

DISERTASI

**KONTAMINASI MIKROPLASTIK DI
SUNGAI BRANTAS, JAWA TIMUR, INDONESIA
DAN DAMPAKNYA TERHADAP
IKAN *Gambusia affinis***



NANIK RETNO BUWONO

081917027304

**PROGRAM STUDI S3 MIPA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

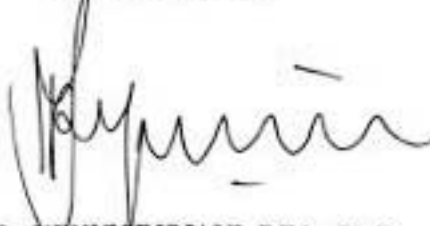
Naskah disertasi ini telah disetujui
Pada tanggal

Oleh :
PROMOTOR



Prof. Dr. Ir. AGOES SOEGIANTO, DEA
NIP. 196208031987101001

KO-PROMOTOR



Prof. Ir. YENNYRISJANI, DEA., Ph.D
NIP. 196105231987032003

Mengetahui,
DEKAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA



Prof. Dr. MOHL YASIN, M.Si.
NIP. 19671115 199102 2 001

Disertasi ini telah diuji pada Ujian Tertutup

Tanggal : 30 November 2022

PANITIA PENGUJI DISERTASI

Ketua : Dr. Dwi Winarni, M.Si.

Anggota :

Prof. Dr. Agoes Soegianto Ir. DEA.

Prof. Ir. Yenny Risjani, DEA., Ph.D.

Prof.Dr. Ir. Muhammad Musa, MS

Prof. Dr. Fida Rachmadiarti, M.Kes.

Dr. Suctpto Hariyanto, DEA

Dr. H. Moch. Affandi. M.Si.

Ditetapkan dengan Surat Keputusan Dekan

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Airlangga

Nomor : 9996/UN3.1.8/HK/2022

DAFTAR ISI

	Hal
JUDUL	i.
LEMBAR PENGESAHAN	ii.
DAFTAR ISI.....	iv.
PRAKATA.....	vii.
PERSEMBAHAN	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR SINGKATAN	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
ABSTRAK dan ABSTRACT	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1.
1.1 Latar Belakang	1.
1.2 Rumusan Masalah	5.
1.3 Tujuan Penelitian.....	5.
1.4 Manfaat Penelitian.....	6.
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7.
2.1 Sungai.....	7.
2.1.1 Zona aliran sungai	7.
2.1.2 Sungai Brantas.....	8.
2.2 Ikan Gambusia (<i>Gambusia affinis</i>).....	9.
2.2.1 Biologi ikan gambusia	9.
2.2.2 Habitat ikan gambusia	11.
2.2.3 Potensi ikan gambusia sebagai biomonitoring	11.
2.3 Mikroplastik	12.
2.3.1 Sumber mikroplastik	13.
2.3.2 Mekanisme degradasi pada mikroplastik	14.
2.3.3 Karakteristik mikroplastik	15.
2.3.4 Dampak mikroplastik pada perairan tawar	17.
2.3.5 Zat aditif pada mikroplastik.....	19.

2.3.6 Toksisitas mikroplastik.....	21.
2.3.6 Distribusi mikroplastik	22.
2.4 Biomarker	22.
2.5 <i>National Sanitation Foundation - Water Quality Index (NSFWQI)</i>	25.
2.6 Hasil Penelitian Terdahulu	26.
BAB III KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS	30.
3.1 Kerangka Konsep	30.
3.2 Hipotesis	32.
BAB IV METODE PENELITIAN	34.
4.1 Lokasi dan Waktu penelitian.....	34.
4.2 Alat dan Bahan Penelitian	38.
4.3 Metode penelitian	38.
4.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian	39.
4.4.1 Pengambilan sampel air.....	39.
4.4.2 Pengambilan sampel ikan gambusia.....	39.
4.4.3 Identifikasi mikroplastik.....	39.
4.4.4 Penentuan kelimpahan mikroplastik.....	40.
4.4.5 Analisis asam ftalat.....	41.
4.4.6 Pengukuran parameter stres oksidatif.....	41.
4.4.7 Pengukuran parameter kerusakan oksidatif.....	42.
4.4.8 Pengukuran kualitas air	43.
4.5 Analisis Data	43.
4.6 Bagan Alir Penelitian	46.
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	47.
5.1 Hasil Identifikasi Mikroplastik di Sungai Brantas	47.
5.1.1 Identifikasi jenis mikroplastik	47.
5.1.2 Identifikasi ukuran mikroplastik.....	50.
5.1.3 Identifikasi warna mikroplastik	52.
5.1.4 Identifikasi polimer mikroplastik	55.
5.2 Kelimpahan dan Distribusi Mikroplastik	57.
5.2.1 Kelimpahan mikroplastik pada sampel dan stasiun yang berbeda	57.
5.2.2 Hubungan antara mikroplastik dengan tubuh ikan gambusia.....	60.

5.2.3 Hubungan antara mikroplastik pada sampel air dan organ ikan.....	63.
5.3 Zat Aditif dari Mikroplastik pada Insang dan Saluran Pencernaan.....	65.
5.4 Respon Stres Oksidatif dan Kerusakan Oksidatif	70.
5.5 Hubungan Mikroplastik dengan Parameter Kualitas Air di Sungai Brantas	76.
5.6 Pembahasan Umum	81.
5.7 Kebaharuan Penelitian.....	82.
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	83.
6.1 Kesimpulan	83.
6.2 Saran.....	84.
DAFTAR PUSTAKA	85.
LAMPIRAN.....	102.

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkat-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan penyusunan laporan disertasi dengan judul “Kontaminasi Mikroplastik Di Sungai Brantas, Jawa Timur, Indonesia dan Dampaknya terhadap Ikan *Gambusia affinis*”. Laporan ini disusun sebagai persyaratan Pendidikan pada Program Studi S3 MIPA Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga. Penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Prof. Dr. Ir. Agoes Soegianto, DEA selaku Promotor dan Prof. Ir. Yenny Risjani, DEA., Ph.D selaku Ko-promotor yang telah membimbing dan memberikan ilmunya sehingga laporan disertasi ini dapat terselesaikan. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada tim penguji yaitu Prof.Dr. Ir. Muhammad Musa, MS, Prof. Dr. Fida Rachmadiarti, M.Kes, Dr. Dwi Winarni, M.Si, dan Dr. Sucipto Hariyanto, DEA yang telah memberikan koreksi dan saran terhadap laporan disertasi ini.

Laporan ini menyajikan bahasan pencemaran lingkungan sungai yang berasal dari mikroplastik dan yang telah terjadi di Sungai Brantas yang merupakan lokasi dari penelitian. Sehingga diperlukan kegiatan penelitian menggunakan organisme indikator dengan melihat potensi biomarker untuk menunjang analisis tingkat pencemaran akibat dari keberadaan mikroplastik. Oleh karena penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam laporan ini, penulis sangat mengharapkan saran dan masukan yang dapat memperbaiki laporan ini.

Surabaya, November 2022

PERSEMBAHAN

*Bukan aku yang kuat, melainkan Tuhan yang mempermudah
Bukan aku yang mampu, tapi Tuhan yang menolong
Bukan aku yang pintar, tapi Tuhan yang memberikan pemahaman
(Amsal 16:3; Yesaya 41:10; 2 Timotius 2:7)
GOD BLESS YOU*

Dengan rasa syukur karena telah terselesaikannya disertasi ini, penulis mengucapkan terima kasih dan mempersembahkan karya ini untuk :

1. Kementerian Riset dan Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah memberikan bantuan Beasiswa Program Pendidikan Dalam Negeri (BPPDN).
2. Rektor Universitas Airlangga dan Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga
3. Rektor Universitas Brawijaya dan Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya.
4. Suami Prayogo Richi NM, kedua putri tercinta (Kinanthi & Kinarhayu) yang selama ini selalu mendoakan, mendukung, membantu selama studi S3.
5. Kedua orangtua (Suhernowo & Sunarni) dan kedua mertua (Mianto & Nasikah).
6. Kakak Agus Trisnobuwono sekeluarga, adik Riko dan Rika sekeluarga.
7. Kelompok kajian penelitian AquaRES (Prof.Dr. Ir Muhammad Musa, MS, Prof.Dr. Ir. Mohammad Mahmudi, MS, Evellin Dewi Lusiana, S.Si, M.Si dan Sulastris Arsad, S.Pi, M.Si).
8. Bapak Ibu Dosen Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan FPIK Universitas Brawijaya.
9. Tim penelitian MIBER 2019 (lutfi, prasetyo, putri, kahfi, masrur dan fadil) dan laboran mbak iwin yang telah bekerja keras membantu proses penelitian.
10. Rekan-rekan mahasiswa S3 MIPA Angkatan 2019 FST Universitas Airlangga (Tetes lemon: Mbak diana dan Mbak Mila)
11. Seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam proses pendidikan S3 dan penyelesaian disertasi penulis.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Zonasi perairan sungai.....	8.
Gambar 2.2. Ikan gambusia (<i>Gambusia affinis</i>)	10.
Gambar 2.3. Ikan gambusia jantan dan betina	10.
Gambar 2.4. Proses degradasi polimer sintetik pada lingkungan akuatik.....	15.
Gambar 2.5. Bentuk mikroplastik	16.
Gambar 2.6. Struktur kimia ftalat yang umumnya ada pada lingkungan.....	19.
Gambar 2.7. Proses kerusakan oksidatif pada organisme hidup	23.
Gambar 2.8. Proses aksi enzim antioksidan.....	25.
Gambar 3.1. Kerangka konsep ilmiah.....	31.
Gambar 4.1. Peta lokasi penelitian pada administrasi DAS Brantas Jawa Timur.	35.
Gambar 4.2. Model Diagram Jalur sebagai Asumsi Awal.....	44.
Gambar 4.3. Bagan Alir Penelitian ROS <i>G.affinis</i>	46.
Gambar 5.1. Jenis mikroplastik pada sampel air Sungai Brantas	47.
Gambar 5.2. Jenis mikroplastik pada sampel ikan <i>G. affinis</i>	48.
Gambar 5.3. Jenis mikroplastik pada sampel insang <i>G. affinis</i>	49.
Gambar 5.4. Jenis mikroplastik pada sampel saluran pencernaan <i>G. affinis</i>	50.
Gambar 5.5. Persentase ukuran mikroplastik yang teridentifikasi pada sampel.....	51.
Gambar 5.6. Persentase warna mikroplastik yang terdapat pada sampel air dan ikan....	53.
Gambar 5.7. Persentase warna mikroplastik yang terdapat pada sampel insang	54.
Gambar 5.8. Kelimpahan mikroplastik pada berbagai sampel.....	58.
Gambar 5.9. Analisis regresi linier untuk kelimpahan mikroplastik panjang tubuh.....	61.
Gambar 5.10. Analisis regresi linier untuk kelimpahan mikroplastik berat.....	62.
Gambar 5.11. Persentase hasil analisis GCMS di insang.....	67.
Gambar 5.12. Persentase hasil analisis GCMS di saluran pencernaan	67.
Gambar 5.13. Boxplot parameter SOD, CAT, MDA.....	71.
Gambar 5.14. Diagram jalur sebagai asumsi akhir dari stress oksidatif	74.
Gambar 5.15. Hasil scatter plot dari CCA	79.

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Zat aditif pada plastik dan pengaruhnya	19.
Tabel 2.2. Hasil penelitian terdahulu dengan topik yang sama.....	26.
Tabel 4.1. Posisi titik koordinat, ketinggian tempat dan deskripsi stasiun sampling.....	36.
Tabel 4.2. Parameter kualitas air sungai	43.
Tabel 5.1. Daftar pita frekuensi dari identifikasi polimer hasil FTIR.....	56.
Tabel 5.2. Uji Homogenitas Levene dari jenis mikroplastik.....	63.
Tabel 5.3. Analisis MANOVA Jenis Mikroplastik antar organ di lokasi	63.
Tabel 5.4. Zat aditif pada mikroplastik di insang.....	66.
Tabel 5.5. Zat aditif pada mikroplastik di saluran pencernaan	69.
Tabel 5.6. Hasil uji T pada SOD, CAT, dan MDA di insang dan saluran pencernaan..	72.
Tabel 5.7. Hasil pengukuran parameter kualitas air di Sungai Brantas	76.

DAFTAR SINGKATAN

APHA	: <i>American Public Health Association</i>
BPA	: Bisphenol A
BSN	: Badan Standardisasi Nasional
BOD	: <i>Biological Oxygen Demand</i>
CAT	: <i>Catalase</i>
CCA	: <i>Canonical Correspondence Analysis</i>
DAS	: Daerah Aliran Sungai
DNA	: <i>Deoxyribonucleic Acid</i>
DO	: <i>Dissolved oxygen</i>
Ecoton	: <i>Ecological Observation and Wetlands Conservation</i>
EDC	: <i>Endocrine Disrupting Chemicals</i>
ELISA	: <i>Enzyme-linked immunosorbent assay</i>
FTIR	: <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>
GCMS	: <i>Gas Chromatograph Mass Spectrometer</i>
GPx	: <i>Glutathione peroxidase</i>
GST	: <i>Glutathione S-transferase</i>
HCl	: Hidrogen klorida
H ₂ O ₂	: Hidrogen peroksida
KLH	: Kementerian Lingkungan Hidup
MANOVA	: <i>Multivariate analysis of variance</i>
MDA	: <i>Malondialdehyde</i>
MP	: <i>Mikroplastik</i>
NaCl	: Natrium klorida
NOAA	: <i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
NSFWQI	: <i>National Sanitation Foundation - Water Quality Indeks</i>
NTU	: <i>Nephelometric Turbidity Unit</i>
PBS	: <i>Phosphate Buffered Saline</i>
PE	: <i>Polyethylene</i>
pH	: <i>Potencial of Hydrogen</i>
POD	: <i>peroxidase</i>

PP	: <i>Polypropylene</i>
PS	: <i>Polystyrene</i>
PU	: <i>Polyuretan</i>
PVC	: <i>Polyvinyl chloride</i>
ROS	: <i>Reactive Oxygen Species</i>
SEM	: <i>Scanning electron microscope</i>
SOD	: <i>Superoxide dismutase</i>
SNI	: Standar Nasional Indonesia
STORET	: <i>Storage and Retrieval of Water Quality Data System</i>
TBA	: <i>Thiobarbituric acid</i>
TDS	: Total Dissolved Solid
TSS	: <i>Total Disolved Solids</i>
USA	: <i>United States</i>
UV	: <i>Ultraviolet</i>
WHO	: <i>World Health Organization</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I. Ikan <i>Gambusia affinis</i>	102.
Lampiran II. Hasil analisis FTIR	103.
Lampiran III. Kelimpahan mikroplastik.....	105.
Lampiran IV. Regresi linier MP dengan panjang ikan.....	108.
Lampiran V. Regresi linier MP dengan berat ikan.....	110.
Lampiran VI. Analisis Variansi Multivariat (MANOVA).....	117.
Lampiran VII. Hasil analisis GCMS	112.
Lampiran VIII. Hasil analisis jalur (analisis path)	121.
Lampiran IX. Hasil analisis CCA	126.
Lampiran X. Daftar riwayat hidup	128.
Lampiran XI. Hasil publikasi	130.

Nanik Retno Buwono, 2022. Kontaminasi Mikroplastik di Sungai Brantas, Jawa Timur, Indonesia dan Dampaknya Terhadap Ikan *Gambusia affinis*. Disertasi ini dibawah bimbingan: Prof. Dr. Ir. Agoes Soegianto, DEA dan Prof. Ir. Yenny Risjani, DEA., Ph.D. Program Studi Doktor Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.

ABSTRAK

Sungai Brantas, sungai terpanjang di Jawa Timur, saat ini rentan terhadap pencemaran mikroplastik. Mikroplastik tidak hanya mencemari lingkungan perairan tetapi juga masuk ke dalam tubuh ikan dan dianggap memiliki potensi toksisitas yang tinggi, yang mempengaruhi metabolisme. Mikroplastik dapat menyebabkan kerusakan oksidatif, kerusakan DNA, kerusakan jaringan dan mengganggu fungsi hormon. Dampak biologis kontaminasi mikroplastik (MP) pada biota air tawar telah memicu minat dan investigasi pertama terhadap mikroplastik pada *Gambusia affinis* dari Sungai Brantas dalam penelitian ini. Penelitian menggunakan metode survei dengan pengambilan sampel di semua stasiun dilakukan pada bulan Januari hingga April 2020. Lokasi penelitian menggunakan empat kota yaitu Kota Batu, Kota Malang, Kabupaten Mojokerto dan Kota Surabaya. Mikroplastik diidentifikasi dan diukur dalam sampel air dan ikan menggunakan standar NOAA. Jenis mikroplastik ditentukan menggunakan mikroskop Olympus CX-23 dengan perbesaran 100 kali lipat. Teknik FTIR digunakan untuk memvalidasi partikel yang diidentifikasi sebagai mikroplastik dan pengujian komponen kimia pada mikroplastik menggunakan GCMS. Analisis *Superoxide dismutase* (SOD) dan *Malondialdehyde* (MDA) dilakukan dengan metode kolorimetri sedangkan aktivitas *Catalase* (CAT) ditentukan menggunakan kit ELISA Catalase ikan komersial. Nilai kualitas fisikokimia air sungai dievaluasi dengan menggunakan kriteria indeks NSFQI. Analisis statistik yang digunakan yaitu CCA, MANOVA dan analisis jalur (*path analysis*). Mikroplastik ditemukan pada konsentrasi yang lebih tinggi pada sampel air, ikan, insang dan saluran pencernaan ikan *G.affinis* di daerah hilir daripada hulu dari Sungai Brantas. Parameter suhu, kekeruhan, total padatan tersuspensi, dan kebutuhan oksigen biologis merupakan unsur fisika dan kimia utama yang berhubungan langsung dengan kelimpahan MP di Sungai Brantas. Hasil Uji MANOVA untuk varian jenis mikroplastik yang ditemukan pada organ di lokasi pengambilan sampel yang berbeda memberikan nilai $p < 0,05$ yaitu kelimpahan berbagai jenis mikroplastik berdasarkan sampel dan lokasi secara bersamaan berbeda. Konsentrasi partikel mikroplastik pada *G. affinis* memiliki hubungan linier positif dengan panjang ikan. Zat aditif ftalat yang teridentifikasi mendominasi yaitu 1,2-Benzenedicarboxylic acid (asam ftalat) di insang dan saluran pencernaan serta 1,4-Phthalazinedione, 2,3-dihydro-6-nitro-(phthalic hydrazide) di saluran pencernaan. Kelimpahan MP memiliki efek langsung pada SOD dan MDA di insang. Sedangkan kelimpahan MP dalam saluran pencernaan memiliki efek langsung pada SOD dan CAT yang mempengaruhi terbentuknya MDA.

Kata kunci : *Gambusia affinis*, mikroplastik, insang, saluran pencernaan, stres oksidatif kualitas air

Nanik Retno Buwono, 2022. Contamination of Microplastics in Brantas River, East Java, Indonesia and Its Impact on fish *Gambusia affinis*. This dissertation was supervised by Prof. Dr. Ir. Agoes Soegianto, DEA and Prof. Ir. Yenny Risjani, DEA., Ph.D. Doctoral Program in Mathematics and Natural Sciences, Faculty of Science and Technology, Universitas Airlangga.

ABSTRACT

The Brantas River, the longest river in East Java, is currently vulnerable to microplastic pollution. Microplastics not only see the aquatic environment but also enter the body of the fish. Microplastics are considered to have a high potential for toxicity, which affects the metabolism. Microplastics can cause oxidative damage, DNA damage, tissue damage and disrupt hormone function. The biological impact of microplastic (MP) contamination on freshwater biota has sparked interest and the first investigation of microplastics in *Gambusia affinis* from the Brantas River was carried out in this study. The research used a survey method with sampling at all stations conducted from January to April 2020. The research locations used four cities, namely Batu City, Malang City, Mojokerto Regency and Surabaya City. Microplastics were identified and measured in water and fish samples using NOAA standards. The type of microplastic was determined using an Olympus CX-23 microscope with a magnification of 100 times. The FTIR technique was used to validate the particles identified as microplastics and to test the chemical components of microplastics using GCMS. SOD and MDA analyzes were performed by colorimetric method while CAT activity was determined using a commercial fish Catalase ELISA kit. Value of river physicochemical quality using NSFQI index criteria. Statistical analysis used is CCA, MANOVA, and path analysis. Microplastics were found at higher concentrations in samples of water, fish, gills and the digestive tract of *G.affinis* fish in the downstream areas than upstream from the Brantas River. Parameters of temperature, turbidity, total suspended solids, and biological oxygen demand are the main physical and chemical elements that are directly related to MP abundance in the Brantas River. The MANOVA test results for the various types of microplastics found in organs at different sampling locations gave a p value <0.05, namely the abundance of various types of microplastics based on different samples and locations. The concentration of microplastic particles in *G. affinis* has a positive linear relationship with fish length. The identified phthalate additives predominate, namely 1,2-Benzenedicarboxylic acid (phthalic acid) in the gills and digestive tract and 1,4-Phthalazinedione, 2,3-dihydro-6-nitro-(phthalic hydrazide) in the digestive tract. MP abundance has a direct effect on SOD and MDA in gills. While the abundance of MP in the digestive tract has a direct effect on SOD and CAT which affect the formation of MDA.

Keywords: *Gambusia affinis*, microplastic, gills, digestive tract, oxidative stress, water quality