis untuk pertumbuhan akar, mempertahankan status air tanaman, melanjutkan pertumbuhan vegetatif dan generatif dalam waktu yang singkat dan menyelesaikan siklus hidupnya secepat mungkin untuk menghindari kekeringan yang lebih intensif (*avoidance mechanism*). Hasil-hasil penelitian yang dilakukan di Afrika, menunjukkan bahwa kehilangan hasil padi yang paling rendah yaitu Nerica 11 (padi Afrika varietas baru), memiliki sifat-sifat ketahanan yang diuraikan sebelumnya. Tampilan morfologi akar dan tajuk tanaman padi yang diberi air secara bagus dan yang distres ditampilkan berturut-turut pada Gambar 1 dan 2.



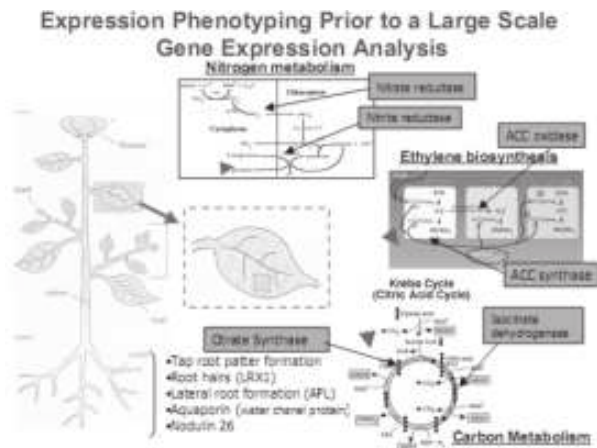
Gambar 1. Perbandingan perakaran tanaman padi yang berpengairan bagus (atas) dan mengalami stres kekeringan (bawah) (Sumber: Jaleel, *et al.*, 2009).



Gambar 2. Perbandingan morfologi tajuk tanaman padi yang berpengairan bagus (kiri) dan mengalami stres kekeringan (kanan) (Sumber: Jaleel, *et al.*, 2009).

Mekanisme adaptasi tanaman dalam menghadapi lingkungan sub optimum adalah melalui sintesis metabolit sekunder seperti etilen (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) dan asam absisat (ABA) (Marschner, 1997; Sculze *et al.*, 2005), serta melakukan penyesuaian osmotik dengan meningkatkan akumulasi gula, asam amino, proline dan senyawa lain (Mostajeran dan Eich, 2009; Gomes *et al.*, 2010). Fungsi etilen dalam jaringan adalah dalam mempercepat pematangan bunga, pematangan buah, pembentukan lapisan absisi tangkai daun dan pertumbuhan akar. Oleh karena itu, perannya dalam beradaptasi adalah membantu pertumbuhan perakaran dan percepatan pematangan (mempersingkat siklus hidup). Elastisitas perkembangan tanaman (fenologi) adalah salah satu sifat unggul dalam bertahan terhadap lingkungan sub optimum (Ishitani, 2004). Dijelaskan dalam sintesis etilen, bahwa bahan dasarnya adalah asam amino metionin (SAM), yang mengalami oksidasi menghasilkan senyawa aminosiklopropana karboksilat (ACC).

Selanjutnya oleh enzim ACC sintase dihasilkan gas etilen (Gambar 3). Gas etilen dihasilkan terutama pada organ reproduktif seperti bunga dan dapat ditranspor ke seluruh jaringan, baik melalui transpor silem maupun floem.



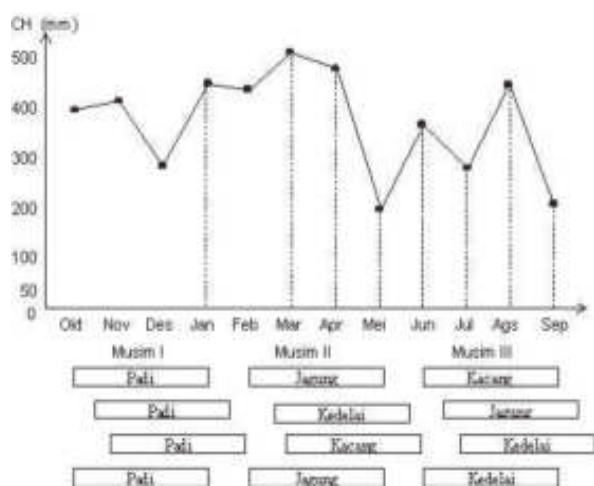
Gambar 3. Mekanisme adaptasi metabolisme-biokimia (Sumber: Ishitani, 2004).

Asam absisat (ABA) merupakan salah satu hormon pertumbuhan yang dihasilkan secara alami melalui lintasan metabolisme asam mevalonat (MVA) dan metabolisme metileritritol fosfat (MEP) (Sculze *et al.*, 2005). Hormon ABA ini mempunyai banyak fungsi berhubungan dengan mekanisme adaptasi tanaman. Dormansi biji dapat dipertahankan oleh hormon ini dalam rangka menunggu saat berkecambah yang tepat. Kehilangan air melalui transpirasi dapat ditekan dengan menurunkan tegangan turgor sel dan penutupan stomata daun. Selain itu, hormon ini dapat membantu akar dalam penyerapan air.

Untuk kebutuhan pemuliaan tanaman padi, dilakukan identifikasi terhadap beberapa sifat unggul yang berhubungan dengan kemampuan adaptasi terhadap lingkungan kekeringan. Sifat-sifat unggul meliputi fisiologi, morfologi maupun fenologi (Ishitani, 2004). Sifat fisiologi meliputi pengaturan hormone ABA, etilen, penyesuaian osmotik, efisiensi fotosintesis, efisiensi penyerapan hara dan air. Sifat morfologi meliputi perakaran, ketahanan hijau daun, dan sifat fenologi adalah

elastisitas perkembangan tanaman. Model tanaman yang dibutuhkan dapat diciptakan melalui metode pemuliaan tanaman dengan transfer genetic, karena gen pengendali sifat-sifat tanaman yang diinginkan telah diketahui dan dipetakan dalam genom padi.

Gambaran karakter iklim wilayah (pola curah hujan) digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam menentukan jadwal dan pola tanam. Pada musim hujan, dimana kelembaban tanah cukup padi ditanam pada musim tersebut. Selanjutnya, pada musim kemarau, sisa-sisa kelembaban yang masih ada dapat dimanfaatkan untuk palawija misalnya kacang hijau. Jadi palawija pada musim kemarau tidak membutuhkan pengolahan tanah basah, selain itu umur tanaman kacang hijau cukup singkat (60-70 hari) (Gambar 4).

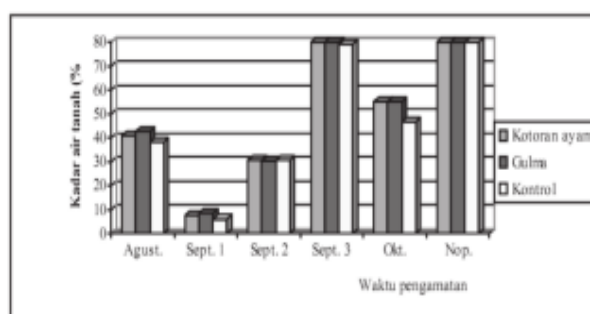


Gambar 4. Pola Tanam Mengikuti Pola Curah Hujan (Adi Winata dan Agus Susanto, 2001)

Varietas padi tahan kering maksudnya adalah tanaman padi yang khusus dibudidayakan pada areal sawah tadah hujan, dimana tanaman dapat beradaptasi pada kondisi kekeringan, tetapi hasil panen hanya merosot lebih rendah dibandingkan dengan padi varietas unggul. Contoh varietas padi tahan kering yang dilepas oleh Pemerintah Indonesia adalah Situ Patenggang yang memiliki potensi hasil 6 ton/ha GKG.

Bahan organik yang ditambahkan ke dalam tanah mempunyai fungsi meningkatkan kualitas

tanah baik secara kimia, fisik, maupun biologi. Secara kimia dapat dilihat dari mineral hara yang dilepas dari hasil penguraian oleh mikroba. Secara fisik dapat dilihat dari kemampuan daya pegang air dari matriks tanah serta kemampuan menahan kelembaban yang lebih lama. Secara biologi, dapat meningkatkan koloni jumlah dan jenis mikroba karena tersedianya nutrisi. Pengaruh penambahan bahan organik terhadap kelembaban tanah dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh Jenis Bahan Organik terhadap Kadar Air tanah (%) (Sumardi *et al.*, 2007).

## DAFTAR PUSTAKA

- Abarshahr, M., B. Rabiei, H. Samizadehlahigi. 2011. Assessing Genetic Diversity of Rice Varieties under Drought Stress Conditions. *Not. Sci. Biol.* 2011, 3(1): 114-123.
- Adi Winata dan Agus Susanto. 2001. Alternatif Pemanfaatan Daerah Surutan (draw down area) (Studi Kasus Waduk Saguling). *Jurnal Matematika, Sain dan Teknologi.* 2 (2):
- Decoteau, D.R. 2005. *Principles of Plant Science. Environmental Factors and Technology in Growing Plants.* Pearson. New Jersey.
- Fitter, A.H. and R.K.M. Hay. 2002. *Environmental Physiology of Plant.* Academic Press. Tokyo. 650p
- Ganapathy, S. and S.K. Ganesh. 2008. Heterosis Analysis for Physio-Morphological Traits in Relation to Drought Tolerance in Rice (*Oryza sativa L.*). *World J. Agric.l Sci.* 4 (5): 623-629.

- Gomes, F.P., M.A. Olivia, M.S. Mielke, A.A.F. Almeida, and L.A. Aquino. 2010. Osmotic Adjustment, proline accumulation, and cell membrane stability in leaves of *Cocos nucifera* submitted to drought stress. *Scientia Horticulturae* 126: 379-384.
- Gomez, S.M., S. S. Kumar, P. Jeyaprakash, R. Suresh, K. R. Biji, N. M. Boopathi, A. H. Price and R. C. Babu. 2006. Mapping QTLs Linked to Physio-Morphological and Plant Production Traits under Drought Stress in Rice (*Oryza sativa* L.) in the Target Environment. *Am. J. Biochem. and Biotech.* 2 (4): 161-169.
- Halder, K.P. and S.W. Burrage. 2004. Effect of Drought Stress on Photosynthesis and Leaf Gas Exchange of Rice Grown in Nutrient Film Technique (NFT). *Pakistan J. Biol. Sci.* 7 (4): 563-565.
- Ishitani, M. 2004. Applying Genomics Tools to Understand Drought Tolerance Mechanisms. *Agrobiodiversity and Biotechnology Project. International Center for Tropical Agriculture. Paper.*
- Jaleel, C.A., P. Manivannan, A. Wahid, M. Farooq, H.J. Al-Juburi, R. Somasundaram, and R. Panneerselvam. 2009. Drought Stress in Plants: A Review on Morphological Characteristics and Pigments Composition. *International Journal of Agriculture and Biology.* 08–305/IGC-DYT/2009/11–1–100–105.
- Jenks M.A., P.M. Hasegawa, S.M. Jain. 2007. *Advances in Molecular Breeding Toward Drought and Salt Tolerance Crop.* Springer, Netherlands. 817p
- Jongdee, B, G. Pantuwan, S. Fukai, and K. Fischer. 2006. Improving drought tolerance in rainfed lowland rice: An example from Thailand. *Agricultural Water Management* 80: 225–240.
- Kamoshita, A., R. Chandra Babu, N. Manikanda Boopathi, and Shu Fukai. 2008. Phenotypic and genotypic analysis of drought-resistance traits for development of rice cultivars adapted to rainfed environments. *Field Crops Research* 109: 1–23.
- Luttge, U. 2008. *Physiological Ecology of Tropical Plant.* Second Edition. Springer. Germany. 458p
- Marschner, H. 1997. *Mineral Nutrition of Higher Plants.* Second Edition. Stuttgart-Hoheinhim.
- Mostajeran, A. and V. Rahimi-Eichi. 2009. Effects of Drought Stress on Growth and Yield of Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivars and Accumulation of Proline and Soluble Sugars in Sheath and Blades of Their Different Ages Leaves. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 5 (2): 264-272.
- Pasandaran, E. 2006. Alternatif kebijakan pengendalian konversi lahan sawah beririgasi di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian.* 25 (4):123-129.
- Sanusan, S., A. Polthanee, A. Audebert, S. Seripong, and J.C. Mouret. 2010. Growth and Yield Rice (*Oryza sativa* L.) as Affected by Cultivars, Seeding Depth and Water Deficits at Vegetative Stage. *Asian Journal of Plant Sciences* 9 (1):36-43.
- Sarvestani, Z.T., H. Pirdashti, S.A.M.M. Sanavy and H. Balouchi. 2008. Study of Water Stress Effects in Different Growth Stages on Yield and Yield Components of Different Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivars. *Pakistan Journal of Biological Sciences.* 10:1303-1309.
- Schulze, E.D., E. Beck, and K.M. Hohenstein. 2005. *Plant Ecology.* Springer. Germany. 700p
- Sikuku P. A., Netondo G. W., Musyimi D. M. and Onyango J. C. 2010. Effects of Water Deficit on Days to Maturity and Yield of Three Nerica Rainfed Rice Varieties. *ARNP Journal of Agricultural and Biological Science.* 5 (3):.1-9
- Sumardi, Kasli, M. Kasim, A. Syarif dan N. Akhir. 2007. Respon padi sawah pada budidaya secara aerobik dan pemberian bahan organik. *Jurnal Akta Agrosia.* 10(1): 65-71.