



Efek Tembaga dan Kadmium terhadap Aktivitas Enzim Antioksidatif Alga *Chlorella sorokiniana* Shirira et Krauss

TITI HAYATI RAHAYU, Dr.rer.nat. Andhika Puspito Nugroho, M.Si

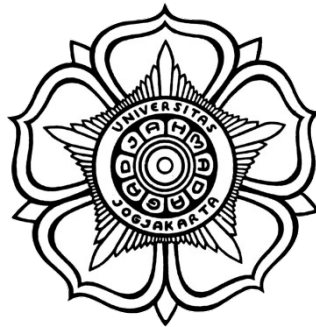
UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

EFEK TEMBAGA DAN KADMIUM TERHADAP AKTIVITAS ENZIM ANTIOKSIDATIF ALGA *Chlorella sorokiniana* Shirira et Krauss

Tesis

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Mencapai Derajat *Master of Science*
Program Studi Magister Biologi**



**Disusun oleh
Titi Hayati Rahayu
17/421595/PBI/01523**

**PROGRAM STUDI MAGISTER BIOLOGI
PROGRAM MAGISTER FAKULTAS BIOLOGI
UNIVERSITAS GADJAH MADA**

**YOGYAKARTA
2020**

**EFEK TEMBAGA DAN KADMIUM TERHADAP AKTIVITAS
ENZIM ANTIOKSIDATIF ALGA *Chlorella sorokiniana* Shirira
et Krauss**

Disusun oleh:
Titi Hayati Rahayu
17/421595/PBI/01523

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada tanggal 20 Januari 2020
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing Utama/Penguji I

Dr.rer.nat. Andhika Puspito Nugroho, S.Si., M.Si

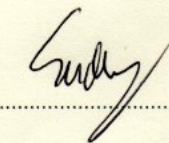
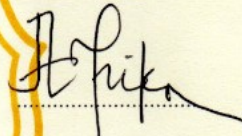
Penguji II

Dr. Diah Rachmawati, S.Si., M.Si

Penguji III

Dr. Endah Retnaningrum, S.Si., M. Eng

Tanda Tangan



Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat *Master of Science*

Tanggal

24 JAN 2020



Prof. Dr. Budi Setiadi Daryono, M.Agr.Sc.

Dekan/Penanggungjawab Program Studi Magister Biologi
Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Titi Hayati Rahayu
NIM : 17/421595/PBI/01523
Tahun terdaftar : 2017 (Semester Genap)
Program Studi : Magister Biologi
Fakultas/Sekolah : Biologi

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Tesis ini tidak terdapat bagian karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik disuatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan sumbernya secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dengan demikian saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi dan apabila dokumen ilmiah Tesis ini di kemudian hari terbukti merupakan plagiasi hasil karya penulis lain dan/atau dengan sengaja mengajukan karya atau pendapat yang merupakan hasil karya penulis lain, maka penulis bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 10 Januari 2020
Penulis



Titi Hayati Rahayu
17/421595/PBI/01523

Alhamdulillah, atas berkat rahmat Allah SWT saya berhasil menyelesaikan penyusunan tesis dengan judul “ Efek Tembaga Dan Kadmium Terhadap Aktivitas Enzim Antioksidatif Alga *Chlorella sorokiniana* Shirira et Krauss”. Penyusunan tesis ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar *Master of Science* pada Program Studi Magister Biologi, Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada.

Penulis telah memperoleh saran, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak yang bermanfaat secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan tesis. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Budi Setiadi Daryono, M. Agr. Sc selaku Dekan Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada.
2. Dr. rer. nat. Andhika Puspito Nugroho, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah sangat berjasa dalam memberikan nasehat dan dukungan moril terhadap penelitian dan penulisan tesis ini.
3. Diah Rachmawati, S.Si.,M.Si selaku Ketua Prodi sekaligus dosen penguji yang telah memberikan masukan, bimbingan, dan nasehat hingga terselesaikannya penelitian dan penyusunan tesis ini
4. Dr. Endah Retnaningrum, M.Eng selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan selama penyusunan tesis
5. Bapak Suwarmin dan Ibu Suciati, orang yang selalu mendoakanku agar jadi pribadi yang lebih baik dan bermanfaat.
6. Dwi Kuslimawati, Am.Keb, Ns. Mira Damayanti dan Agung Setiawan,

7. Mariska, Desti, Dahri, Manap, Lian, Suryani, Riski, Iyong, Yopi dan Febri teman kuliah dan juga teman diskusi. Terima kasih telah mengajarku banyak hal.
8. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Magister Biologi 2017 Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada yang selalu senantiasa berjuang bersama- sama.

Penulisan tesis ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, diharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan penelitian selanjutnya. Semoga tesis ini bisa bermanfaat bagi kita semua dan pihak-pihak yang terkait.

Yogyakarta, 10 Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
INTISARI	xi
ABSTRACT.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar belakang	1
B. Permasalahan	3
C. Tujuan penelitian	3
D. Manfaat penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Alga <i>Chlorella sorokiniana</i> Shirira et Krauss	5
B. Logam.....	7
C. Logam tembaga (Cu)	8
D. Logam kadmium (Cd)	8
E. Respon enzimatik	9
F. Enzim	10
G. Enzim superoksida dismutase (SOD)	12
H. Enzim katalase (CAT)	14
I. Enzim askorbat peroksidase (APX)	16
BAB III LANDASAN TEORI DAN HIPOTESIS.....	18
A. Landasan teori	18
B. Hipotesis	20
BAB IV METODE PENELITIAN.....	21
A. Bahan	21
B. Alat.....	21
C. Rancangan penelitian.....	22
D. Prosedur penelitian	23
E. Analisis data	26
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
A. Kurva kerapatan alga <i>Chlorella sorokiniana</i> Shirira et Krauss.....	28
B. Kandungan protein alga <i>Chlorella sorokiniana</i> Shirira et Krauss.....	31
C. Efek pemaparan Cu dan Cd terhadap aktivitas enzim SOD.....	34
D. Efek pemaparan Cu dan Cd terhadap aktivitas enzim CAT.....	37
E. Efek pemaparan Cu dan Cd terhadap aktivitas enzim APX.....	39



**Efek Tembaga dan Kadmium terhadap Aktivitas Enzim Antioksidatif Alga *Chlorella sorokiniana*
Shirira
et Krauss**

TITI HAYATI RAHAYU, Dr.rer.nat. Andhika Puspito Nugroho, M.Si

UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

F. <i>Integrated biomarker responses</i> (IBR) logam tembaga.....	42
G. <i>Integrated biomarker responses</i> (IBR) logam kadmium.....	45
H. <i>Multiple factor analysis</i> pada logam Cu dan Cd	46
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN	52
A. Simpulan.....	52
B. Saran.....	52
RINGKASAN	54
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	66

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Enzim Antioksidan	12
Tabel 2 Kandungan protein alga <i>C. sorokiniana</i> pada konsentrasi berbeda.....	33
Tabel 3 Kandungan protein alga <i>C. sorokiniana</i> pada waktu berbeda	33

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Mekanisme kerja enzim SOD.....	13
Gambar 2. Siklus AA dan GSH.....	16
Gambar 3. ROS dan mekanisme pertahanan.....	19
Gambar 4. Bagan alir rancangan penelitian.....	22
Gambar 5. Kurva kerapatan alga <i>C. sorokiniana</i> terpapar logam tembaga.....	28
Gambar 6. Kurva kerapatan alga <i>C. sorokiniana</i> terpapar logam kadmium.....	29
Gambar 7. Kandungan protein alga.....	32
Gambar 8. Aktivitas enzim SOD.....	35
Gambar 9. Reaksi aktivitas katalase.....	37
Gambar 10. Aktivitas enzim CAT.....	38
Gambar 11. Aktivitas enzim APX.....	39
Gambar 12. Mekanisme pertahanan terhadap ROS.....	41
Gambar 13a. IBR Cu 0.3 $\mu\text{mol L}^{-1}$	44
Gambar 13b. IBR Cu 1.6 $\mu\text{mol L}^{-1}$	44
Gambar 13c. IBR Cu 15.7 $\mu\text{mol L}^{-1}$	44
Gambar 14a. IBR Cd 0.2 $\mu\text{mol L}^{-1}$	44
Gambar 14b. IBR Cd 0.9 $\mu\text{mol L}^{-1}$	44
Gambar 14c. IBR Cd 8.9 $\mu\text{mol L}^{-1}$	44
Gambar 15. Hasil MFA plot variabel grup.....	47
Gambar 16. Hubungan variabel kuantitatif dengan dimensi.....	49
Gambar 17. Hasil MFA individual.....	50

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Rumus aktivitas enzim.....	66
Lampiran 2. Kerapatan sel alga.....	66
Lampiran 3. Kandungan protein.....	67
Lampiran 4. Pengaruh Cu dan Cd terhadap kandungan protein.....	68
Lampiran 5. Pengaruh Cu dan Cd terhadap enzim SOD.....	69
Lampiran 6. Pengaruh Cu dan Cd terhadap enzim CAT.....	71
Lampiran 7. Pengaruh Cu dan Cd terhadap enzim APX.....	72
Lampiran 8. IBR logam tembaga.....	74
Lampiran 9. IBR logam kadmium.....	75
Lampiran 10. Hasil MFA.....	77

EFEK TEMBAGA DAN KADMIUM TERHADAP AKTIVITAS ENZIM ANTIOKSIDATIF ALGA *Chlorella sorokiniana* Shirira et Krauss

Titi Hayati Rahayu

17/421595/PBI/01523

INTISARI

Alga sebagai produsen utama dalam ekosistem perairan memiliki probabilitas terpapar dengan polutan logam. Paparan logam pada alga menginduksi terbentuknya *reactive oxygen species* (ROS) dan terjadi stres oksidatif yang memicu respon enzimatik misalnya superoksida dismutase (SOD), katalase (CAT) dan askorbat peroksidase (APX). Penelitian ini menggunakan alga *Chlorella sorokiniana* Shirira et Krauss yang dipapar dengan logam tembaga (Cu) dan kadmium (Cd) menggunakan 3 konsentrasi selama 5 periode waktu (jam 0, 2, 6, 24 dan 48). Tiga konsentrasi yang digunakan terdiri atas logam Cu 0.3 $\mu\text{mol L}^{-1}$, 1.6 $\mu\text{mol L}^{-1}$, 15.7 $\mu\text{mol L}^{-1}$ dan logam Cd 0.2 $\mu\text{mol L}^{-1}$, 0.9 $\mu\text{mol L}^{-1}$, 8.9 $\mu\text{mol L}^{-1}$. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari aktivitas enzim antioksidatif alga *Chlorella sorokiniana* Shirira et Krauss terhadap pemaparan Cu dan Cd. Hasil analisis statistika *analysis of variance* (ANOVA) menunjukkan bahwa logam Cu dan Cd berpengaruh signifikan terhadap kandungan protein, aktivitas enzim SOD dan APX tetapi tidak demikian dengan aktivitas enzim CAT. Analisis *integrated biomarker response* (IBR) menunjukkan adanya penurunan nilai IBR seiring dengan peningkatan konsentrasi logam kadmium tapi tidak terjadi pola serupa pada logam tembaga. Pendekatan *multiple factor analysis* (MFA) menunjukkan hasil perlakuan logam Cu konsentrasi 0.3 $\mu\text{mol L}^{-1}$ jam 48 memiliki kandungan protein dan aktivitas enzim SOD dengan nilai tinggi pada dimensi pertama. Untuk dimensi kedua yang memiliki nilai aktivitas enzim APX dan SOD tinggi yaitu perlakuan logam Cu konsentrasi 1.6 $\mu\text{mol L}^{-1}$ jam ke 6

Kata kunci: Logam, Enzim, *Chlorella sorokiniana*, *Integrated biomarker response*, *Multiple factor analysis*

EFFECTS OF COPPER AND CADMIUM TO ANTIOXIDATIVE ENZYME ACTIVITY ON ALGAE *Chlorella sorokiniana* Shirira et Krauss

Titi Hayati Rahayu
17/421595/PBI/01523

ABSTRACT

Algae *Chlorella* as a major producer in aquatic ecosystems had high probability of being exposed to metal pollutants. Metal exposure to algae induced the formation of reactive oxygen species (ROS) and oxidative stress. It triggered enzymatic responses such as superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and ascorbate peroxidase (APX) enzymes. This study used *Chlorella sorokiniana* Shirira et Krauss and they were exposed to copper (Cu) and cadmium (Cd) using 3 concentrations in 5 exposure times (hour of 0, 2, 6, 24 and 48). Three Cu concentrations used were 0.3 $\mu\text{mol L}^{-1}$, 1.6 $\mu\text{mol L}^{-1}$, 15.7 $\mu\text{mol L}^{-1}$ and Cd concentrations were 0.2 $\mu\text{mol L}^{-1}$, 0.9 $\mu\text{mol L}^{-1}$, 8.9 $\mu\text{mol L}^{-1}$. This study aimed to learn antioxidative enzyme of *Chlorella sorokiniana* Shirira et Krauss to exposure of Cu and Cd. The results of statistical analysis of variance (ANOVA) showed that the Cu and Cd metals had a significant effect on protein content, SOD and APX enzyme activity but not with CAT enzyme activity. Analysis of integrated biomarker response (IBR) showed a decrease in the value of IBR along with an increase cadmium concentration but no similar pattern found in copper. The multiple factor analysis (MFA) approach showed Cu 0.3 $\mu\text{mol L}^{-1}$ hour of 48 have high score of protein content and SOD enzyme activity in first dimension. For the second dimension, Cu 1.6 $\mu\text{mol L}^{-1}$ hour of 6 have high score of APX and SOD enzyme activity .

Keywords: Metal, Enzyme, *Chlorella sorokiniana*, Integrated biomarker response, Multiple factor analysis