

**Biomonitoring Aktif Ekosistem Sungai Winongo: Respon Metabolomik, Konsentrasi Metallothionein, dan Aktivitas Enzim Antioksidatif Kerang Kijing Taiwan *Sinanodonta woodiana* (I. LEA, 1834)**

**ABSTRAK**

Lingkungan Sungai Winongo di Yogyakarta, Indonesia, menghadapi banyak kontaminan yang berasal dari limbah pertanian, sumber industri, dan aktivitas manusia, yang menimbulkan bahaya yang signifikan. Penelitian ini mengevaluasi kesehatan Sungai Winongo dengan mentransplantasi kerang *Sinanodonta woodiana* di tiga stasiun yang mewakili tingkat pencemaran yang berbeda: rendah, sedang, dan tinggi. Penelitian ini meliputi analisis metabolomik dengan menggunakan instrume *Liquid Chromatography-High Resolution Mass Spectrometry* (LC-HRMS) dan aktivitas enzim antioksidatif, khususnya berfokus pada konsentrasi MT, aktivitas enzim SOD dan CAT pada jaringan insang *S. woodiana*. Hasil analisis faktor fisik-kimia Sungai menunjukkan bahwa Sungai Winongo memenuhi standar baku mutu air. Penelitian ini berhasil mengidentifikasi total 20 metabolit yang terlibat dalam 8 jalur metabolisme *S. woodiana*. Analisis Metabolomik melalui plot skor analisis komponen utama (PCA) menjelaskan PC1 sebesar 51,8% dan PC2 sebesar 33,5% atau menggabungkan 85,3% dari total varians metabolit pada jaringan insang. Trend fold change menunjukkan nilai tertinggi pada S2 mengindikasikan kondisi Tingkat pencemaran yang berpengaruh secara signifikan terhadap profil metabolit. Konsentrasi MT tertinggi ditemukan pada jaringan insang *S. woodiana* yang ditransplantasikan pada S2 selama 14 hari, dengan nilai 10,36 nM/g sampel, diikuti oleh S3 dengan 9,99 nM/g sampel dan S1 9,64 µg/mL sampel. Aktivitas SOD dan CAT menunjukkan peningkatan yang signifikan di semua lokasi penelitian dengan nilai aktivitas tertinggi secara konsisten pada S2 sebesar 52,02 U/mg berat basah (SOD) dan 2,40 µ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/mg protein/menit (CAT), diikuti S3 dan S1. Penelitian ini membuktikan bahwa aliran Sungai Winongo masih mendukung keberlangsungan hidup organisme air. Namun, perbedaan kondisi polusi memiliki berbagai efek toksikologi pada kerang *S. woodiana*. Pengembangan metode penelitian bimonitoring kesehatan lingkungan perairan yang didukung oleh penelitian ini bertujuan untuk membangun metode analisis yang kuat, terstandarisasi, dan dapat diandalkan.

**Kata Kunci :** Biomonitoring aktif, ekosistem sungai, metabolomik, aktivitas enzim antioksidatif, kerang air tawar

Active Biomonitoring of Winongo River Ecosystem: Metabolomics Response,  
Metallothionein Concentration, and Antioxidant Enzyme Activity of Taiwanese Mussels  
*Sinanodonta woodiana* (I. LEA, 1834)

## ABSTRAK

The Winongo River environment in Yogyakarta, Indonesia, faces numerous contaminants derived from agricultural waste, industrial sources, and human activities, which pose significant hazards. This study evaluated the health of the Winongo River by transplanting *Sinanodonta woodiana* mussels at three stations representing different pollution levels: low, medium and high. The study included metabolomics analysis using Liquid Chromatography-High Resolution Mass Spectrometry (LC-HRMS) instrument and antioxidative enzyme activities, specifically focusing on MT concentration, SOD and CAT enzyme activities in *S. woodiana* gill tissue. The results of the analysis of the physical-chemical factors of the river showed that Winongo River met the water quality standards. This study successfully identified a total of 20 metabolites involved in 8 metabolic pathways of *S. woodiana*. Metabolomic analysis through principal component analysis (PCA) score plot explained PC1 by 51.8% and PC2 by 33.5% or combined 85.3% of the total variance of metabolites in gill tissue. The fold change trend showed the highest value in S2, indicating that the pollution level significantly affected the metabolite profile. The highest MT concentration was found in the gill tissue of *S. woodiana* transplanted in S2 for 14 days, with a value of 10.36 nM/g sample, followed by S3 with 9.99 nM/g sample and S1 9.64 µg/mL sample. SOD and CAT activities showed a significant increase in all study sites with the highest activity values consistently in S2 at 52.02 U/mg wet weight (SOD) and 2.40 µ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/mg protein/minute (CAT), followed by S3 and S1. This study proves that the Winongo River flow still supports the survival of aquatic organisms. However, different pollution conditions have various toxicological effects on *S. woodiana* mussels. The development of aquatic environmental health biomonitoring research methods supported by this study aims to establish robust, standardized and reliable analytical methods.

**Keywords:** Active biomonitoring, river ecosystem, metabolomics, antioxidative enzyme activity, freshwater mussels