

**KAJIAN TOLERANSI KEKERINGAN TANAMAN PADI (*Oryza sativa* L.)
LOKAL NUSA TENGGARA TIMUR MELALUI APLIKASI
OSMOPROTEKTAN EKSOGEN**

INTISARI

**Yustina Carolina Febrianti Salsinha
Program Pascasarjana, Fakultas Biologi
Universitas Gadjah Mada**

Indonesia merupakan negara agraris dengan potensi tinggi pengembangan padi (*Oryza sativa* L.) lokal toleran kekeringan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kultivar padi lokal Nusa Tenggara Timur (NTT) yang toleran kekeringan, dan penggunaan osmoprotektan eksogen untuk meningkatkan toleransi padi pada kondisi kekeringan. Pada penelitian ini digunakan 17 kultivar padi lokal NTT dibandingkan dengan dua kultivar kontrol yaitu Situ Bagendit (toleran) dan Ciherang (rentan), yang diuji dengan metode *fraction of transpirable soil water* (FTSW) pada level 1 (kontrol) dan 0,2 (kekeringan parah). Pada tahap seleksi, calon benih padi lokal yang paling toleran dan paling sensitif dianalisis melalui parameter pertumbuhan, karakter anatomis, dan morfofisiologis. Kultivar terpilih dari hasil skoring IRRI dan analisis PCA (*Principal components analysis*) antara lain 100 Malam Boawae (tahan kekeringan), Gogo Jak (sedang), dan Kisol (rentan kekeringan) diuji dengan Situ Bagendit dan Ciherang pada level FTSW 1 dan 0,2, dan diperlakukan dengan osmoprotektan eksogen yang diperoleh melalui aplikasi ekstrak daun *Casuarina equisetifolia* dengan konsentrasi 0% (tanpa ekstrak), 50% (1,25 g mol⁻¹ FW prolin), dan 100% (2,5 g mol⁻¹ FW prolin) selama periode vegetatif. Parameter pertumbuhan, anatomis, fisiologi, dan ekspresi gen diukur untuk mengetahui kondisi awal tanaman padi. Sebagian besar kultivar mengalami penurunan nilai pada karakter fisiologis dan anatomis meliputi pigmen tumbuhan, ketebalan daun dan mesofil, jumlah dan ukuran stomata, ukuran berkas pembuluh dan selubung berkas, serta indeks stabilitas membran sel seiring dengan meningkatnya cekaman kekeringan. Beberapa karakteristik fenotip akar yang berkontribusi terhadap toleransi kekeringan antara lain bobot kering akar yang tinggi yang berkorelasi dengan panjang akar dan rambut akar yang lebat. Karakteristik anatomis akar kultivar toleran kekeringan adalah diameter stele, luas penampang akar, radius korteks, luas penampang silinder pembuluh yang lebih kecil, dan jumlah xilem lebih banyak dibandingkan dengan kultivar yang rentan kekeringan. Analisis skoring IRRI dan PCA berdasarkan karakter morfofisiologis menunjukkan beberapa kultivar dengan persentase penurunan karakter yang kecil yang cenderung menunjukkan ketahanan yang tinggi terhadap kekeringan dan dianggap sebagai respon yang penting sebagai kultivar toleran kekeringan antara lain Boawae 100 Malam, Gogo Sikka, Gogo Jak, dan Gogo Fatuhao. Hasil ini dikonfirmasi melalui analisis karakter yang sama setelah aplikasi osmoprotektan. Gen yang diuji adalah *OsP5CS1*, *OsP5CR*, *OsProDH*, dan faktor transkripsi

OsDREB1A, *OsDREB2A*, *OsNAC6*, dan *OsWRKY45*. Pada penelitian ini, kultivar Kisol mengalami peningkatan ekspresi faktor transkripsi *OsDREB1A*, *OsDREB2A*, *OsNAC6*, dan *OsWRKY45*, peningkatan ekspresi *OsP5CS* dan *OsP5CR*, serta penurunan level ekspresi *OsProDH* setelah dilakukan aplikasi osmoprotektan eksogen. Hal ini menyebabkan peningkatan karakter morfofisiologis Kisol selama fase cekaman kekeringan setelah aplikasi osmoprotektan eksogen, yang mengarah pada adaptasi anatomis serta peningkatan pertumbuhan tanaman. Penambahan osmoprotektan eksogen pada kultivar toleran kekeringan meningkatkan aktivitas faktor transkripsi *OsDREB1A*, *OsDREB2A*, *OsNAC6*, dan *OsWRKY45* yang mengarah pada ekspresi *OsP5CS*, *OsP5CR*, dan *OsProDH* tetapi tidak ada perbedaan antar kelompok perlakuan. Perbedaan ekspresi gen pada kultivar toleran kekeringan 100 Malam Boawae tidak berpengaruh nyata terhadap aktivitas enzim antioksidan dan perubahan morfofisiologis selama kekeringan. Berdasarkan penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa padi lokal NTT toleran kekeringan (100 Malam Boawae) mengembangkan mekanisme adaptasi berupa strategi toleran dan penghindaran melalui karakter biokimia berupa kadar prolin dan aktivitas enzim antioksidan yang tinggi yang mengarah pada adaptasi struktur akar yang lebih tahan terhadap kekeringan. Kultivar padi lokal NTT rentan kekeringan (Kisol) memiliki karakter biokimia inisial yang tidak tahan terhadap kekeringan ditandai dengan kadar prolin yang rendah selama kekeringan, namun pemberian ekstrak daun *C. equisetifolia* pada konsentrasi 50% (1,25 g mol⁻¹ FW prolin) meningkatkan toleransi kultivar Kisol pada cekaman kekeringan FTSW 0,2 melalui adaptasi di tingkat molekuler, hingga adaptasi di tingkat fenotip tanaman.

Kata kunci: padi (*Oryza sativa* L) lokal, Nusa Tenggara Timur, toleransi kekeringan, regulasi osmotik, osmoprotektan.

STUDY OF DROUGHT TOLERANCE OF NUSA TENGGARA TIMUR LOCAL RICE (*Oryza sativa* L.) CULTIVARS THROUGH EXOGENOUS OSMOPROTECTANT APPLICATION

ABSTRACT

Yustina Carolina Febrianti Salsinha
Postgraduated Program, Faculty of Biology
Universitas Gadjah Mada

Indonesia is an agricultural country with a high potential for drought-tolerant local rice (*Oryza sativa* L.) development. This study aims to obtain drought-tolerant local rice cultivars of East Nusa Tenggara (NTT), and the use of exogenous osmoprotectants to increase rice tolerance in drought conditions. In this study, 17 local rice cultivars of NTT were used compared to two control cultivars, namely Situ Bagendit (tolerant) and Ciherang (susceptible). Cultivars were treated with drought using the fraction of transpirable soil water (FTSW) method at levels 1 (control) and 0.2 (drought). At the selection stage, the most tolerant and most susceptible candidates were analyzed through growth parameters, anatomical characters, and morphophysiological parameters. Selected cultivars from the results of IRRI scoring and PCA (Principal components analysis) analysis, including 100 Malam Boawae (drought resistant), Gogo Jak (moderate), and Kisol (drought susceptible) were tested with Situ Bagendit and Ciherang at FTSW levels of 1 and 0.2, and treated with exogenous osmoprotectant obtained through application of leaf extract at concentrations of 0% (without extract), 50% (1.25 g mol^{-1} FW *Casuarina equisetifolia* proline), and 100% (2.5 g mol^{-1} FW proline). Parameters of growth, anatomy, physiology and gene expression were measured to determine the initial conditions of the selected rice plants. Most of the cultivars experienced a decline in physiological and anatomical characters including plant pigment, leaf thickness and mesophyll, number and size of stomata, size of vascular bundles and sheaths, and cell membrane stability index along with increasing drought stress. Several characteristics of root phenotypes that contribute to drought tolerance include high root dry weight which is correlated with root length and thick root hairs. Anatomical characteristics of the roots of drought-tolerant cultivars were smaller stele diameter, smaller root cross-sectional area, smaller cortex radius, smaller cylindrical cross-sectional area, and more xylem compared to drought-susceptible cultivars. IRRI and PCA scoring analysis showed that several cultivars with a small percentage of character loss tended to show high resistance to drought and were considered an important responsibility as drought-tolerant cultivars, including Boawae 100 Malam, Gogo Sikka, Gogo Jak, and Gogo Fatuhao. This result was confirmed through analysis of the same character after the application of an osmoprotectant. The genes tested were *OsP5CS1*, *OsP5CR*, *OsProDH*, and the transcription factors *OsDREB1A*, *OsDREB2A*, *OsNAC6*, and *OsWRKY45*. In this

study, Kisol cultivars experienced an increase in the expression of the transcription factors *OsDREB1A*, *OsDREB2A*, *OsNAC6*, and *OsWRKY45*, an increase in the expression of *OsP5CS* and *OsP5CR*, and a decrease in the expression level of *OsProDH* after application of an exogenous osmoprotectant. This led to an increase in the morphophysiological character of Kisol during the drought stress phase after the application of exogenous osmoprotectants, leading to anatomical adaptation as well as increased plant growth. The addition of exogenous osmoprotectants to drought-tolerant cultivars increased the activity of the transcription factors *OsDREB1A*, *OsDREB2A*, *OsNAC6*, and *OsWRKY45* leading to the expression of *OsP5CS*, *OsP5CR*, and *OsProDH* but with no differences between treatment groups. Differences in gene expression in drought-tolerant cultivars did not significantly affect antioxidant enzyme activity and morphophysiological changes during drought. Based on this research, it can be concluded that the drought-tolerant local rice of NTT (100 Malam Boawae) developed an adaptation mechanism in the form of tolerance and avoidance strategies through biochemical characters such as high levels of proline and antioxidant enzyme activity which leads to adaptation of root structures that are more resistant to drought. The drought-susceptible local rice cultivar of NTT (Kisol) has an initial biochemical character that is not drought tolerant characterized by low proline levels during drought, however, administration of *C. equisetifolia* leaf extract at a concentration of 50% (1.25 g mol⁻¹ FW proline) increased Kisol cultivar tolerance to drought stress FTSW 0.2 through adaptation at the molecular level, to adaptation at the plant phenotype level.

Keywords: local rice (*Oryza sativa* L), Nusa Tenggara Timur, drought tolerance, osmotic regulation, osmoprotectant.