UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Respons dan Regulasi Biosintesis Metabolit Bayam Merah (Amaranthus tricolor L.) terhadap Aplikasi Produk Organik Cair Lemna minor L. pada Cekaman Kekeringan
Ambar Pratiwi, Prof. Dr. L. Hartanto N., M.Agr.; Prof. Dr. Diah Rachmawati, M.Si.; Prof. Dr. Yekti Asih Purwestri, M.Si
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

RESPONS DAN REGULASI BIOSINTESIS METABOLIT BAYAM MERAH (*Amaranthus tricolor* L.) TERHADAP APLIKASI PRODUK ORGANIK CAIR BERBASIS *Lemna minor* L. PADA CEKAMAN KEKERINGAN

Ambar Pratiwi
19/450136/SBI/00164
Program Studi Doktor Biologi, Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada

Bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) merupakan tanaman hortikultura dari famili Amaranthaceae yang memiliki nilai gizi tinggi serta mengandung berbagai metabolit bioaktif, termasuk betalain yang berperan sebagai pigmen dan antioksidan non-enzimatik. Produktivitas bayam merah dapat menurun akibat cekaman kekeringan yang tidak hanya mengurangi ketersediaan air, tetapi juga mengganggu penyerapan hara, keseimbangan fisiologis, metabolisme, dan proses molekuler yang berperan dalam mempertahankan pertumbuhan tanaman. Produk organik cair (POC) berbasis *Lemna minor* merupakan salah satu input organik yang berpotensi memengaruhi respons tanaman terhadap cekaman kekeringan, namun informasi mengenai pengaruhnya terhadap respons morfologi, fisiologi, anatomi, biokimia, metabolit sekunder, dan molekuler bayam merah masih terbatas. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi respons bayam merah terhadap kombinasi tingkat cekaman kekeringan dan aplikasi POC *L. minor* melalui pendekatan yang terintegrasi pada berbagai tingkat organisasi biologis serta menyusun model konseptual respons adaptif tanaman berdasarkan sintesis seluruh hasil penelitian. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap faktorial dengan dua faktor, yaitu tingkat cekaman kekeringan berdasarkan *Fraction of Transpirable Soil Water* (FTSW), terdiri atas FTSW 1,0 (kapasitas lapang), FTSW 0,5 (cekaman sedang), dan FTSW 0,2 (cekaman parah), serta konsentrasi POC *L. minor*, yaitu 0 %, 5 %, dan 10 %. Parameter yang diamati meliputi karakter pertumbuhan, fisiologi, anatomi, biokimia, kandungan betanin dan isobetanin, serta ekspresi gen *MYB, CYP76AD1,* dan *DODA*. Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA), uji pembandingan rerata, analisis korelasi Pearson, *Principal Component Analysis* (PCA), dan analisis klaster. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa POC *L. minor* memiliki kandungan unsur hara makro yang relatif rendah sehingga tidak diposisikan sebagai sumber utama N, P, dan K, tetapi sebagai input organik cair yang berpotensi memiliki aktivitas menyerupai biostimulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan nilai FTSW menghasilkan respons yang berbeda pada setiap kelompok parameter. Beberapa parameter pertumbuhan, fisiologi, anatomi, biokimia, metabolit sekunder, dan ekspresi gen mengalami perubahan yang signifikan, sedangkan parameter lainnya tidak berbeda nyata atau hanya menunjukkan kecenderungan perubahan. Respons terhadap aplikasi POC *L. minor* juga berbeda

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Respons dan Regulasi Biosintesis Metabolit Bayam Merah (Amaranthus tricolor L.) terhadap Aplikasi Produk Organik Cair Lemna minor L. pada Cekaman Kekeringan
Ambar Pratiwi, Prof. Dr. L. Hartanto N., M.Agr.; Prof. Dr. Diah Rachmawati, M.Si.; Prof. Dr. Yekti Asih Purwestri, M.Si
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

antarparameter maupun antartingkat cekaman. Pada kondisi cekaman sedang (FTSW 0,5), aplikasi POC *L. minor*, terutama pada konsentrasi 5 %, cenderung berasosiasi dengan respons yang lebih baik pada beberapa parameter, sedangkan pada cekaman parah (FTSW 0,2) respons tersebut menjadi lebih terbatas. Pola tersebut menunjukkan bahwa pengaruh POC bersifat parameter spesifik dan tidak dapat dijelaskan semata-mata melalui penambahan unsur hara. Analisis korelasi menunjukkan bahwa beberapa parameter yang memberikan respons nyata berubah secara bersamaan, sedangkan PCA dan analisis klaster menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan FTSW 0,5 dengan POC 5 % membentuk profil respons multivariat yang berbeda dibandingkan sebagian besar perlakuan lainnya. Pada tingkat molekuler, perubahan ekspresi gen *MYB, CYP76AD1*, dan *DODA* diamati bersamaan dengan perubahan kandungan betanin dan isobetanin, yang memberikan implikasi biologis mengenai kemungkinan keterlibatan jalur biosintesis betalain dalam respons tanaman terhadap cekaman kekeringan. Berdasarkan sintesis seluruh hasil penelitian, cekaman kekeringan merupakan faktor utama yang membentuk respons bayam merah pada berbagai tingkat organisasi biologis. POC *L. minor* memiliki kandungan unsur hara makro yang relatif rendah sehingga tidak diposisikan sebagai sumber utama N, P, dan K. Dalam penelitian ini, POC *L. minor* lebih tepat dipahami sebagai input organik cair yang berpotensi memiliki aktivitas menyerupai biostimulan dan berasosiasi dengan perubahan sebagian parameter, terutama pada kondisi ketika kapasitas fisiologis tanaman masih tersedia. Respons tersebut bersifat parameter spesifik dan tidak menunjukkan peningkatan toleransi kekeringan secara universal.

Kata kunci: *Amaranthus tricolor,* biosintesis betalain, cekaman kekeringan, FTSW, *Lemna minor,* produk organik cair.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Respons dan Regulasi Biosintesis Metabolit Bayam Merah (Amaranthus tricolor L.) terhadap Aplikasi Produk Organik Cair Lemna minor L. pada Cekaman Kekeringan
Ambar Pratiwi, Prof. Dr. L. Hartanto N., M.Agr.; Prof. Dr. Diah Rachmawati, M.Si.; Prof. Dr. Yekti Asih Purwestri, M.Si
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

RESPONSES AND REGULATION OF METABOLITE BIOSYNTHESIS IN RED AMARANTH (*Amaranthus tricolor* L.) FOLLOWING THE APPLICATION OF A *Lemna minor*- L. BASED LIQUID ORGANIC PRODUCT UNDER DROUGHT STRESS

Ambar Pratiwi
19/450136/SBI/00164
Doctoral Program in Biology, Faculty of Biology, Universitas Gadjah Mada

Red amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) is a horticultural crop belonging to the family Amaranthaceae. It has high nutritional value and contains various bioactive metabolites, including betalains, which function as pigments and non-enzymatic antioxidants. The productivity of red amaranth may decline under drought stress, which not only reduces water availability but also disrupts nutrient uptake, physiological balance, metabolism, and molecular processes involved in maintaining plant growth. *Lemna minor*-based liquid organic product (LOP) is an organic input with the potential to influence plant responses to drought stress; however, information on its effects on the morphological, physiological, anatomical, biochemical, secondary metabolite, and molecular responses of red amaranth remains limited. This study aimed to evaluate the responses of red amaranth to combinations of drought stress levels and *L. minor* LOP application using an integrated approach across multiple levels of biological organization, and to develop a conceptual model of plant adaptive responses based on the synthesis of all experimental findings. The study employed a factorial completely randomized design with two factors: drought stress level based on the Fraction of Transpirable Soil Water (FTSW), consisting of FTSW 1,0 (field capacity), FTSW 0,5 (moderate drought stress), and FTSW 0,2 (severe drought stress), and *L. minor* LOP concentration at 0 %, 5 %, and 10 %. The observed parameters included growth traits, physiological, anatomical, and biochemical characteristics, betanin and isobetanin contents, and the expression of the *MYB, CYP76AD1*, and *DODA* genes. The data were analyzed using analysis of variance (ANOVA), mean comparison tests, Pearson correlation analysis, Principal Component Analysis (PCA), and cluster analysis. Characterization results showed that *L. minor* LOP contained relatively low levels of macronutrients and was therefore not positioned as a primary source of N, P, and K, but rather as a liquid organic input with potential biostimulant-like activity. The results showed that decreasing FTSW levels produced different responses across parameter groups. Several growth, physiological, anatomical, biochemical, secondary metabolite, and gene expression parameters changed significantly, whereas others did not differ significantly or showed only response trends. Responses to *L. minor* LOP application also varied among parameters and drought stress levels. Under moderate drought stress

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Respons dan Regulasi Biosintesis Metabolit Bayam Merah (Amaranthus tricolor L.) terhadap Aplikasi Produk Organik Cair Lemna minor L. pada Cekaman Kekeringan
Ambar Pratiwi, Prof. Dr. L. Hartanto N., M.Agr.; Prof. Dr. Diah Rachmawati, M.Si.; Prof. Dr. Yekti Asih Purwestri, M.Si
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

(FTSW 0,5), *L. minor* LOP application, particularly at 5 %, tended to be associated with more favorable responses in several parameters, whereas under severe drought stress (FTSW 0,2), these responses became more limited. This pattern indicates that the effects of LOP were parameter specific and could not be explained solely by nutrient addition. Correlation analysis showed that several significantly responsive parameters changed concurrently, whereas PCA and cluster analysis indicated that the combination of FTSW 0,5 and 5 % LOP formed a distinct multivariate response profile compared with most other treatments. At the molecular level, changes in *MYB, CYP76AD1*, and *DODA* gene expression were observed concurrently with changes in betanin and isobetanin contents, suggesting the possible involvement of the betalain biosynthetic pathway in plant responses to drought stress. Based on the synthesis of all findings, drought stress was the primary factor shaping red amaranth responses across multiple levels of biological organization. Because *L. minor* LOP contained relatively low levels of macronutrients, it was not considered a primary source of N, P, and K. In this study, *L. minor* LOP is more appropriately understood as a liquid organic input with potential biostimulant-like activity that was associated with changes in selected parameters, particularly under conditions in which the plants retained physiological capacity to respond. These responses were parameter specific and did not indicate a universal improvement in drought tolerance.

Keyword: *Amaranthus tricolor, betalain biosynthesis, drought stress, FTSW, L. minor, liquid organic product (LOP).*