

**DAYA ADAPTASI DAN EFEKTIVITAS MANGROVE BAKAU
(*Rhizophora spp.*) SEBAGAI AGEN REMEDIASI CEMARAN LIMBAH
DETERGEN**

(Skripsi)

Oleh

**SALMA ANNISA
1714151021**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

DAYA ADAPTASI DAN EFEKTIVITAS MANGROVE BAKAU (*Rhizophora* spp.) SEBAGAI AGEN REMEDIASI CEMARAN LIMBAH DETERGEN

Oleh

SALMA ANNISA

Salah satu permasalahan lingkungan yang timbul dari padatnya populasi penduduk adalah cemaran detergen. Tanaman mangrove sebagai salah satu penyusun ekosistem perairan berpotensi sebagai agen fitoremediasi untuk mengurangi dampak dari cemaran limbah detergen di perairan. Tujuan penelitian ini adalah menguji daya adaptasi dan efektivitas tiga jenis mangrove bakau *Rhizophora stylosa*, *Rhizophora apiculata*, dan *Rhizophora mucronata* sebagai agen fitoremediasi cemaran limbah detergen. Penelitian ini dirancang dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dan tiga perlakuan yaitu jenis mangrove *R. stylosa*, *R. apiculata*, dan *R. mucronata* dan konsentrasi detergen sebagai kelompok yaitu konsentrasi 0 ppm, 1.000 ppm dan 2.000 ppm. Parameter penelitian ini adalah pertumbuhan tinggi, pertumbuhan diameter, pertumbuhan jumlah daun, perubahan pH air, perubahan suhu air, dan penambahan biomassa. Data dianalisis dengan analisis sidik ragam dan uji beda nilai tengah perlakuan Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%. Efektivitas remediasi diukur dengan bioindikator mas (*Cyprinus carpio*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *R. apiculata* memiliki kemampuan adaptasi yang paling baik terhadap cemaran limbah detergen berdasarkan parameter pertumbuhan tinggi, pertumbuhan diameter, pertumbuhan jumlah daun, dan penambahan biomassa. Namun demikian *R. mucronata* ternyata adalah spesies yang paling efektif sebagai agen fitoremediasi cemaran limbah detergen, berdasarkan nilai persen hidup bioindikator yang paling tinggi dibandingkan *R. stylosa* dan *R. apiculata*.

Kata kunci: detergen, fitoremediasi, pencemaran air, *Rhizophora* spp., *Cyprinus carpio*

ABSTRACT

ADAPTATION CAPACITY AND EFFECTIVENESS OF MANGROVE (*Rhizophora* spp.) AS A DETERGENT WASTE CONTAMINANT REMEDICATION AGENT

By

SALMA ANNISA

One of the environmental problems arising from the dense population is detergent contamination. Mangrove plants as one of the constituents of aquatic ecosystems have the potential as phytoremediation agents to reduce the impact of detergent waste contamination in waters. This study aimed to examine the adaptability and effectiveness of three types of mangroves *Rhizophora stylosa*, *Rhizophora apiculata*, and *Rhizophora mucronata* as phytoremediation agents for detergent waste contamination. This study was designed in a randomized block design (RBD) with three treatments, namely mangrove species *R. stylosa*, *R. apiculata*, and *R. mucronata* detergent concentrations as a group, namely concentrations of 0 ppm, 1,000 ppm and 2,000 ppm. The parameters of this research were height growth, diameter growth, leaf number growth, changes in water pH, changes in water temperature, and the addition of biomass. Data were analyzed by analysis of variance and mean difference test for Least Significant Difference (LSD) at a 5% significance level. Remediation effectiveness was measured by bioindicator *Cyprinus carpio*. The results showed that *R. apiculata* had the best adaptability to detergent waste contamination based on growth parameters, diameter growth, number of leaves growth, and biomass addition. However, *R. mucronata* turned out to be the most effective species as a phytoremediation agent for detergent waste contamination, based on the highest bioindicator survival rate compared to *R. stylosa* and *R. apiculata*.

Key words: detergent, water pollution, phytoremediation, *Rhizophora* spp.,
Cyprinus carpio

**DAYA ADAPTASI DAN EFEKTIVITAS MANGROVE BAKAU
(*Rhizophora* spp.) SEBAGAI AGEN REMEDIASI CEMARAN LIMBAH
DETERGEN**

Oleh

SALMA ANNISA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA KEHUTANAN**

Pada

**Jurusan Kehutanan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi : **DAYA ADAPTASI DAN EFEKTIVITAS
MANGROVE BAKAU (*Rhizophora spp.*)
SEBAGAI AGEN REMEDIASI
CEMARAN LIMBAH DETERGEN**

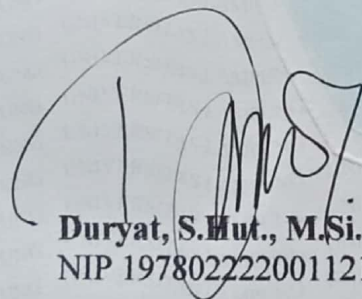
Nama Mahasiswa : **Salma Annisa**

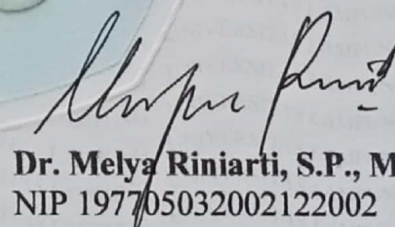
Nomor Pokok Mahasiswa : 1714151021

Jurusan : Kehutanan

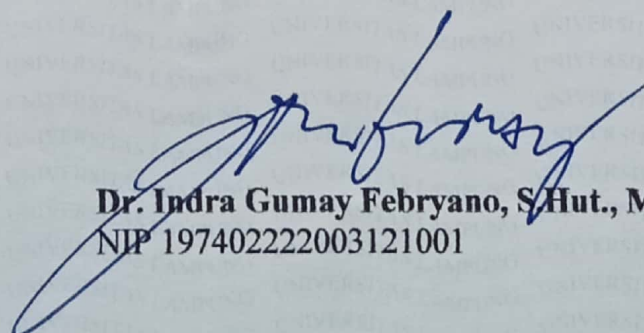
Fakultas : Pertanian




Duryat, S.Hut., M.Si.
NIP 197802222001121001


Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si.
NIP 197705032002122002

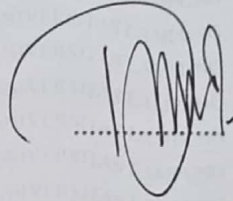
2. Ketua Jurusan Kehutanan


Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si.
NIP 197402222003121001

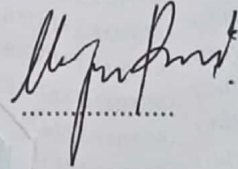
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

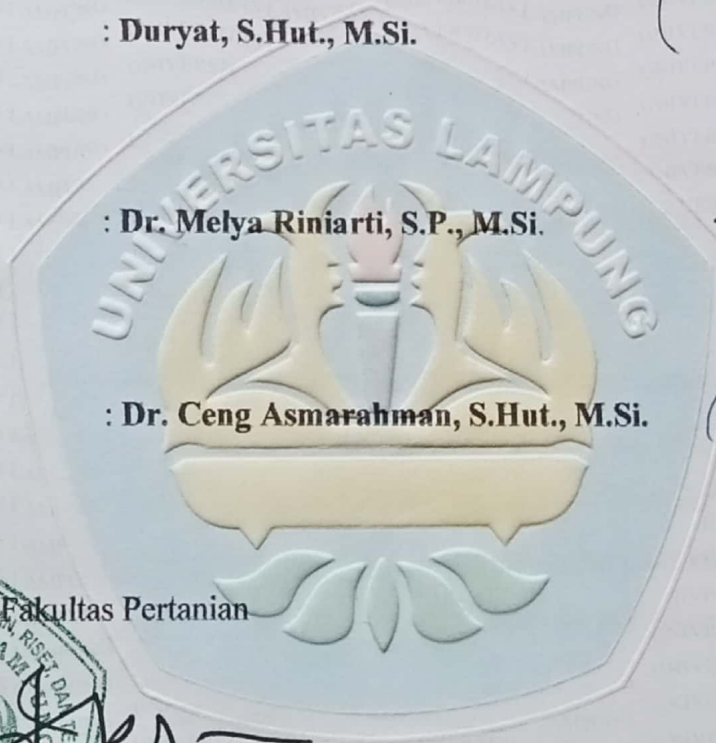
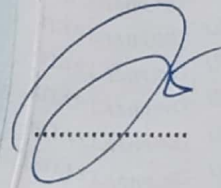
Ketua : Duryat, S.Hut., M.Si.



Sekretaris : Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si.



Penguji : Dr. Ceng Asmarahman, S.Hut., M.Si.



Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 24 November 2022

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Salma Annisa

NPM : 1714151021

Menyatakan dengan sebenar-benarnya dan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul:

**“DAYA ADAPTASI DAN EFEKTIVITAS MANGROVE BAKAU
(*Rhizophora spp.*) SEBAGAI AGEN REMEDIASI CEMARAN LIMBAH
DETERGEN”**

Adalah benar karya saya sendiri yang saya susun dengan mengikuti norma dan etika akademik yang berlaku. Selanjutnya, saya juga tidak keberatan apabila sebagian atau seluruh data pada skripsi ini digunakan dosen dan/atau program studi untuk kepentingan publikasi. Jika di kemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar sarjana maupun tuntutan hukum.

Bandar Lampung, 12 November 2022

Yang menyatakan



Salma Annisa
NPM 1714151021

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bantul, D.I. Yogyakarta pada tanggal 10 Mei 1999. Anak pertama dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Rahmat dan Ibu Nurmawati. Penulis menempuh pendidikan di TK An-Nisa tahun 2004-2005, Sekolah Dasar Negeri Limus Nunggal 03 tahun 2005-2011, Sekolah Menengah Pertama Negeri 31 Kota Bekasi tahun 2011-2014, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 7 Kota Bekasi tahun 2014-2017.

Penulis diterima di Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung tahun 2017 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam kegiatan kemahasiswaan antara lain sebagai Sekretaris Bidang Media Center Fosi di UKM-F Forum Studi Islam (FOSI) Fakultas Pertanian tahun 2018 dan 2019, Sekretaris Departemen Media dan Branding di UKM-U Bina Rohani Islam Mahasiswa (Birohmah) Universitas Lampung tahun 2020.

Selama menjadi mahasiswa, penulis telah mengikuti beberapa kegiatan kampus antara lain mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sukacari, Kecamatan Batanghari Nuban, Kabupaten Lampung Timur pada bulan Januari-Februari selama 40 hari dan juga Praktik Umum (PU) di Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Kotaagung Utara, Kabupaten Tanggamus pada bulan Juni-Agustus tahun 2020 selama 40 hari.

*“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”
(Qs. Al-Baqarah: 286)*

“Skripsi ini kupersembahkan kepada orang tua tercinta yang telah mendidik dan mendukung dengan penuh kesabaran dan kasih sayang dalam setiap keadaan”

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah subhanahu wa ta'ala atas rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi dengan judul “Daya Adaptasi dan Efektivitas Mangrove Bakau (*Rhizophora* spp.) sebagai Agen Remediasi Cemaran Limbah Detergen” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan di Universitas Lampung. Penyelesaian penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta dorongan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada beberapa pihak sebagai berikut:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung atas semua arahan kepada penulis.
2. Bapak Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si. selaku Ketua Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah membantu dan memfasilitasi dalam proses penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Duryat, S.Hut., M.Si. selaku pembimbing utama yang telah meluangkan waktu untuk memberikan pengarahan, motivasi, masukan, dan saran dalam proses penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si. selaku pembimbing ke dua yang telah meluangkan waktu untuk memberikan pengarahan, masukan, saran, motivasi, dan perhatian dalam proses penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Ceng Asmarahman, S.Hut., M.Si. selaku penguji yang telah memberikan kritik, masukan, dan saran yang baik dalam proses penyusunan skripsi ini.
6. Ibu Rommy Qurniati, S.P., M.Si. selaku pembimbing akademik yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, mengarahkan dan memberi perhatian selama perkuliahan.

7. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu, pengetahuan, dan pengalaman selama masa perkuliahan di Universitas Lampung.
8. Bapak dan Ibu Staff Administrasi Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah membantu saya menyelesaikan seluruh keperluan administrasi di Universitas Lampung.
9. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak Rahmat dan Ibu Nurmawati, adik-adik Farid Arif Fadillah dan Irfan Firdaus, serta seluruh keluarga penulis yang telah mencurahkan segala kasih sayang, doa, semangat, serta dukungan kepada penulis.
10. Sahabat-sahabat terbaik yaitu Adraisna, Hafidzah, Leni, Trislina, Muhtar, Saipul, Siruan, Nida, Yuyun, Diyah, dan Ivo atas segala bantuan dan kebaikannya.
11. Teman-teman seperjuangan Melina, Natasya, Neneng, dan Winda yang telah banyak membantu, menemani, dan menyemangati penulis.
12. Teman-teman jurusan Kehutanan Angkatan 2017 (Raptors) atas segala pengertian dan bantuannya selama masa perkuliahan.
13. Teman-teman, kakak-kakak, mba-mba, serta adik-adik Fosi FP dan Birohmah Universitas Lampung atas pengalaman berharganya selama berorganisasi.
14. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah banyak membantu dalam penyelesaian masa perkuliahan, penelitian dan penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, akan tetapi penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada para pembaca.

Bandar Lampung, 12 Desember 2022

Salma Annisa

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	4
1.3. Kerangka Pemikiran	4
1.4. Hipotesis	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Pencemaran Air	7
2.2. Baku Mutu Lingkungan	8
2.2. Komposisi Detergen	9
2.4. Bioindikator Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i>)	11
2.5. Fitoremediasi	12
2.6. Mangrove Sebagai Fitoremediator	12
2.7. Karakteristik <i>Rhizophora stylosa</i>	14
2.8. Karakteristik <i>Rhizophora apiculata</i>	15
2.9. Karakteristik <i>Rhizophora mucronata</i>	17
2.10. Oksigen Terlarut (<i>Dissolved Oxygen</i>)	18
III. METODE PENELITIAN	19
3.1. Waktu dan Tempat	19
3.2. Bahan dan Alat	19
3.3. Rancangan Penelitian	19
3.4. Pelaksanaan Penelitian	20
3.4.1. Pembuatan Bahan Limbah Detergen	20
3.4.2. Penyiapan Bibit Mangrove (<i>Rhizophora</i> spp.)	21
3.4.3. Penyediaan Bioindikator	21
3.4.4. Uji Adaptasi Mangrove	21
3.4.5. Uji Efektivitas Bibit Mangrove	21
3.5. Parameter Penelitian	22
3.5.1. Pertambahan Tinggi Bibit (cm)	22
3.5.2. Pertambahan Diameter Bibit (mm)	22
3.5.3. Pertambahan Jumlah Daun (helai)	22
3.5.5. Perubahan Suhu (°C)	22

	Halaman
3.5.6. Biomassa (g)	23
3.5.7. Tingkat Kelangsungan Hidup/ <i>Survival Rate</i> Ikan (%)	23
3.6. Analisis Data	23
3.6.1. Uji Homogenitas	23
3.6.2. Analisis Sidik Ragam (ANOVA).....	24
3.6.3. Uji Beda Nilai Tengah Perlakuan	25
3.7. Perbandingan Daya Adaptasi	26
3.8. Jenis Mangrove Paling Efektif	26
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1. Hasil.....	27
4.2. Pembahasan	34
4.2.1. Pertambahan Tinggi.....	35
4.2.1. Pertambahan Diameter.....	36
4.2.3. Pertambahan Jumlah Daun	37
4.2.4. Biomassa.....	37
4.2.5. Tingkat Kelangsungan Hidup Ikan/ <i>Survival Rate</i>	38
V. SIMPULAN DAN SARAN	40
5.1. Simpulan.....	40
5.2. Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	54
1. Tabel-Tabel Pengolahan Data.....	55
2. Dokumentasi Penelitian	59

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Baku mutu air limbah.....	8
2. Tata letak unit percobaan dalam RAK.....	20
3. Analisis sidik ragam.....	25
4. Persen hidup mangrove <i>Rhizophora</i> spp.....	26
5. Persen hidup ikan mas (<i>Cyprinus carpio</i>).....	26
6. Rekapitulasi hasil analisis uji homogenitas <i>R. stylosa</i>	27
7. Rekapitulasi hasil analisis uji homogenitas <i>R. apiculata</i>	27
8. Rekapitulasi hasil analisis uji homogenitas <i>R. mucronata</i>	28
9. Rekapitulasi hasil analisis sidik ragam <i>R. stylosa</i>	28
10. Rekapitulasi hasil analisis sidik ragam <i>R. apiculata</i>	29
11. Rekapitulasi hasil analisis sidik ragam <i>R. mucronata</i>	29
12. Perubahan pH air pada awal penelitian dan akhir penelitian	30
13. Hasil uji beda nilai tengah perlakuan <i>R. stylosa</i>	30
14. Hasil uji beda nilai tengah perlakuan <i>R. apiculata</i>	31
15. Hasil uji beda nilai tengah perlakuan <i>R. mucronata</i>	31
16. Persen hidup bibit mangrove <i>Rhizophora</i> spp. pada cemaran detergen.....	32
17. Persen hidup bioindikator benih ikan mas (<i>Cyprinus carpio</i>)	33
18. Analisis sidik ragam <i>R. stylosa</i> pada parameter pertumbuhan tinggi	55
19. Analisis sidik ragam <i>R. apiculata</i> pada parameter pertumbuhan tinggi	55
20. Analisis sidik ragam <i>R. mucronata</i> pada parameter pertumbuhan tinggi	55
21. Analisis sidik ragam <i>R. stylosa</i> pada parameter pertumbuhan diameter batang	55
22. Analisis sidik ragam <i>R. apiculata</i> pada parameter pertumbuhan diameter batang	56

Tabel	Halaman
23. Analisis sidik ragam <i>R. mucronata</i> pada parameter pertumbuhan diameter batang.....	56
24. Analisis sidik ragam <i>R. stylosa</i> pada parameter pertumbuhan jumlah daun	56
25. Analisis sidik ragam <i>R. apiculata</i> pada parameter pertumbuhan jumlah daun.....	56
26. Analisis sidik ragam <i>R. mucronata</i> pada parameter pertumbuhan jumlah daun.....	57
27. Analisis sidik ragam <i>R. stylosa</i> pada parameter perubahan pH air	57
28. Analisis sidik ragam <i>R. apiculata</i> pada parameter perubahan pH air	57
29. Analisis sidik ragam <i>R. mucronata</i> pada parameter perubahan pH air.....	57
30. Analisis sidik ragam <i>R. stylosa</i> pada parameter biomassa.....	58
31. Analisis sidik ragam <i>R. apiculata</i> pada parameter biomassa.....	58
32. Analisis sidik ragam <i>R. mucronata</i> pada parameter biomassa.....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran	5
2. Benih ikan mas	11
3. Daun (a), bunga (b), dan buah (c) <i>Rhizophora stylosa</i>	14
4. Daun (a), bunga (b), dan buah (c) <i>Rhizophora apiculata</i>	16
5. Daun (a), bunga (b), dan buah (c) <i>Rhizophora mucronata</i>	17
6. Bercak kecoklatan pada daun <i>R. stylosa</i> (a) dan <i>R. apiculata</i> (b).....	33
7. Tanah sebagai media tumbuh mangrove.....	59
8. Memasukkan media tanah pada <i>polybag</i>	59
9. Persiapan bibit sebelum pengujian.....	60
10. Persiapan sebelum bibit mangrove diaklimatisasi	60
11. Bibit mangrove diaklimatisasi selama 7 hari.....	61
12. Aklimatisasi bibit mangrove sebelum pengujian	61
13. Penimbangan detergen untuk konsentrasi 2.000 ppm.....	62
14. Penimbangan detergen untuk konsentrasi 1.000 ppm.....	62
15. Box uji diisi dengan cemaran detergen sesuai konsentrasi	63
16. Pengukuran suhu air menggunakan termometer	63
17. Kondisi awal pertumbuhan bibit mangrove	64
18. Bercak kecoklatan pada tunas daun <i>Rhizophora stylosa</i>	64
19. Bercak kecoklatan pada daun <i>Rhizophora apiculata</i>	65
20. Kondisi fisik daun <i>Rhizophora mucronata</i>	65
21. Penampakan beberapa daun terdapat bercak kecoklatan	66
22. Pengukuran rutin diameter batang bibit mangrove	66
23. Pengukuran rutin tinggi bibit mangrove	67
24. Kondisi fisik daun <i>Rhizophora stylosa</i>	67
25. Kondisi fisik daun <i>Rhizophora apiculata</i>	68

Gambar	Halaman
26. Kondisi fisik daun <i>Rhizophora mucronata</i>	68
27. Penampakan pertumbuhan mangrove setelah 1 bulan	69
28. Kondisi fisik daun membaik setelah minggu kelima	69
29. Tampak samping bibit mangrove.....	70
30. Aklimatisasi Benih Ikan Mas	70
31. Ikan yang mati setelah diaklimatisasi	71
32. Ukuran panjang tubuh ikan	71
33. Pemasukan bioindikator ikan pada box uji	72
34. Penampakan ikan mati pada box uji.....	72
35. Pengambilan bioindikator ikan yang mati.....	73
36. Kematian ikan setelah diuji pada <i>styrofoam box</i>	73
37. Pengukuran tinggi <i>Rhizophora stylosa</i>	74
38. Pengukuran suhu air menggunakan termometer	74
39. Pengukuran pH menggunakan pH meter	75
40. Pengukuran diameter batang menggunakan <i>calliper</i>	75
41. Kondisi tahap akhir pengamatan pertumbuhan bibit	76
42. Pertumbuhan bibit mangrove setelah 8 minggu.....	76
43. Pengeringan bibit setelah dicuci.....	77
44. Pembongkaran bibit setelah selesai pengujian.....	77
45. Pengeringan bibit setelah pengujian.....	78
46. Akar setelah dilakukan pencucian.....	78
47. Tajuk sebelum dilakukan pengeringan dalam oven	79
48. Akar setelah dilakukan pengeringan dalam oven.....	79
49. Penimbangan bobot basah tajuk.....	80
50. Penimbangan biomassa setelah dilakukan pengovenan	80
51. Pengeringan bagian tanaman dengan oven	81
52. Pengovenan dilakukan dengan suhu $80^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$	81

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kepadatan populasi penduduk Indonesia yang terus meningkat mempengaruhi pola konsumsi masyarakat terhadap pemenuhan kebutuhan hidup. Tingginya aktivitas manusia dalam memenuhi kebutuhan hidup dapat menghasilkan limbah sisa konsumsi yang berdampak pada penurunan kualitas lingkungan (Kospa dan Rahmadi, 2019). Salah satu permasalahan lingkungan yang ditimbulkan dari padatnya populasi penduduk adalah pencemaran air yang dihasilkan dari pembuangan air limbah rumah tangga dan limbah industri (Prioko dkk., 2017). Limbah dalam skala kecil tidak akan menimbulkan masalah besar bagi alam karena alam memiliki kemampuan untuk menguraikan kembali komponen-komponen yang terkandung dalam limbah. Namun, bila limbah terakumulasi dalam skala besar, maka akan menimbulkan permasalahan yang dapat mengganggu keseimbangan lingkungan (Zairinayati dan Shatriadi, 2019)

Limbah domestik yang sering dijumpai pada perairan adalah air limbah yang berasal dari limbah rumah tangga maupun limbah industri jasa *laundry*. Cemaran limbah tersebut dapat mencemarkan air dan menimbulkan terjadinya perubahan ekosistem muara berupa perubahan temperatur, derajat keasaman (pH), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan kandungan logam berat lainnya (Farhan, 2017). Penggunaan detergen dalam proses pencucian adalah salah satu faktor yang akan mempengaruhi kualitas air apabila limbah tersebut dibuang langsung ke lingkungan (Apriyani, 2017). Akumulasi kandungan pencemar tersebut akan mengakibatkan pengaruh negatif terhadap kondisi fisik, kimia, dan biologi perairan baik secara langsung maupun tidak langsung (Noviana dan Prinajati, 2021).

Komponen utama yang terkandung dalam detergen adalah surfaktan dan *builders*. Salah satu jenis surfaktan yang terkandung pada produk pembersih yaitu

Sodium Lauryl Sulfate (SLS). Sedangkan bahan *builders* yang digunakan dalam kandungan detergen adalah senyawa fosfat jenis *sodium tripolyphospat* (STPP) (Sagala, 2020). Surfaktan dan *builders* merupakan zat yang sulit terdegradasi secara alami di alam (Sumarno dkk., 1996). Adanya kandungan surfaktan di perairan dapat menyebabkan turunnya tegangan permukaan air dari buih yang dihasilkan (Putro dkk., 2012). Yuliani dkk. (2015) menyatakan bahwa semakin tinggi akumulasi detergen maka semakin rendah suplai oksigen terlarut dalam air.

Deterjen juga mengandung fosfat (pembangun) yang dapat mengurangi kesadahan air dengan cara mengikat ion kalsium dan magnesium meskipun fosfat sendiri tidak beracun bahkan menjadi nutrisi penting bagi makhluk hidup (Pattusamy *et al.*, 2013). Keberadaan senyawa fosfat dalam bentuk terlarut, tersuspensi atau terikat di dalam sel organisme air biasanya berupa senyawa *ortofosfat*, *polifosfat* dan fosfat organik (Utomo dkk., 2018). Kandungan *ortofosfat* yang tinggi di perairan akan mengakibatkan terjadinya proses eutrofikasi (Rosita dkk., 2013). Dalam jumlah banyak, fosfat menyebabkan eutrofikasi perairan dan menyebabkan berkurangnya jumlah oksigen perairan yang dapat membahayakan ekosistem perairan. Kandungan fosfat terlarut ini dapat menstimulasi pertumbuhan pada alga, rumput-rumputan, dan gulma air meningkat pesat melebihi batas normal (Suastuti dkk., 2015).

Berdasarkan banyaknya dampak yang ditimbulkan oleh limbah, perlu meningkatkan kesadaran akan pentingnya kepemilikan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) terutama pada jasa industri *laundry* dalam melakukan pengolahan limbah cemaran detergen sebelum dibuang ke lingkungan (Aji, 2020). Terdapat beberapa penelitian yang mengelompokkan metode pengolahan limbah *laundry* menjadi 4, yaitu biodegradasi, elektrokoagulasi, membran, dan biofilter (Apriyani, 2017). Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menurunkan cemaran detergen pada air yaitu dengan sistem lumpur aktif secara biodegradasi (Hendra dkk., 2016). Namun, metode ini memerlukan waktu yang cukup lama serta biaya relatif besar sehingga kurang efektif dalam pengelolaan air limbah dengan kandungan detergen di dalamnya. Cara lainnya yang dapat digunakan dalam pengolahan limbah detergen yaitu dengan menggunakan *trickling filter*. Akan tetapi metode tersebut memerlukan beberapa tahapan proses, bahan kimia, dan menghasilkan

residu yang berbahaya bagi kesehatan (Schleheck dkk., 2000). Berdasarkan beberapa metode pengolahan cemaran limbah detergen tersebut, perlu dilakukan pengujian keefektifan dari metode lain yaitu teknik fitoremediasi menggunakan salah satu komponen penyusun hutan mangrove.

Fitoremediasi adalah upaya penggunaan tanaman sebagai agen biologi dalam memisahkan atau mendetoksifikasi berbagai jenis kontaminan yang terdapat di lingkungan (Samar dkk., 2019). Menurut Pandey *et al.* (2014), tanaman memanfaatkan kemampuan penyimpanan atau degradasi, translokasi, dan bioakumulasi kontaminan untuk menghilangkan atau mengubah kontaminan lingkungan seperti logam berat, senyawa organik, dan senyawa radioaktif menjadi tidak berbahaya (Muhsinin, 2019). Terdapat berbagai penelitian yang telah menggunakan tanaman sebagai agen remediasi antara lain fitoremediasi menggunakan tanaman melati air (*Echinodorus paleaefolius*) (Siswandari dkk., 2016), eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) (Raissa, 2017), kiambang (*Salvinia natans*) (Nurfita dkk., 2018), kayu apu (*Pistia stratiotes*) (Wandhana, 2013), kangkung air (*Ipomoea aquatica*) (Rosita dkk., 2013) dan lembang (*Typha angustifolia*) (Arianti, 2020).

Tanaman mangrove sebagai salah satu penyusun ekosistem perairan berpotensi mengalami dampak secara langsung apabila terdapat pencemaran limbah atau logam berat di perairan (Arisandy dkk., 2012). Ekosistem mangrove memiliki fungsi dalam mengendalikan kualitas air, merangkap sedimen dan partikel yang terangkut dalam air (Kumar *et al.*, 2011). Mangrove *Rhizophora* spp. sering diteliti sebagai tumbuhan fitoremediator yang dapat mengakumulasi logam berat (Mentari dkk., 2022) tetapi kemampuan untuk tiap spesiesnya berbeda – beda (Tam and Wong, 2000). Oleh karena itu, mangrove berpotensi sebagai agen remediasi cemaran limbah detergen.

Perubahan kondisi lingkungan yang signifikan dapat mengakibatkan kematian pada biota air (Mubarak dkk., 2010). Ikan sebagai organisme akuatik memiliki kemampuan dalam merespon pencemaran material beracun dan perubahan lingkungan perairan (Wulansari dan Ardiansyah, 2013). Ikan mas (*Cyprinus carpio*) adalah salah satu jenis ikan yang memiliki respon baik terhadap pencemaran. Hermana dan Indriati (2006) menyatakan bahwa ikan mas (*Cyprinus*

carpio) memenuhi kriteria sebagai bioindikator, yaitu tersedia dalam ukuran dan jumlah yang bervariasi, memiliki sensitivitas oksigen terlarut yang tinggi, rentan terhadap perubahan lingkungan, mudah didapatkan dengan harga terjangkau, mudah dikembangbiakkan dalam skala laboratorium, dan dapat hidup sepanjang tahun. Bioindikator ikan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan umur benih 1 bulan. Hal ini dikarenakan pada umur tersebut ikan memiliki daya adaptasi yang tergolong rendah terhadap lingkungan tercemar (Nasir dan Khalil, 2016).

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

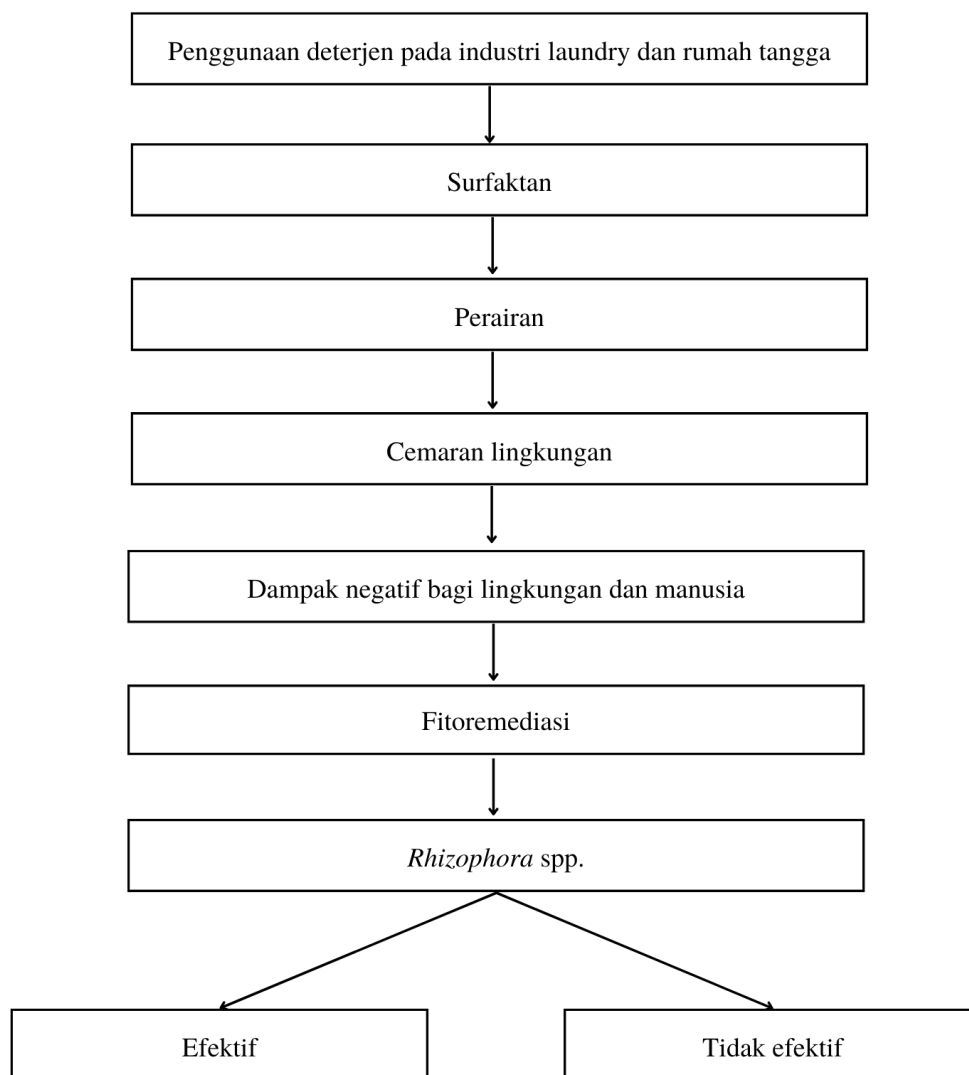
1. Menguji daya adaptasi tiga spesies mangrove bakau (*Rhizophora* spp.) terhadap cemaran limbah detergen.
2. Mendapatkan spesies mangrove bakau (*Rhizophora* spp.) yang paling efektif sebagai agen fitoremediasi cemaran limbah detergen dan diukur dengan bioindikator ikan mas (*Cyprinus carpio*).

1.3. Kerangka Pemikiran

Penelitian ini akan menguji daya adaptasi dan efektivitas bibit mangrove bakau (*Rhizophora* spp.) dalam menyerap kandungan cemaran detergen dengan mengujikan pada bioindikator ikan mas (*Cyprinus carpio*). Mangrove digunakan sebagai remediator pada cemaran detergen karena mangrove memiliki kemampuan untuk melemahkan efek racun melalui pengenceran (dilusi), yaitu dengan menyimpan banyak air untuk mengencerkan konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuhnya sehingga dapat mengurangi toksisitas logam tersebut. Pengenceran dengan penyimpanan air di dalam jaringan biasanya terjadi pada daun dan diikuti dengan terjadinya penebalan daun (*sukulensi*). Ekskresi juga merupakan upaya tumbuhan dalam menyimpan materi toksik logam berat di dalam jaringan yang sudah tua seperti daun yang sudah tua dan kulit batang yang mudah mengelupas, sehingga dapat mengurangi konsentrasi logam berat di dalam tubuhnya (Kariada dan Irsadi, 2014).

Ikan merupakan salah satu komponen biotik yang menyusun ekosistem perairan memiliki kerentanan terhadap perubahan lingkungan baik secara

langsung maupun tidak langsung (Apriliyani, 2020). Ikan dapat menunjukkan reaksi apabila terdapat senyawa pencemar yang terlarut dalam batas konsentrasi tertentu (Tugiyono, 2009). Bahan-bahan aktif yang digunakan dalam detergen memiliki sifat toksik dan efek akut pada ikan. Dalam konsentrasi rendah bahan-bahan tersebut dapat menimbulkan pengaruh terhadap organ tubuh ikan yaitu hati dan insang (Handayani, 2020). Apabila terjadi respon kematian pada bioindikator yang digunakan, hal tersebut menjadi suatu *warning indicator* terganggunya keseimbangan lingkungan sumber daya air. Adanya kematian organisme tersebut menunjukkan bahwa air dengan kontaminasi detergen yang tinggi tidak layak untuk sumber pemanfaatan dan peruntukkan tertentu (Hidayat, 2015). Kerangka penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pemikiran

1.4. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. *Rhizophora mucronata* memiliki daya adaptasi yang paling baik terhadap cemaran limbah detergen.
2. *Rhizophora mucronata* merupakan spesies yang paling efektif sebagai agen fitoremediasi cemaran limbah detergen dibandingkan *Rhizophora stylosa* dan *Rhizophora apiculata*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pencemaran Air

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 32 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian pengertian dari pencemaran air adalah masuknya makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air mengalami penurunan sampai tingkat tertentu yang mengakibatkan air tidak bisa berfungsi sesuai peruntukannya. Pencemaran air terjadi apabila masukan zat organik maupun anorganik ke dalam suatu perairan melampaui kemampuan ekosistem mengasimilasi zat tersebut. Dengan dilampauinya kemampuan asimilasi ekosistem tersebut, terjadilah akumulasi zat organik dan atau zat anorganik yang terkandung dalam air. Akumulasi zat tersebut akan memacu perkembangan organisme tertentu, sementara organisme lain terhambat sehingga terjadi eutrofikasi dalam perairan tersebut (Taufik, 2006).

Apabila terdapat kandungan total padatan dan suspensi yang sangat tinggi dalam suatu perairan akan menyebabkan penurunan kualitas air (Kamalia dan Sudarti, 2022). Umumnya, pencemaran air akan berdampak terhadap kehidupan biota air, bagi kesehatan manusia, terhadap kualitas air tanah, mempercepat proses kerusakan benda, terhadap estetika lingkungan (Aprilia dan Zunggal, 2019). Dampak nyata yang terjadi pada perairan yaitu menyebabkan oksigen terlarut dalam air pada kondisi yang kritis atau merusak kadar kimia air. Rusaknya kadar kimia air tersebut akan berpengaruh terhadap fungsi dari air. Besarnya beban pencemaran yang ditampung oleh suatu perairan dapat diperhitungkan berdasarkan jumlah polutan yang berasal dari berbagai sumber aktivitas air buangan dari proses-proses industri dan buangan domestik yang berasal dari penduduk (Salmin, 2005).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001 mengenai Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air pengelompokan mutu air dibedakan menjadi empat kelas. Kelas I peruntukkan air sebagai bahan baku air minum. Kelas II peruntukkan air sebagai sarana dan prasarana rekreasi air. Kelas III peruntukkan air sebagai pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, pertanian dan lain-lain. Kelas IV peruntukkan air sebagai pengairan tanaman atau yang lainnya.

2.2. Baku Mutu Lingkungan

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah mengatur kadar maksimum pembuangan cemaran limbah. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Baku mutu air limbah

Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)	Beban Pencemaran Maksimum (kg / ton)		
		Sabun	Minyak Nabati	Detergen
BOD ₅	75	0,60	1,88	0,075
COD	180	1,44	4,50	0,180
TSS	60	0,48	1,50	0,06
Minyak dan Lemak	15	0,120	0,375	0,15
Fosfat (PO ₄)	2	0,016	0,05	0,002
MBAS	3	0,024	0,075	0,003
pH	6,0-9,0			
Debit Limbah Maksimum		8 m ³ per ton produk sabun	25 m ³ per ton produk minyak nabati	1 m ³ per ton produk detergen

Sumber Tabel 1 : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014

Keterangan:

BOD = *Biological Oxygen Demand*

COD = *Chemical Oxygen Demand*

TSS = *Total Suspended Solid*

MBAS = *Methylen Blue Active Surfactant*

pH = *Potential of Hydrogen/derajat keasaman*

Beberapa tahun terakhir terdapat banyak penelitian yang dilakukan untuk mengetahui efektivitas suatu metode dalam mengurangi cemaran limbah detergen. Kebanyakan dari penelitian tersebut menunjukkan hasil cemaran limbah detergen melampaui batas mutu lingkungan air limbah yang telah ditetapkan. Ardiyanto

(2016) melakukan penelitian yang mendapatkan kadar COD tertinggi dari pengukuran air limbah *laundry* di Kota Semarang yaitu 2.418 mg/L, serta kadar COD tertinggi pada badan air atau sungai kecil penerima aliran *laundry* yaitu sebesar 1.488 mg/L. Kedua hasil pengukuran tersebut jauh dari angka baku mutu yang ditetapkan yaitu sebesar 180 mg/L. Hasil uji kandungan COD yang dilakukan oleh Pangesti (2021) terhadap limbah cair *laundry* di kecamatan Medan Selayang Kota Medan menunjukkan 32 dari total keseluruhan *laundry* di daerah tersebut melewati batas baku mutu kandungan COD yang telah ditetapkan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 yaitu sebesar 180 mg/L. Hasil uji yang dilakukan oleh Stefhany dkk. (2013) kadar fosfat pada limbah cair detergen sebelum dilakukan fitoremediasi sangat tinggi yakni sebesar 3,681 mg dengan pH sebesar 9,9. Sedangkan, berdasarkan standar baku mutu limbah cair detergen, kadar fosfat yang diizinkan untuk dibuang ke lingkungan adalah sebesar 2 mg/L dan pH tidak kurang dari 6,0 dan tidak lebih dari 9,0.

Dalam penelitian Purnamari (2014) mendapatkan kandungan *Linear Alkylbenzene Sulfonat* (LAS) pada limbah *laundry* menunjukkan kandungan LAS sebesar 5,48 mg/L berada di atas nilai ambang mutu aman bagi lingkungan. Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan oleh Noviana dan Prinajati (2021), diperoleh kandungan surfaktan sebesar 183,10 mg/L, nilai TSS sebesar 278,25 mg/L, dan nilai pH mencapai 9,18 dari limbah *laundry* "A" Desa Sasak Panjang. Nilai surfaktan dan TSS yang tinggi tersebut menyebabkan peningkatan kadar COD sebesar 2137,63 mg/L dan BOD₅ sebesar 876 mg/L. Berdasarkan nilai baku mutu lingkungan, parameter surfaktan, BOD₅, COD, TSS, dan pH pada limbah *laundry* tersebut melebihi batas nilai yang ditetapkan.

2.2. Komposisi Detergen

Detergen merupakan suatu derivatik zat organik sehingga akumulasinya menyebabkan meningkatnya *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan angka permanganat (Suprijandani, 2018). Komposisi kimia detergen umumnya dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu zat aktif permukaan (surfaktan) berkisar 20%–30%, bahan penguat (*builders*) merupakan komponen terbesar dari detergen berkisar 70%–80% dan

bahan-bahan lainnya (pemutih, pewangi, bahan lain) sekitar 2%–8%, di mana surfaktan merupakan bahan pembersih utama dalam detergen (Salager, 1999). Surfaktan dikelompokkan menjadi empat, yaitu surfaktan anion, surfaktan kationik, surfaktan nonionik dan surfaktan *amphoteric (zwitterionic)* (Effendi, 2003). Surfaktan yang biasa digunakan untuk keperluan rumah tangga adalah kelompok surfaktan anion (Sumarwanto dan Hartati, 2018). *Sodium Lauryl Sulfate* (SLS) merupakan surfaktan jenis anionik primer yang digunakan sebagai zat pembusa karena memiliki daya pembusa yang sangat baik meskipun dalam konsentrasi rendah (Sagala, 2020). Penggunaan bahan ini bertujuan untuk meningkatkan kekuatan dalam menghilangkan dan mengendapkan kotoran serta membantu detergen memiliki struktur yang baik (Febriani dan Andiani, 2020).

Kandungan detergen jenis surfaktan anionik dengan gugus alkil (umumnya C9 atau C15) atau garam dari sulfonat atau sulfat berantai panjang dari natrium ($R-SO_3Na$ dan $R-OSO_3Na$) yang berasal dari turunan minyak nabati atau minyak bumi (fraksi parafin dan olefin) (Rahimah dkk., 2016). Ditinjau dari rumus strukturnya, surfaktan dibedakan menjadi 2, yaitu rantai lurus yang dikenal dengan *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LAS) dan rantai bercabang yang dikenal dengan *Alkyl Benzene Sulfonate* (ABS) (Sopiah, 2006). *Sodium Tripolyphosphat* (STPP) biasanya ditemukan ada komposisi *builders* karena memiliki kelarutan yang baik dan memiliki karakteristik *ion-sequestering*, ion untuk membentuk senyawa kompleks. *Alkyl Benzene Sulfonat* (ABS) dalam bentuk konsentrasi kompleks kemudian terikat dengan bahan organik akan menjadi molekul kompleks yang lebih berat (Larasati dkk., 2021). Oleh karena itu, kombinasi antara surfaktan dengan *builders* dapat menunjukkan efek sinergis pada daya detergensi komposisi detergen (Smulders, 2002).

Pemakaian detergen kerap menimbulkan persoalan bagi pengguna yang memiliki sifat sensitif. Pengguna detergen dapat mengalami iritasi kulit, kulit gatal-gatal, ataupun kulit menjadi terasa lebih panas usai memakai detergen. Dalam proses klorinasi pengolahan air minum PDAM, surfaktan dapat membentuk *chlorobenzene* yang bersifat racun dan berbahaya bagi kesehatan (Al-Idrus *et al.*, 2020).

2.4. Bioindikator Ikan Mas (*Cyprinus carpio*)

Menurut Khairuman dan Subenda (2002) taksonomi dari ikan mas adalah sebagai berikut.

Kingdom : Animalia
 Filum : Chordata
 Kelas : Osteichthyes
 Ordo : Cypriniformes
 Famili : Cypridae
 Genus : *Cyprinus*
 Spesies : *Cyprinus carpio*



Gambar 2. Benih ikan mas

Ikan mas (*Cyprinus carpio*) mempunyai empat buah sungut dan bagian belakang jari - jari terakhir sirip dubur pada ikan mas mengeras dan bergerigi. Tubuh ikan mas agak memanjang dan memipih tegak (*compressed*) dapat dilihat pada Gambar 2. Mulut terletak di ujung tengah dan dapat disembulkan (protaktil) (Selfiana, 2012). Ikan mas memiliki insang yang terletak di bagian medial dari *apparatus operculum*. Terdapat delapan pasang *filamen branchialis* dan empat pasang *filamen arcus branchialis* (Yoviska dkk., 2021).

Perkembangan seksual ikan mas (*Cyprinus carpio*) yaitu ovarium. Perkembangbiakan seksual ditandai dengan pelepasan sel jantan dan betina dimana spermatozoa di luar tubuh dan fertilisasi terjadi di luar tubuh (Ramadhani, 2017). Habitat yang disukai ikan mas yaitu di perairan dengan kandungan air

tawar serta memiliki aliran dan kedalaman yang sedang seperti di tepi sungai ataupun danau, tetapi ikan mas juga dapat ditemukan di daerah perairan payau atau di muara sungai (Rachmah, 2020).

2.5. Fitoremediasi

Fitoremediasi adalah upaya penggunaan tumbuhan dan bagian-bagiannya untuk dekontaminasi limbah dan masalah-masalah pencemaran lingkungan baik secara *ex-situ* menggunakan kolam buatan atau reaktor maupun *in-situ* (langsung di lapangan) pada tanah atau daerah yang terkontaminasi limbah (Subroto, 1996). Fitoremediasi menggunakan tanaman untuk mendegradasi, mengekstrak atau menghilangkan kontaminan dari tanah dan air (EPA, 2000). Fitoremediasi umumnya menggunakan tumbuhan yang bersifat hiperakumulator. Tumbuhan hiperakumulator memiliki tingkat laju penyerapan dan translokasi logam lebih tinggi dibandingkan dengan tumbuhan normal saat mengalami penurunan produksi dan keracunan logam (Hidayati, 2013).

Keunggulan metode fitoremediasi dibandingkan dengan metode pengolahan limbah lainnya adalah proses pengolahan dapat dilakukan secara *in-situ* dan *ex-situ* sehingga mudah diterapkan dan tidak memerlukan biaya tinggi (Soheti dkk., 2020) serta lebih ramah lingkungan dalam jumlah yang besar (Santriyana dkk., 2013). Fitoremediasi memanfaatkan kemampuan akar tanaman dengan kemampuan penyimpanan atau degradasi, translokasi, dan bioakumulasi kontaminan dari seluruh tanaman secara efektif dibandingkan penggalian yang diikuti dengan pembuangan atau penanganan *on site* lainnya (Pandey *et al.*, 2014).

2.6. Mangrove Sebagai Fitoremediator

Mangrove mampu hidup dengan cekaman salinitas tinggi dan umumnya memiliki bentuk morfologi dan mekanisme fisiologi tertentu untuk dapat beradaptasi terhadap kondisi lingkungan (Tefarani dkk., 2019). Selain itu, mangrove juga memiliki fungsi ekologis lain yaitu dalam menanggulangi terjadinya abrasi dan erosi pada wilayah pesisir (Muddarisna dan Krisnayanti, 2015). Ekosistem mangrove menjadi sumber berbagai mikrobia yang mampu menghasilkan enzim dan molekul-molekul yang bermanfaat bagi kehidupan manusia, pertanian, perikanan, industri dan bioremediasi. Salah satunya yaitu

enzim ekstraseluler yang diproduksi oleh mikrobia untuk mengurai material *nutrient* organik kompleks menjadi sederhana sehingga dapat ditransport masuk ke dalam sel sebagai sumber nutrisinya. Enzim adalah protein fungsional yang sensitif terhadap faktor lingkungan, maka enzim yang dihasilkan oleh mikrobia dalam kompleksitas ekosistem memiliki toleransi yang tinggi terhadap faktor lingkungan (Subagiyo dkk., 2017).

Kribek *et al.* (2011) dalam penelitiannya menyampaikan bahwa mangrove merupakan hiperakumulator yang baik karena mampu tumbuh di tanah dengan konsentrasi unsur beracun yang tinggi dan mengakumulasi unsur tersebut di dalam akar, batang, atau daun dengan jumlah yang cukup tinggi. Salinitas merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi keberadaan mikroorganisme. Semakin tinggi tingkat salinitas maka semakin sedikit mikroorganisme yang mampu beradaptasi dan dapat bertahan hidup (Thalib dkk., 2021). Krupadam *et al.* (2007) mengemukakan bahwa konsentrasi logam pada jaringan tanaman akan meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi dalam tanah. Kandungan polutan dengan konsentrasi tinggi akan terakumulasi dalam organ di lapisan bawah tanah. Dengan demikian tanaman tampaknya mengikuti strategi pengecualian dengan membatasi logam mentranslokasi ke bagian atas tanah.

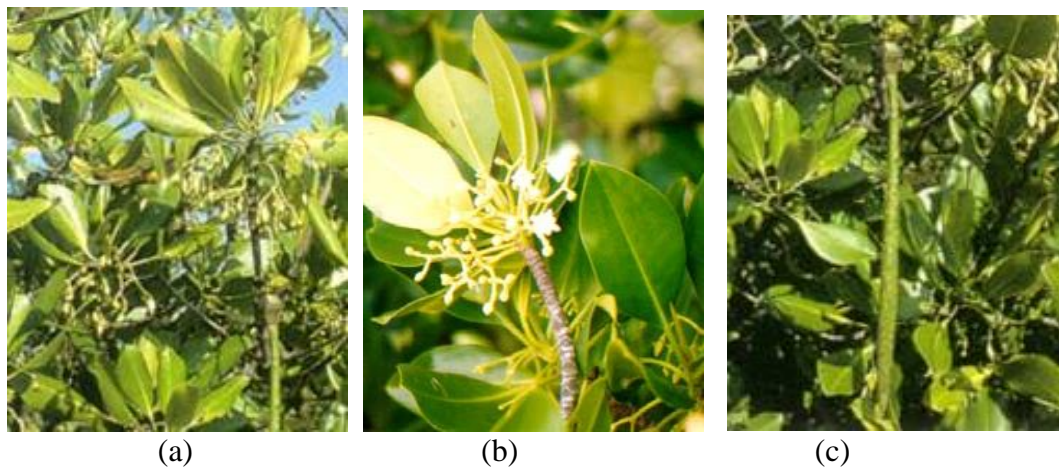
Beberapa studi tentang potensi fitoremediasi tumbuhan mangrove telah dilakukan. Hamzah dan Setiawan (2010) meneliti kandungan logam Pb, Cu, dan Zn pada *Avicennia marina*, *Sonneratia caseolaris* dan *Rhizophora mucronata* di Muara Angke, Jakarta Utara dan hasilnya menunjukkan bahwa kandungan logam Zn pada akar lebih tinggi dibandingkan pada daun, sedimen dan air. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Larasati dkk. (2021) menunjukkan bahwa pada saat melakukan proses fotosintesis, mangrove menyerap CO₂ dan H₂O dengan bantuan sinar matahari yang kemudian diubah menjadi glukosa. Mangrove mengubah karbon anorganik (CO₂) menjadi bahan organik kompleks. Selain itu, mangrove juga menyimpan CO₂ ke dalam stok biomassa baik di akar, batang maupun daun sehingga akar mangrove memiliki banyak kandungan humus dan membentuk bahan organik kompleks. Sedangkan materi detergen yang keluar dari saluran pembuangan air menuju perairan tidak mengalami pemecahan

saturasi. *Alkyl Benzene Sulfonat* (ABS) sebagai salah satu kandungan dari detergen masih dalam bentuk konsentrasi kompleks yang kemudian terikat dengan bahan organik yang terdapat di akar mangrove. Hal tersebut menjadikan molekul kompleks mengendap di dasar perairan.

2.7. Karakteristik *Rhizophora stylosa*

Klasifikasi taksonomi dari *Rhizophora stylosa* menurut Cronquist (1981) adalah sebagai berikut.

Kingdom : Plantae
 Divisi : Magnoliophyta
 Class : Magnoliopsida
 Ordo : Myrtales
 Famili : Rhizophoraceae
 Genus : *Rhizophora*
 Spesies : *Rhizophora stylosa*



Gambar 3. Daun (a), bunga (b), dan buah (c) *Rhizophora stylosa*
 Sumber gambar 3 : Noor dkk. (1999)

Morfologi tanaman mangrove *Rhizophora stylosa* menurut Noor dkk. (1999) atau biasa dikenal dengan nama lokal bakau, bako-kurap, slindur, tongke besar, wako, dan bangko dapat dilihat pada Gambar 3. *Rhizophora stylosa* memiliki ciri-ciri yaitu tinggi mencapai 10 m. Kulit kayu halus, bercelah, berwarna abu-abu hingga hitam. Memiliki akar tunjang dengan panjang hingga 3 m, dan akar udara yang tumbuh dari cabang bawah.. Karakteristik daun berkulit,

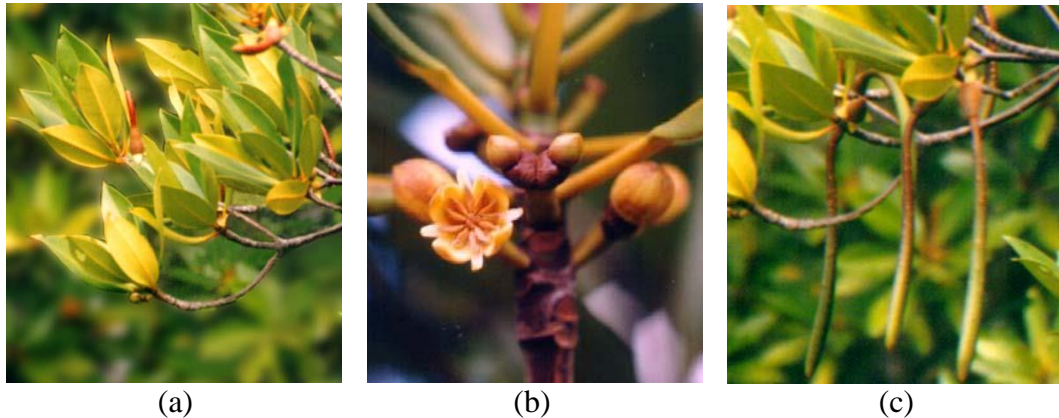
berbintik teratur di lapisan bawah dengan elips melebar, dan ujung meruncing. Menurut Backer (1963) buah *Rhizophora stylosa* mempunyai bentuk memanjang dengan ukuran 20 cm x 60 cm dan diameternya 10 mm–23 mm, serta meruncing pada bagian ujungnya. Habitat *Rhizophora stylosa* adalah tanah basah, sedikit berlumpur dan berpasir. Tumbuh pada habitat yang beragam di daerah pasang surut yaitu lumpur, pasir, dan batu. Mangrove *Rhizophora stylosa* ini menyukai pematang sungai pasang surut dan juga sebagai jenis pionir di lingkungan pesisir atau pada bagian daratan pesisir. Satu jenis relung khas yang bisa ditempatinya adalah tepian mangrove pada pulau/substrat karang.

Menurut Agil (2013) kedudukan tegakan *Rhizophora stylosa* yang berada pada formasi paling depan dan berbatasan langsung dengan laut sangat penting untuk perlindungan komunitas mangrove yang berada di belakangnya. Individu-individu dalam kelompok populasi *Rhizophora stylosa* tumbuh berdekatan dengan akar tunjang yang cukup rapat. Kondisi akar tersebut sangat penting fungsinya bagi mangrove tepi untuk memecah gelombang (Idrus dkk., 2014). Jenis *Rhizophora stylosa* tumbuh dengan baik pada substrat berpasir, bahkan pada pulau karang yang memiliki substrat berupa pecahan karang, kerang dan bagian-bagian dari *Halimeda* (Hou, 1958). *Rhizophora stylosa* juga memiliki kemampuan toleransi untuk tumbuh pada salinitas tinggi sebesar 55 ‰ seperti halnya jenis *Rhizophora mucronata* (Chapman, 1976).

2.8. Karakteristik *Rhizophora apiculata*

Klasifikasi taksonomi dari *Rhizophora apiculata* menurut Cronquist (1981) adalah sebagai berikut.

Kingdom : Plantae
Divisi : Magnoliophyta
Class : Magnoliopsida
Ordo : Myrtales
Famili : Rhizophoraceae
Genus : *Rhizophora*
Spesies : *Rhizophora apiculata*



Gambar 4. Daun (a), bunga (b), dan buah (c) *Rhizophora apiculata*
 Sumber gambar 4 : Noor dkk. (1999)

R. apiculata memiliki ciri-ciri pohon dengan tinggi dapat mencapai 30 m dengan diameter batang mencapai 50 cm, batang berkayu, silindris, kulit luar batang berwarna abu-abu kecoklatan dengan celah vertikal, muncul akar udara dari percabangannya. *R. apiculata* dapat tumbuh pada tanah yang berlumpur halus, dan tergenang pada saat pasang normal (Backer, 1963). Ciri khas yang membedakan mangrove *R. apiculata* dengan anggota genus *Rhizophora* lainnya adalah memiliki daun muda yang dilindungi selaput bumbung (*ocrea*) berwarna merah kecoklatan (Laili, 2017).

Rhizophora apiculata memiliki bunga berkelompok dua yang tumbuh dari ketiak daun. Buah berbentuk bulat memanjang berwarna coklat, permukaan buah kasar, panjang buah 2 cm–5 cm. Hipokotil muncul dari ujung buah, berbentuk silindris, berwarna hijau jingga dengan leher kotiledon berwarna merah (Noor dkk., 1999). Morfologi daun, bunga dan buah *R. apiculata* dapat dilihat pada Gambar 4. Onrizal dkk. (2005) menjelaskan bahwa mangrove jenis *R. apiculata* merupakan mangrove major yang tumbuh pada substrat berlumpur yang tergenang air pasang harian dan dapat membentuk tegakan murni. *R. apiculata* ini memiliki tingkat dominasi yang tinggi dari vegetasi yang ada di suatu area tertentu (Setiawan dkk., 2002).

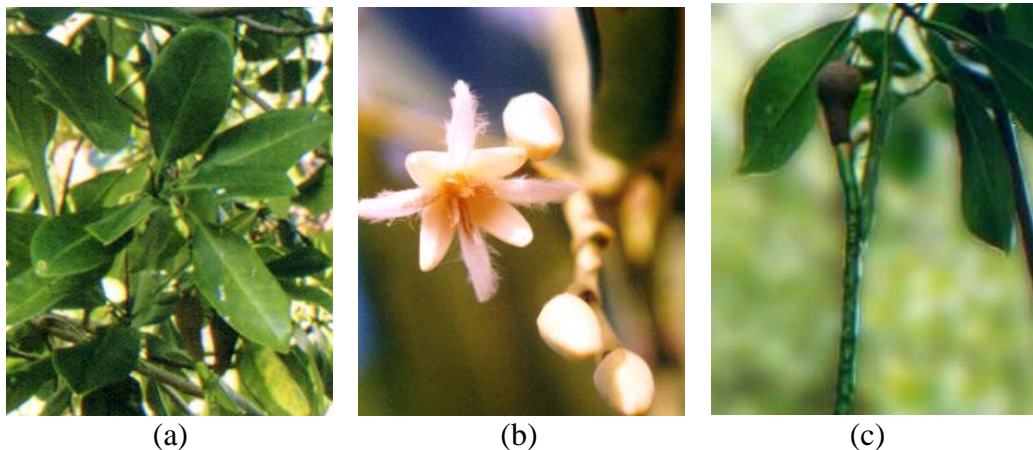
Elfrida dkk. (2020) menyatakan hasil penelitiannya bahwa jenis mangrove *Rhizophora apiculata* mampu menyerap logam berat akar, daun, dan sedimen secara berurutan pada Zn (seng) 8,36 ppm; 2,936 ppm; 32,987 ppm. Konsentrasi serapan logam berat Zn lebih besar dari bahan pencemar logam berat lainnya

disebabkan oleh bahan pencemar yang masuk ke dalam perairan berasal dari aktivitas masyarakat pesisir dan aktivitas wisatawan membuang sampah yang mengandung bahan logam Zn. Logam Zn bersumber dari akumulasi polutan dasar yang berasal dari buangan limbah rumah tangga seperti korosi pipa-pipa air dan produk formula detergen (Rahmadani dkk., 2015).

2.9. Karakteristik *Rhizophora mucronata*

Klasifikasi taksonomi dari *Rhizophora mucronata* menurut Cronquist (1981) adalah sebagai berikut.

Kingdom : Plantae
 Divisi : Magnoliophyta
 Class : Magnoliopsida
 Ordo : Myrtales
 Famili : Rhizophoraceae
 Genus : *Rhizophora*
 Spesies : *Rhizophora mucronata*



Gambar 5. Daun (a), bunga (b), dan buah (c) *Rhizophora mucronata*
 Sumber gambar 5 : Noor dkk. (1999)

Morfologi mangrove *Rhizophora mucronata* memiliki ciri-ciri yaitu perawakan pohon dengan tinggi dapat mencapai 27 m, batang memiliki diameter hingga 70 cm dengan kulit kayu berwarna gelap hingga hitam dan terdapat celah horizontal. Daun berbentuk elips melebar hingga bulat memanjang dan ujung meruncing (Noor dkk., 1999). Idrus dkk. (2014) mengemukakan morfologi *R.*

mucronata memiliki akar tunjang yang dapat mencapai tinggi 2,5 meter. Jumlah bunga dalam setiap tandan pada *R. mucronata* berkisar antara 7–11 bunga. Habitat dari *R. mucronata* yaitu tanah lumpur berpasir. Pada familia Rhizophoraceae, biji berbentuk propagul yang memanjang; apabila telah masak akan jatuh ke air dan tetap dormansi hingga tersangkut di tanah yang aman, menebarkan akar, dan mulai tumbuh (Fahmi, 2014). Morfologi daun, bunga dan buah *R. apiculata* dapat dilihat pada Gambar 5.

R. mucronata banyak dipilih dalam upaya rehabilitasi hutan mangrove karena buahnya yang mudah diperoleh, mudah disemai serta dapat tumbuh pada daerah genangan pasang yang tinggi maupun genangan rendah (Aini dkk., 2016). Pada salinitas ekstrim, biasanya pohon akan tumbuh kerdil dan kemampuan menghasilkan buah rendah tetapi pada *R. mucronata* dan *R. stylosa* dapat ditemui di daerah dengan salinitas tinggi sebesar 55 ‰ (Chapman, 1976). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ali dan Rina (2012) mangrove spesies *R. mucronata* mampu mengakumulasi logam berat merkuri (Hg) paling tinggi dibandingkan dengan jenis *Bruguiera gymnorrhiza*, dan *Avicennia marina* yaitu sebesar 92,47 ppm.

2.10. Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen*)

Oksigen merupakan gas penting dalam perairan laut dan berperan dalam proses biogeokimia laut. Sumber oksigen berasal dari difusi dari udara melalui proses turbelensi dan hasil fotosintesis. Oksigen terlarut adalah sejumlah oksigen yang terlarut dalam suatu perairan. Kuantitas oksigen dalam sejumlah air tertentu penting bagi organisme perairan untuk melakukan aktivitas biokimia, yaitu untuk respirasi (pernapasan), reproduksi, dan kesuburan (Hamzah dan Trenggono, 2014).

Kadar oksigen terlarut tinggi akan mengindikasikan bahwa air tersebut layak digunakan dan baik untuk biota perairan sedangkan kadar oksigen terlarut rendah mengindikasikan bahwa perairan tersebut telah tercemar dan dapat merusak ekosistem dalam suatu perairan (Siahaan dan Hestina, 2017). Semakin besar nilai oksigen terlarut pada air maka mengindikasikan semakin baik kualitas air tersebut. Sebaliknya jika nilai oksigen terlarut rendah maka dapat diketahui bahwa air tersebut telah tercemar (Aruan dan Siahaan, 2017).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di Rumah Kaca dan Laboratorium Silvikultur dan Perlindungan Hutan, Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian dilakukan selama 8 minggu yaitu dimulai pada tanggal 28 Desember 2021–22 Februari 2022.

3.2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bibit mangrove *Rhizophora stylosa*, *Rhizophora apiculata*, dan *Rhizophora mucronata* berumur 3 bulan, benih ikan mas (*Cyprinus carpio*) berumur 1 bulan dengan ukuran ± 5 cm, deterjen bubuk dengan bahan aktif surfaktan 16%, amplop coklat berukuran 14 cm x 26 cm, media tanah dan air. Alat yang digunakan yaitu kaliper, timbangan digital, oven, penggaris dengan ketelitian 1 cm, pH meter, termometer, aerator, ember plastik 20 liter, dan *polybag*, *styrofoam box* berukuran 52 cm x 37 cm x 19 cm.

3.3. Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 3 (tiga) taraf perlakuan. Perlakuan terdiri atas jenis bibit mangrove *Rhizophora stylosa*, *Rhizophora apiculata*, dan *Rhizophora mucronata*. Kelompok yang digunakan dalam penelitian ini yaitu K0 (konsentrasi deterjen 0 ppm), K1 (konsentrasi deterjen 1.000 ppm), K2 (konsentrasi deterjen 2.000 ppm). Setiap taraf perlakuan terdiri atas 54 bibit sehingga total keseluruhan bibit mangrove yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 162 bibit.

Model linear dari Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut (Susilawati, 2015).

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Keterangan:

Y_{ij} : Hasil pengamatan pada perlakuan ke-i dan kelompok ke-j

μ : Rataan umum

τ_i : Pengaruh perlakuan ke-i

β_j : Pengaruh kelompok ke-j

ε_{ij} : Pengaruh acak dari perlakuan ke-i pada kelompok ke-j

Tata letak setiap unit percobaan *R. stylosa*, *R. apiculata*, dan *R. mucronata* dalam Rancangan Acak Kelompok dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Tata letak unit percobaan dalam RAK

K _{1.1}	K _{1.0}	K _{1.2}
K _{2.0}	K _{2.2}	K _{2.1}
K _{3.1}	K _{3.2}	K _{3.0}

Keterangan:

K_{1.0} = *Rhizophora stylosa* dengan konsentrasi detergen 0 ppm

K_{1.1} = *Rhizophora stylosa* dengan konsentrasi detergen 1.000 ppm

K_{1.2} = *Rhizophora stylosa* dengan konsentrasi detergen 2.000 ppm

K_{2.0} = *Rhizophora apiculata* dengan konsentrasi detergen 0 ppm

K_{2.1} = *Rhizophora apiculata* dengan konsentrasi detergen 1.000 ppm

K_{2.2} = *Rhizophora apiculata* dengan konsentrasi detergen 2.000 ppm

K_{3.0} = *Rhizophora mucronata* dengan konsentrasi detergen 0 ppm

K_{3.1} = *Rhizophora mucronata* dengan konsentrasi detergen 1.000 ppm

K_{3.2} = *Rhizophora mucronata* dengan konsentrasi detergen 2.000 ppm

3.4. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental selama delapan minggu dengan berbagai macam kegiatan sebagai berikut.

3.4.1. Pembuatan Bahan Limbah Detergen

Detergen yang digunakan sebagai bahan uji pada penelitian ini adalah detergen bubuk dengan bahan aktif surfaktan 16%. Konsentrasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0 ppm (kontrol), 1.000 ppm, dan 2.000 ppm.

Pembuatan larutan limbah detergen dilakukan dengan melarutkan 15 gram detergen per 15 liter air untuk konsentrasi 1.000 ppm dan 30 gram detergen per 15 liter air untuk konsentrasi 2.000 ppm. Setelah itu dilakukan pelarutan dengan pengadukan secara manual hingga larut. Detergen yang telah larut dalam air ditandai dengan sudah tidak lagi terlihat bubuk-bubuk detergen.

3.4.2. Penyiapan Bibit Mangrove (*Rhizophora* spp.)

Bibit tiga spesies mangrove bakau (*Rhizophora* spp.) yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari pembibitan lokal di Sidodadi, Kab. Pesawaran, Lampung dengan umur 3 bulan. Bibit mangrove dalam penelitian ini menggunakan bibit dengan keseragaman yang baik. Keseragaman yang menjadi indikator yaitu umur dan tinggi bibit. Kemudian bibit mangrove dibersihkan dari kotoran yang menempel untuk selanjutnya diaklimatisasi. Aklimatisasi dilakukan selama tujuh hari sebelum dilakukan penelitian. Tujuan dari aklimatisasi ini agar bibit mampu beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang baru, menghilangkan kandungan atau senyawa lain yang ada pada tanaman (Sisilia, 2015).

3.4.3. Penyediaan Bioindikator

Ikan yang digunakan pada penelitian ini adalah benih ikan mas (*Cyprinus carpio*) berumur 1 bulan dengan ukuran tubuh seragam yaitu sekitar ± 5 cm serta dalam kondisi fisik yang sehat tanpa cacat. Benih ikan yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari budidaya ikan di Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung.

3.4.4. Uji Adaptasi Mangrove

Styrofoam box diisi dengan larutan detergen yang telah disiapkan sebagai media bibit mangrove (*Rhizophora* spp.) dengan kepadatan 6 bibit per *styrofoam box*. Selanjutnya dilakukan pengujian daya adaptasi tiga spesies bibit mangrove (*Rhizophora* spp.) dengan memberikan media berupa air cemaran detergen selama 8 minggu. Uji ini dilakukan untuk melihat daya adaptasi bibit mangrove bakau (*Rhizophora* spp.) terhadap cemaran detergen dengan konsentrasi 0 ppm (kontrol), 1.000 ppm, dan 2.000 ppm.

3.4.5. Uji Efektivitas Bibit Mangrove

Uji efektivitas dilakukan dengan cara meletakkan ikan mas (*Cyprinus carpio*) pada media tumbuh perlakuan tiga jenis bibit mangrove (*Rhizophora*

spp.). Uji ini dilakukan setiap dua minggu sekali untuk mengetahui efektivitas hasil fitoremediasi tiga spesies bibit mangrove bakau (*Rhizophora* spp.) dengan ikan sebagai bioindikator. Hal yang diamati pada uji ini yaitu tingkat kelangsungan hidup ikan terhadap cemaran limbah detergen yang telah dilakukan remediasi.

3.5. Parameter Penelitian

Parameter yang diamati dalam penelitian ini sebagai berikut.

3.5.1. Pertambahan Tinggi Bibit (cm)

Pengukuran tinggi bibit mangrove bakau (*Rhizophora* spp.) dilakukan menggunakan penggaris pada bagian ujung propagul di mana tunas tumbuh sampai ujung buku-buku teratas. Pengukuran tinggi dilakukan setiap satu minggu sekali selama penelitian.

3.5.2. Pertambahan Diameter Bibit (mm)

Pengukuran diameter batang dilakukan menggunakan kaliper pada jarak 1 cm dari pangkal bagian bawah batang propagul bibit mangrove. Pengukuran ini dilakukan setiap satu minggu sekali selama penelitian.

3.5.3. Pertambahan Jumlah Daun (helai)

Parameter ini dilakukan dengan cara menghitung seluruh daun yang hidup pada bibit. Daun yang masih menggulung di pucuk bibit tidak dihitung bertambah jumlahnya apabila daun belum terbuka secara sempurna. Perhitungan dilakukan setiap satu minggu sekali selama penelitian.

3.5.4. Perubahan pH Air

Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH meter untuk mengetahui apakah terjadi perubahan nilai pH pada air media tumbuh bibit mangrove sebelum dilakukan remediasi dan setelah dilakukan remediasi. Pengukuran ini dilakukan pada saat awal penelitian dan akhir penelitian.

3.5.5. Perubahan Suhu Air (°C)

Pengujian suhu dilakukan dengan menggunakan termometer untuk mengetahui suhu air. Suhu air yang melebihi batas normal menunjukkan indikasi terdapat bahan kimia terlarut dalam jumlah yang cukup besar atau sedang terjadi proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme (Amani dan

Prawiroredjo, 2016). Pengukuran ini dilakukan pada saat awal penelitian dan akhir penelitian.

3.5.6. Biomassa (g)

Biomassa bibit diperoleh berdasarkan berat kering akar dan tajuk bibit dari hasil penimbangan setelah bibit dioven. Berat kering didapat dari hasil pengovenan selama 48 jam dengan suhu $80^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ dan dilakukan penimbangan hingga mencapai berat konstan. Perhitungan biomassa dilakukan pada akhir penelitian.

3.5.7. Tingkat Kelangsungan Hidup/*Survival Rate* Ikan (%)

Pengukuran parameter tingkat kelangsungan hidup ikan dilakukan dengan menghitung persen hidup ikan. Pengujian ini dilakukan setiap dua minggu sekali yaitu pada minggu kedua, keempat, keenam, dan kedelapan selama penelitian. Setiap *styrofoam box* dimasukkan ikan sejumlah 4 ekor ikan. Pengujian dilakukan selama 24 jam dengan tetap melakukan pemberian pakan. Tingkat kelangsungan hidup ikan dapat dihitung menggunakan rumus Effendie (1997) sebagai berikut.

$$\text{Survival Rate} = \frac{N_t}{N_o} \times 100\%$$

Keterangan :

SR : Tingkat kelangsungan hidup ikan (%)

N_t : Jumlah ikan yang hidup pada akhir penelitian (ekor)

N_o : Jumlah ikan yang hidup pada awal penelitian (ekor)

3.6. Analisis Data

Analisis yang dilakukan untuk mengolah data hasil penelitian adalah sebagai berikut.

3.6.1. Uji Homogenitas

Uji homogenitas variansi digunakan untuk mengetahui sekumpulan data penelitian memiliki variansi sama. Uji homogenitas variansi dilakukan dengan statistik uji *Chi Kuadrat*. Perhitungan statistik uji dilakukan dengan rumus berikut (Meifiani dkk., 2019).

$$X^2 \text{ hitung} = (\ln 10) \left\{ B - \sum_i (n_i - 1) \log S_i^2 \right\}$$

$$B = (\log s^2) \sum_i (n_i - 1)$$

$$S^2 = \frac{\sum\{(ni-1)Si^2\}}{\sum(ni-1)}$$

Keterangan:

n = Jumlah data

B = Harga satuan bartlett

Si² = Varians data untuk setiap kelompok ke-1

ln 10 = 2,3026

Hasil penghitungan X^2 hitung dibandingkan dengan X^2 tabel. Populasi-populasi mempunyai variansi homogen jika $X^2_{hitung} < X^2_{tabel}$. Populasi-populasi mempunyai variansi tidak homogen jika H_0 ditolak atau $X^2_{hitung} > X^2_{tabel}$.

3.6.2. Analisis Sidik Ragam (ANOVA)

Analisis ragam pada penelitian ini menggunakan uji F pada taraf ketelitian (selang kepercayaan) sebesar 5%. Sidik ragam dilakukan untuk menguji hipotesis apakah perlakuan atau faktor tetap atau peubah tetap mempengaruhi peubah respon (Suwandi dkk., 2017). Langkah-langkah perhitungan analisis sidik ragam adalah sebagai berikut (Susilawati, 2015).

- a) Menghitung faktor koreksi (FK)

$$FK = \frac{Y_{ij}^2}{tr}$$

- b) Menghitung jumlah kuadrat total (JKT)

$$JKT = \sum \sum (Y_{ij})^2 - FK$$

- c) Menghitung jumlah kuadrat kelompok (JKK)

$$JKK = \sum \frac{(Y_{..j})^2}{t} - FK$$

- d) Menghitung jumlah kuadrat galat (JKG)

$$JKG = JKT - JKP$$

- e) Menghitung derajat bebas (db)

$$db \text{ kelompok} = r-1$$

$$db \text{ perlakuan} = t-1$$

$$db \text{ galat} = (t-1)(r-1)$$

$$db \text{ total} = tr-1$$

Tabel 3. Analisis sidik ragam

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F hitung
Perlakuan	t-1	JKP	KTP	KTP/KTG
Kelompok	r-1	JKK	KTK	KTK/KTG
Galat	(t-1)(r-1)	JKG	KTG	
Total	tr-1	JKT		

Keterangan :

JKT = Jumlah kuadrat total

JKP = Jumlah kuadrat perlakuan

JKK = Jumlah kuadrat kelompok

JKG = Jumlah kuadrat galat

KTG = Kuadrat tengah galat

Selanjutnya jika hasil uji F menunjukkan $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka terdapat pengaruh nyata dari perlakuan yang diberikan dan akan dilanjutkan dengan uji beda nilai tengah perlakuan. Namun, jika hasil menunjukkan $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka tidak ada pengaruh nyata dari perlakuan yang diberikan sehingga tidak perlu dilakukan uji beda nilai tengah perlakuan.

3.6.3. Uji Beda Nilai Tengah Perlakuan

Model uji beda nilai tengah yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji Beda Nyata Terkecil (BNT) atau *Least Significance Difference* (LSD). Uji BNT digunakan apabila hasil uji F pada taraf 0,05 untuk melakukan pemisahan nilai tengah (Aprilia dkk., 2019). Nilai BNT digunakan sebagai pembanding dengan selisih nilai rata-rata mutlak perlakuan yang telah terlebih dahulu diurutkan dari yang tertinggi ke rendah dan sebaliknya. Hasil perbandingan tersebut selanjutnya digunakan untuk menarik kesimpulan hasil uji BNT (Hidayat dkk., 2018). Rumus untuk mencari nilai BNT adalah sebagai berikut (Susilawati, 2015).

$$BNT (\alpha) = (\alpha ; dbg) \sqrt{\frac{2 KTG}{r}}$$

Keterangan :

α : Taraf nyata (5%)

dbg : Derajat bebas galat

KTG : Kuadrat tengah galat

r : Jumlah ulangan

3.7. Perbandingan Daya Adaptasi

Kemampuan daya adaptasi tiga jenis mangrove *Rhizophora* spp. dilakukan dengan membandingkan nilai persen hidup masing-masing jenis mangrove terhadap cemaran limbah detergen. Nilai persen hidup bibit mangrove yang paling tinggi menunjukkan kemampuan daya adaptasinya tinggi terhadap cemaran limbah detergen. Perhitungan persen hidup mangrove dilakukan pada akhir penelitian menggunakan rumus (Marjenah, 2014).

$$\text{Persen Hidup (\%)} = \frac{\text{Jumlah bibit yang hidup}}{\text{Jumlah bibit yang ditanam}} \times 100$$

Tabel 4. Persen hidup mangrove *Rhizophora* spp.

No.	Jenis Mangrove	% Hidup bibit mangrove pada cemaran limbah detergen	
		1.000 ppm	2.000 ppm
1.	<i>R. stylosa</i>		
2.	<i>R. apiculata</i>		
3.	<i>R. mucronata</i>		

3.8. Jenis Mangrove Paling Efektif

Pengujian efektivitas tiga spesies *Rhizophora* spp. dilihat dari spesies yang mampu mereduksi atau meremediasi cemaran limbah detergen. Nilai persentase tingkat kelangsungan hidup ikan yang paling tinggi menunjukkan efektivitas hasil remediasinya tinggi terhadap cemaran limbah detergen. Persen hidup bioindikator ikan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Persen hidup ikan mas (*Cyprinus carpio*)

No.	Jenis Mangrove	% Hidup Bioindikator Ikan							
		1.000 ppm				2.000 ppm			
		M-2	M-4	M-6	M-8	M-2	M-4	M-6	M-8
1.	<i>R. stylosa</i>								
2.	<i>R. apiculata</i>								
3.	<i>R. mucronata</i>								

Keterangan:

M-2 : Minggu ke-2; M-4 : Minggu ke-4; M-6 : Minggu ke-6; M-8 : Minggu ke-8

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Simpulan yang dapat diambil dari penelitian ini sebagai berikut.

1. *Rhizophora apiculata* merupakan spesies bakau yang memiliki kemampuan adaptasi paling baik terhadap cemaran limbah detergen dibandingkan dengan *Rhizophora stylosa* dan *Rhizophora mucronata* berdasarkan parameter pertambahan tinggi, pertambahan diameter, pertambahan jumlah daun, dan penambahan biomassa.
2. *Rhizophora mucronata* merupakan spesies bakau yang paling efektif sebagai agen fitoremediasi cemaran limbah detergen berdasarkan uji tingkat kelangsungan hidup bioindikator ikan mas (*Cyprinus carpio*). Hal ini ditunjukkan dengan nilai *survival rate* bioindikator pada minggu ke-8 paling tinggi dibandingkan dengan *Rhizophora apiculata* dan *Rhizophora stylosa* secara berturut-turut yaitu sebesar 91,67%; 83,33%; 75%; pada konsentrasi detergen 1.000 ppm dan 83,33%; 66,67%; 58,33% pada konsentrasi detergen 2.000 ppm.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan *Rhizophora mucronata* dapat digunakan sebagai tanaman fitoremediasi dalam upaya penanggulangan maupun perbaikan lingkungan terhadap cemaran limbah detergen. Hal ini dikarenakan *Rhizophora mucronata* memiliki kemampuan efektivitas hasil remediasi yang paling baik dibandingkan dua spesies *Rhizophora* lainnya yaitu dilihat dari nilai persen tingkat kelangsungan hidup (*survival rate*) ikan menggunakan bioindikator benih ikan mas (*Cyprinus carpio*).

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, A., Budihastuti, R. dan Hastuti, E. D. 2016. Pertumbuhan semai *Rhizophora mucronata* pada saluran tambak wanamina dengan lebar yang berbeda. *Jurnal Biologi*. 5(1):48-59.
- Aji, A. W. 2020. *Analisis Surfaktan Anionik dengan Metode Spektrofotometri Menggunakan Metilen Biru pada Sampel Limbah Inlet dan Outlet di Laboratorium Kesehatan Daerah DKI Jakarta*. Skripsi. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta. 63 hlm.
- Ali, M. dan Rina. 2012. Kemampuan tanaman mangrove untuk menyerap logam berat merkuri (hg) dan timbal (pb). *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 2(2):28-36.
- Al-idrus, S. W., Rahmawati, R., Hadisaputra, S. and Qudratuddarsi, H. 2020. Phytoremediation of detergent levels in waters using water plants: *Eichornia crassipes*, *Ipomoea aquatica*, *Pistia stratoites* and their combinations. *European Journal of Advanced Chemistry Research*. 1(5):1-5.
- Amani, F. dan Prawiroredjo, K. 2016. Alat ukur kualitas air minum dengan parameter ph, suhu, tingkat kekeruhan, dan jumlah padatan terlarut. *Jurnal Elektro Trisaktri*. 14(1): 49-62.
- Anggraeni, N., Faridah, E. and Indrioko, S. 2015. Pengaruh cekaman kekeringan terhadap perilaku fisiologis dan pertumbuhan black locust (*Robinia pseudoacacia*). *Jurnal Ilmu Kehutanan*. 9(1): 40–56.
- Aprilia, I. S. dan Zunggaval, L. E. 2019. Peran negara terhadap dampak pencemaran air sungai ditinjau dari UU PPLH. *Supremasi Jurnal Hukum*. 2(1):15-20.
- Aprilia, D., Riniarti, M. dan Bintoro, A. 2019. Aplikasi ektomikoriza pada media tanam bekas tambang kapur untuk membantu pertumbuhan mangium (*Acacia mangium*). *Jurnal Sylva Lestari*. 7(3):332-341.
- Apriliyani, E. P. 2020. *Keanekaragaman Spesies Ikan Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan di Sungai Kaligarang Kota Semarang*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang. Semarang.

- Apriyani, N. 2017. Penurunan kadar surfaktan dalam limbah laundry. *Jurnal Media Ilmiah Teknik Lingkungan*. 2(1): 37-44.
- Ardiyanto, P. 2016. Analisis limbah laundry informal dengan tingkat pencemaran lingkungan di Kelurahan Mukhtiarjo Kidul Kecamatan Pedurungan Semarang. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 2(1): 1-12.
- Ardiana, F., Agustina, E., Hadi, M. I., Rahayu, F. R. dan Hidayati, I. 2022. Kemampuan tumbuhan jeruju (*Acanthus ilicifolius*) DALAM mengadsorpsi las (linear alkylbenzene sulfonate) dalam zat pencemar yang mengandung logam berat. *Jurnal Kimia (Journal Of Chemistry)*. 16(2):244-249.
- Arianti, I. 2020. *Efektivitas Penggunaan Tanaman Lembang (Typha angustifolia L.) dengan Teknik Lahan Basah Buatan Untuk Menurunkan Kadar TSS, BOD, dan Fosfat Air Limbah Laundry*. Skripsi. Universitas Jember.
- Arifin, M. Y. 2016. Pertumbuhan dan survival rate ikan nila (*Oreochromis sp*) strain merah dan strain hitam yang dipelihara pada media bersalinitas. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*. 16(1): 159-166.
- Arisandy, K. R., Herawati, E. Y. dan Suprayitno, E. 2012. Akumulasi logam berat timbal (pb) dan gambaran histologi pada jaringan *Avicennia marina* (forsk.) vierh di perairan pantai Jawa Timur. *Jurnal Penelitian Perikanan*. 1(1):15-25.
- Aruan, D. G. R. dan Siahaan, M. A. 2017. Penentuan kadar dissolved oxygen (do) pada air sungai Sidoras di daerah Butar Kecamatan Pagaran Kabupaten Tapanuli Utara. *Jurnal Analisis Laboratorium Medik*. 2(1):422-433.
- Azwar, M., Emiyarti. dan Yusnaini. 2016. Critical thermal dari ikan *Zebrasoma scopas* yang berasal dari perairan Pulau Hoga Kabupaten Wakatobi. *Jurnal Sapa Laut*. 1(2):60–66.
- Backer, C. A. and Brink Jr. R.C.B V. 1963. *Flora of Java (spermatophytes only)* Buku. N. V. P. Noordhoff. Netherlands. 761 hlm.
- Chapman, V. J. 1976. *Mangrove Vegetation*. Buku. Vaduz : J. Cramer Valduz. New Zealand. 447 hlm.
- Cronquist, A. 1981. *An integrated system of classification of flowering plants*. Buku. Columbia University Press. New York. 1262 hlm.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air (Bagi pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan)*. Buku. Kanisius. Yogyakarta. 258 hlm.
- Effendie, M. I. 1979. *Metode Biologi Perikanan*. Buku. Yayasan Pustaka Nusantara. Yogyakarta. 162 hlm.

- Effendi, I., Tanjung, C. F. dan Elizal. 2018. Growth of heterotrophic bacteria in sea water contaminated with rinsing detergent. *Asian Journal of Aquatic Science*. 1(1):40-44.
- Elfrida., Setyoko. dan Indriaty. 2020. Analisis serapan logam Pb, Cu dan Zn pada tumbuhan *Bruguiera gymnorrhiza* dan *Rhizophora apiculata* di hutan mangrove Kuala Langsa. *Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*. 17(2): 117-125.
- Erlina, F. 2022. Pengaruh deterjen terhadap pertumbuhan tanaman sawi hijau (*Brassica juncea*). *SKULA: Jurnal Pendidikan Profesi Guru Madrasah*. 2(2):11-16.
- Fahmi, M. A. F. 2014. *Identifikasi Tumbuhan Mangrove di Sungai Tallo Kota Makassar Sulawesi Selatan*. Skripsi. UIN Alauddin Makassar. Makassar. 80 hlm.
- Fajar, M. T. I. 2021. Pengaruh perubahan suhu terhadap tingkah laku ikan mas (*Cyprinus carpio*). *Cermin: Jurnal Penelitian*. 5(1):183–193.
- Farhan, I. 2017. *Peranan Mangrove Avicennia marina dan Rhizophora apiculata dalam Menurunkan Logam Zn*. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. 113 hlm.
- Fauzan, A. dan Arifin, S. 2016. Respons pertumbuhan bibit tanaman mangrove *Rhizophora apiculata* terhadap cekaman lumpur Sidoarjo. *Nabatia*. 4(2):65-75.
- Febriani, A. dan Andiani, A. 2020. Formulasi deterjen cair yang mengandung ekstrak daun kembang sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis* L.). *Jurnal Saintech Farma*. 13(2): 107-112.
- Fitriana, N. dan Kuntjoro, S. 2020. Kemampuan *Lemna minor* dalam menurunkan kadar linear alkyl benzene sulphonate. *Lentera Bio*. 9(2):109-114.
- Hamzah, F. dan Setiawan, A. 2010. Akumulasi logam berat Pb, Cu, dan Zn di hutan mangrove Muara Angke Jakarta Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 2(2):41-52.
- Hamzah, F. dan Trenggono, M. 2014. Oksigen terlarut di Selat Lombok. *Jurnal Kelautan Nasional*. 9(1):21-35.
- Handayani, L. 2020. Pengaruh kandungan deterjen pada limbah rumah tangga terhadap kelangsungan hidup udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*). *Jurnal Sebatik*. 24(1): 75-80.

- Hendra., Barlin, E., Razak, A. dan Sanjaya, H. 2016. Photo degradation of surfactant compounds using uv rays with addition of tio₂ catalysts in laundry waste. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 7(1): 66-75.
- Hendrata, S. 2014. *Pemanfaatan Ikan Nila (Oreochromis niloticus) sebagai Bioindikator Untuk Menilai Efektifitas Kinerja IPAL Rumah Smut Pupuk Kaltim, Bontang*. Thesis. Pascasarjana Universitas Diponegoro. Semarang.
- Hermana, J. dan Indriati, H. 2006. Pengujian toksisitas limbah pelumas terhadap ikan mas (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Purifikasi*. 7(1):73-78.
- Heydarnejad, M. S. 2012. Survival and growth of common carp (*Cyprinus carpio* L.) exposed to different water ph levels. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*. 33(3):245-249.
- Hidayat, S., Saputri, W. dan Astriani, M. 2018. *Metodologi Penelitian Biologi*. Buku. Universitas Muhammadiyah Palembang Press. Palembang. 162 hlm.
- Hidayat, Y. M. 2015. Model kematian biota air sebagai fungsi waktu kontak pada air limbah detergen dan gagasan sederhana pengendaliannya. *Jurnal Sumber Daya Air*. 11(2): 131-146.
- Hidayati, N. 2013. Mekanisme fisiologis tumbuhan hiperakumulator logam berat. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 14(2):75–82.
- Hou, D. 1958. *Ceriops decandra* (Griff.). *Flora Malesiana*. 5(4): 471.
- Idrus, A. A., Mertha I. G., Hadiprayitno, G. dan Ilhamdi, M. L. 2014. Kekhasan morfologi spesies mangrove di Gili Sulat. *Jurnal Biologi Tropis*. 14(2):120-128.
- Ikawati, S., Zulfikar, A. dan Azizah, D. 2013. Efektivitas dan efisiensi fitoremediasi pada detergen dengan menggunakan tanaman genjer (*Limnocharis flava*). *Jurnal Umrah*. 1-7.
- Ilham, M., dan Irawanto, R. 2020. Uji Awal Kemampuan *Acanthus montanus* Sebagai Fitoremediasi Detergen. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek (SNPB) Ke-V*. 124-134.
- Irawanto, R. 2010. Fitoremediasi lingkungan dalam Taman Bali. *Jurnal Local Wisdom*. 2(4):29-35.
- Isti'anah, Najah, S. dan Pratiwi, S. H. P. 2017. Pengaruh pencemaran limbah detergen terhadap biota air. *Jurnal Environmental Science*. 1(1):17-19.
- Kamilia, D. dan Sudarti. 2022. Pencemaran air sungai akibat dampak limbah batu alam di Kecamatan Depok Kabupaten Cirebon. *Jurnal Environmental Science*. 6(1):1-13.

- Kariada, N. dan Irsadi, . 2014. Peranan mangrove sebagai biofilter pencemaran air wilayah Tambak Bandeng Tapak, Semarang. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. 21(2): 188-194.
- Karsanti, P. 2014. *Diagnostik Sisaan Pada Model Linier Rancangan Acak Kelompok Lengkap (Rakl) Dua Faktor*. Skripsi. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta. 129 hlm.
- Kelabora, D. M. 2010. Pengaruh suhu terhadap kelangsungan hidup dan pertumbuhan larva ikan mas (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Berkala Perikanan Terubuk*. 38 (1):71-81.
- Kospa, H. S. D. dan Rahmadi. 2019. Pengaruh perilaku masyarakat terhadap kualitas air di Sungai Sekanak Kota Palembang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 17(2):212-221.
- Kribek, B., Mihaljevic, M., Sracek, O., Knećsl, I., Ettler, V. and Nyambe, I. 2011. The extent of arsenic and of metal uptake by aboveground tissues of *Pteris vittata* and *Cyperus involucratus* growing in copper and cobalt rich tailings of the Zambian Copperbelt. *Arch Environ Contam Toxicol*. 61:228–242.
- Krupadam, R. J., Ahuja, R. dan Wate, S. R. 2007. Heavy metal binding fractions in the sediments of the Godavari Estuary, East Coast of India. *Environmental Modeling and Assesment*. 12:145-155.
- Kumar, N. J. I., Sajish, P. R., Kumar, R. N., George, B. and Viyol, S. 2011. Bioaccumulation of lead, zinc and cadmium in *Avicennia marina* mangrove ecosystem near narmada estuary in vamleshwar, west coast of Gujarat, India. *Environmental Application and Science*. 6 (1):008-013.
- Kurniawan, B., Duryat., Riniarti, M. dan Yuwono, S. B. 2019. Kemampuan adaptasi tanaman mahoni (*Swietenia macrophylla*) terhadap cemaran merkuri pada tailing penambangan emas skala kecil. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(3):359-369.
- Laili, N. N. 2018. *Fitoremediasi Tanaman Mangrove Jenis Rhizophora Apiculata Terhadap Konsentrasi Timbal (Pb) Pada Tanah*. Skripsi. Universitas Jember. Jember. 74 hlm.
- Lakitan, B. 2008. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Buku. Raja Grafindo Persada.
- Larasati, N. N., Wulandari, S. Y., Maslukah, L. dan Zainuri, M. 2021. Kandungan pencemar detergen dan kualitas air di perairan Muara Tapak Semarang. *Indonesian Journal of Oceanography*. 03(01).

- Lubis, S.D.P.S., Utomo, B. dan Ezraneti, R. 2014. Uji toksisitas detergen cair terhadap ikan mas (*Cyprinus carpio* L.). *Jurnal Aqua Coast Marine*. 2(3):69-75.
- MacFarlane, G. R. and Burchett, M. D. 2001. Photosynthetic pigments and Peroxides activity as indicators of heavy metal stress in the grey mangrove *Avicennia marina* (forsk.) veirh. *Marine Pollution Bulletin*. 42:233-240.
- Manullang, H. M. dan Khairul. 2019. Pengaruh pencemaran limbah detergen terhadap derajat kelulusan hidup benih ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn). *Jurnal Pendidikan Biologi Nukleus*. 5(1):1-7.
- Maretta, A. dan Helmy, Q. 2015. Degradasi surfaktan sodium lauryl sulfat dengan proses fotokatalisis menggunakan nano partikel zno. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 21(1): 1-8.
- Marjenah. 2014. Respon pertumbuhan semai kapur (*Dryobalanops aromatica*) pada media tanam yang berbeda. *Prosiding Seminar Nasional MAPEKI XVII*. 11 Nopember 2014. Medan. 215-222.
- Masjudi, H., Tang, U. M. dan Syawal, H. 2016. Kajian tingkat stres ikan tapah (*Wallago leeri*) yang dipelihara dengan pemberian pakan dan suhu yang berbeda. *Jurnal Berkala Perikanan Terubuk*. 44 (3):69-83.
- Megawati, I. A., Zulfikar, A. dan Melani, W. R. 2015. Uji toksisitas detergen terhadap ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Umrah*. 1-10.
- Meifiani, N. I., Tisngati, U., Apriyani, D. C. N. dan Martini. 2019. *Desain Faktorial Dilengkapi Dengan Aplikasi SPSS*. Buku. LPPM Press STKIP PGRI Pacitan. Pacitan. 146 hlm.
- Mentari, R. J., Soenardjo, N. dan Yulianto, B. 2022. Potensi fitoremediasi mangrove *Rhizophora mucronata* terhadap logam berat tembaga (Cu) di kawasan Mangrove Park, Pekalongan. *Journal of Marine Research*. 11(2):183-188.
- Mubarak, A. S., Satyari, D. A. dan Kusdarwati, R. 2010. Korelasi antara konsentrasi oksigen terlarut pada kepadatan yang berbeda dengan skoring warna *Daphnia* spp. *Jurnal Ilmiah Perikanan*. 2(1): 45-50.
- Muddarisna, N. dan Krisnayanti, B. D. 2015. Selection of mercury accumulat plants for gold mine tailing contaminated soils. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*. 2(3):341-346.
- Muhsinin, N. 2019. *Pengolahan Air Limbah Domestik Secara Fitoremediasi Sistem Constructed Wetland dengan Tanaman Pandanus amaryllifolius dan Azolla microphilla*. Thesis. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta. 54 hlm.

- Nasir, M. dan Khalil, M. 2016. Pengaruh penggunaan beberapa jenis filter alami terhadap pertumbuhan, sintasan dan kualitas air dalam pemeliharaan ikan mas (*Cyprinus carpio*). *Aquatic Science Journal*. 3(1):33–39.
- Nasir, M. A. dan Hanike, Y. 2019. *Respon Tumbuhan Mangrove Terhadap Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) di Perairan Tulehu Kecamatan Salahutu Kabupaten Maluku Tengah*. Laporan Penelitian Kompetitif. Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat. Institut Agama Islam Negeri Ambon. 163 hlm.
- Nasir, N. A., Yesser, A. T. dan Al-Hamadany, Q. H. 2019. Effect of ph on the growth and survival of juvenile common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Iraqi Journal of Science*. 60920:234-238.
- Noor, Y. R., Khazali, M. dan Suryadiputra, I. N. N. 1999. *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. Buku. PHKA/WI-I. Bogor. 228 hlm.
- Noviana, L. dan Prinajati, D. 2021. *Tingkat Toksisitas Limbah Laundry Terhadap Ikan Mas (Cyprinus carpio)*. Skripsi. Universitas Sahid. Jakarta. 58 hlm.
- Nurfita, A, E., Kurniati, E. dan Haji, A, T. S. 2018. Efisiensi removal fosfat (po₄₃-) pada pengolahan limbah cair laundry dengan fitoremediasi kiambang (*Salvinia natans*). *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 4(3): 18-26.
- Nurhasybi, Sudrajat, D. J. dan Suita, E. 2019. *Kriteria Bibit Tanaman Hutan Siap Tanam: Untuk Pembangunan Hutan dan Rehabilitasi Lahan*. Buku. IPB Press. Bogor. 208 hlm.
- Nurlina, S., Suhadiyah. dan Umar, M. R. 2016. Akumulasi logam berat besi (Fe) pada kiapu *Pistia stratiotes* L. dari air sumur sekitar workshop unhas. *Prosiding Seminar Nasional From Basic Science to Comprehensive Education*. Universitas Hasanuddin. Makassar. 151–155.
- Okpiliya, F. I., Effiong, E. B, Imoke, E. dan Eja, I. 2013. Mangrove forest ecosystem utilization and depletion: implication for occupational changes in Calabar South. Nigeria. *European Journal of Sustainable Development*. 2(1): 149-162.
- Oktavia, Z., Budiyono. dan Dewanti, N. A. Y. 2016. Pengaruh variasi lama kontak fitoremediasi tanaman kiambang (*Salvinia molesta*) terhadap kadar kadmium (cd) pada limbah cair home industry batik “x” Magelang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 4(5):238-246.
- Onrizal. 2005. Hutan mangrove selamatkan masyarakat di pesisir utara Nias dari tsunami. *Warta Konservasi Lahan Basah*. 13(2):5-7

- Pandey, A., Verma, R. K., Mohan, N. and Mohan, J. 2014. Utilization of azolla aquatic plant as phytoremediation for treatment of effluent. *Trends in Biosciences*. 7(23): 4045-4047
- Pangesti, A. W. M. 2021. *Analisis Karakteristik Limbah Cair Laundry di Kecamatan Medan Selayang Kota Medan Tahun 2020*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan. 74 hlm.
- Pattusamy, V., Nandini, N. and Bheemappa, K. 2013. Detergent and sewage phosphates entering into lake ecosystem and its impact on aquatic environment. *International Journal of Advanced Research*. 1(3):129-133.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang *Baku Mutu Air Limbah*.
- Pramana, A. 2012. *Analisis Perbandingan Trading Volume Activity dan Abnormal Return Saham Sebelum dan Sesudah Pemecahan Saham*. Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Pratiwi, D. Y., Nugroho, A. P. dan Yustiati, A. 2019. Bioakumulasi ion tembaga pada ikan nila (*Oreochromis niloticus* L.) di instalasi pengolahan air limbah (ipal), bantul. *Jurnal Akuatika Indonesia*. 4(2): 57-64.
- Prioko, R. B., Kriswandana, F. dan Triastuti, E. 2017. Efektivitas tanaman mangrove dalam menurunkan kadar detergen dalam air limbah tahun 2017. *Jurnal Gema Kesehatan Lingkungan*. 15(2): 27-32.
- Priyanto, B. dan Prayitno, J. 2007. Fitoremediasi sebagai sebuah teknologi pemulihan pencemaran khususnya logam berat. *Jurnal Tanaman*. 1(2):2-10.
- Purnamasari, E. N. 2014. Karakteristik kandungan *Linear Alkylbenzene Sulfonat* (LAS) pada limbah cair *laundry*. *Jurnal Media Teknik*. 11(1): 32-36.
- Putro A. P., Wignyanto. dan Pulungan, M. H. 2012. Studi perencanaan unit perombakan alkyl benzene sulfonate (abs) dengan menggunakan bakteri *Pseudomonas fluorescens*. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 3(2): 103–120.
- Rachmah, Y. N. 2020. *Uji toksisitas akut Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) dan timbal (Pb) terhadap ikan mas (Cyprinus carpio L.)*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel. Surabaya. 82 hlm.
- Rahimah, Z., Heldawati, H. dan Syauqiah, I. 2016. Pengolahan limbah detergen dengan metode koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan kapur dan PAC. *Jurnal KONVERSI*. 5(2): 13-19.
- Rahmadani, T., Sabang, S. M. dan Irwan, S. 2015. Analisis kandungan logam zink (Zn) dan timbal (Pb) dalam air laut pesisir pantai mamboro Kecamatan Palu Utara. *Jurnal Akademika Kimia*. 4(4): 197-203.

- Rahmadhani, L. 2016. *Uji Toksisitas Akut (LC50-96jam) dari Limbah Detergen Dengan Bahan Aktif Surfaktan Alkyl Benzene Sulfonate (ABS) Terhadap Ikan Mas (Cyprinus carpio Linn) Pada Bak-Bak Percobaan*. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang. 80 hlm.
- Raissa, D. G. 2017. *Fitoremediasi Air Tercemar Limbah Laundry dengan Menggunakan Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) dan Kayu Apu (Pistia stratiotes)*. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Ramadhani, R. 2017. *Optimasi Natrium Chlorida (NaCl) Terhadap Pengendalian Infeksi Argulus SP Pada Ikan Mas (Cyprinus carpio)*. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Makassar. Makassar. 53 hlm.
- Ridwantara, D., Buwono, I. D. dan Handaka, S. A. A. 2019. Uji kelangsungan hidup dan pertumbuhan benih ikan mas mantap (*Cyprinus carpio*) pada rentang suhu yang berbeda. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 10 (1):46-54.
- Riza, F., Bambang, A. N. dan Kismartini. 2015. Tingkat pencemaran lingkungan perairan ditinjau dari aspek fisika, kimia dan logam di pantai kartini jepara. *Indonesian Journal of Conversation*. 04(1):52-60.
- Rosita, E., Melani, W. R. dan Zulfikar, A. 2013. Efektivitas fitoremediasi kangkung air (*Ipomoea aquatic forsk*) terhadap penyerapan orthopospat pada detergen ditinjau dari detensi waktu dan konsentrasi orthopospat. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 4(1):1-7.
- Sabrina, Ndobe, S., Tis'i, M. dan Tobigo, D. T. 2018. Pertumbuhan benih ikan mas (*Cyprinus carpio*) pada media biofilter Berbeda. *Jurnal Penyuluhan Perikanan dan Kelautan*. 12(3):215-224.
- Sagala, K. H. 2020. *Paparan Sodium Lauryl Sulfate (SLS) dan Terjadinya Dermatitis Kontak Iritan Pada Pekerja Laundry Kiloan Kelurahan Padang Bulan Medan Tahun 2020*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Salager, J. L. 1999. *Microemulsions, in Handbook of Detergents*. Buku. New York. 253 hlm.
- Salmin. 2005. Oksigen terlarut (DO) dan kebutuhan oksigen biologi (BOD) sebagai salah satu indikator untuk menentukan kualitas perairan. *Jurnal Oseana*. 30(3):21-26.
- Samar, Y. S., Mariwy, A. dan Manuhutu, J. B. 2019. Fitoremediasi merkuri (Hg) menggunakan tanaman kacang kalopo (*Calopogonium mucunoides*). *Science Map Journal*. 1(2):93-98.

- Santriyana, D. D., Hayati, R. dan Apriani, I. 2013. Eksplorasi tanaman fitoremediator aluminium (al) yang ditumbuhkan pada limbah ipa pdam tirta khatulistiwa kota Pontianak. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*. 1(1): 1–11.
- Schleheck, D., Dong, W., Denger, K., Heinzle, E. and Cook, A. M. 2000. An a-proteobacterium converts linear alkylbenzene-sulfonate surfactants into sulfophenylcarboxylates and linear alkyldiphenyletherdisulfonate surfactants into sulfodiphenylethercarboxylates. *Journal of Applied and Environmental Microbiology*. 66(5) : 1911–1916.
- Selfiana. 2020. Pengaruh pertumbuhan benih ikan mas (*Cyprinus carpio*) dengan pemberian pakan kombinasi pellet dan lemna (*Lemna perpusilla*) di balai benih ikan Kabupaten Langkat Kecamatan Bahorok. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Sumatera Utara. Medan. 46 hlm.
- Setiawan, A. D., Susilowati, A. dan Sutarno. 2002. *Biodiversitas Genetik, Spesies, dan Ekosistem Mangrove di Jawa: Studi Kasus Mangrove*. Buku Jurusan Biologi FMIPA UNS. Surakarta. 144 hlm.
- Setyawan, P., Robisalmi, A. dan Gunadi, B. 2015. Perbaikan pertumbuhan dan toleransi salinitas ikan nila srikandi (*Oreochromis aureus* x *O. niloticus*) melalui hibridisasi dan back-cross dengan *O. aureus* f-1 di karamba jaring apung laut. *Jurnal Riset Akuakultur*. 10(4): 472-478.
- Siahaan, M. A. dan Hestina. 2017. Penentuan kadar dissolved oxygen (do) pada air sungai Sidoras di daerah Butar Kecamatan Pagaran Kabupaten Tapanuli Utara. *Jurnal Analis Laboratorium Medik*. 1(1).
- Sirait, P., Hasibuan, S. dan Syafriadiman. 2020. Toksisitas akut dan sub kronis limbah detergen laundry terhadap benih ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*). *Jurnal Berkala Perikanan Terubuk*. 48(1): 329-339.
- Siswandari, A. M., Hindun, I. dan Sukarsono. 2016. Fitoremediasi fosfat limbah cair laundry menggunakan tanaman melati air (*Echinodorus paleaefolius*) dan bambu air (*Equisetum hyemale*) sebagai sumber belajar biologi. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*. 2(3):222-230.
- Sitompul, R. M., Barus, T. A. dan Ilyas, S. 2013. Ikan batak (*Neolissochillus sumatranus*) sebagai bioindikator pencemaran logam berat timbal (Pb) dan cadmium (Cd) di perairan Sungai Asahan Sumatera Utara. *Jurnal Biosains Unimed*. 1(2): 67-76.
- Smulders, E., Rahse, W. dan Jakobi, G. 2002. *Laundry Detergents*. Buku. Wiley-VCH. Weinheim. 270 hlm.

- SNI 13 SNI 13-6793-2002. *Metode Pengujian Kadar Air, Kadar Abu, dan Bahan Organik dari Tanah Gambut dan Tanah Organik Lainnya*. Buku. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional. 9 hlm.
- Soheti, P., Sumartin, L. O. dan Marisi, D. P. 2020. Fitoremediasi limbah radioaktif cair menggunakan kayu apu (*Pistia stratiotes*) untuk menurunkan kadar torium. *Jurnal Eksplorium*. 41(2): 139-150.
- Sopiah, N. 2006. Pengelolaan limbah detergen sebagai upaya minimalisasi polutan di badan air dalam rangka pembangunan berkelanjutan. *Artikel Ilmiah*. Balai Teknologi Lingkungan. Serpong. 99-104.
- Stefhany, C. A., Sutisna, M. dan Pharmawati, K. 2013. Fitoremediasi fosfat dengan menggunakan tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) pada limbah cair industri kecil pencucian pakaian (laundry). *Jurnal Institut Teknologi Nasional*. 1(1): 13-23.
- Suastuti, N. G. A. M. D. A., Suarsa, I. W. dan Putra, D. K. 2015. Pengolahan larutan detergen dengan biofilter tanaman kangkungan (*Ipomoea crassicaulis*) dalam sistem batch (curah) teraerasi. *Jurnal Kimia*. 9(1): 98-104.
- Subagiyo, Djarod, M. S. R. dan Setyati, W. A. 2017. Potensi ekosistem mangrove sebagai sumber bakteri untuk produksi protease, amilase dan selulase. *Jurnal Kelautan Tropis*. 20(2):106-111.
- Subroto, M. A. 1996. Fitoremediasi. *Prosiding Pelatihan dan Lokakarya Peranan Bioremediasi Dalam Pengelolaan Lingkungan*. Cibinong. 24-25.
- Sudomo, A., Rachman, E. dan Mindawati, N. 2010. Mutu bibit manglid (*Manglieta glauca*) pada tujuh jenis media sapih. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. 7(5):265-272.
- Sulistiyawti, I. 2018. Potensi isolat bakteri tanah sawah tercemar limbah detergen dalam mendegradasi surfaktan las. *Prosiding Seminar Nasional LPPM Unsoed*. 14–15 November 2018. Purwokerto. 32-41.
- Sumarno, Sumantri, I. dan Nugroho, A. 1996. Penurunan kadar detergen dalam limbah cair dengan pengendapan secara kimiawi. *Majalah Penelitian Lembaga Penelitian*. 8(30): 25-35.
- Sumarwanto, P. dan Hartati, Y. 2018. Penanganan air limbah cucian alat gelas laboratorium dengan metode spektrofotometri menggunakan pereaksi biru metilen. *Indonesian Journal of Laboratory*. 1(1): 11-15.
- Suryana, D. 2013. *Cara Membuat Sabun: Cara Praktis Membuat Sabun Padat dan Cair*. Buku. Pustaka LP3ES. Jakarta. 188 hlm.

- Suryaningrum, R., Purwanto, E. dan Sumiyati. 2016. Analisis pertumbuhan beberapa varietas kedelai pada perbedaan intensitas cekaman kekeringan. *Jurnal Agrosains* 18(2): 33–37.
- Susilawati, M. 2015. *Bahan Ajar Perancangan Percobaan*. Buku. FMIPA Universitas Udayana. Bali. 141 hlm.
- Suwandi, Hamidson, H. dan Suparman. 2017. *Analisis Data Percobaan Hama Dan Penyakit Tumbuhan Menggunakan Sas University Edition*. Buku. Unsri Press. Palembang. 100 hlm.
- Syarifudin. 2016. *Pengaruh pH Terhadap Pertumbuhan Dan Kelangsungan Hidup Benih Ikan Biawan (Helostoma temmincki)*. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Pontianak. Pontianak. 52 hlm.
- Tam, N. F. Y. and Wong, Y. S. 2000. Spatial variation of heavy metals in surface sediments of Hongkong mangrove swamps. *Journal of Environmental Pollution*. 110:195-205.
- Taufik, I. 2006. Pencemaran detergen dalam perairan dan dampaknya terhadap organisme air. *Media Akuakultur*. 1(1):25-32.
- Tefarani, R., Martuti, N. K. T. dan Ngabekti, S. 2019. Keanekaragaman spesies mangrove dan zonasi di wilayah Kelurahan Mangunharjo Kecamatan Tugu Kota Semarang. *Jurnal Life Science*. 8(1):41-53.
- Thalib, M., Baderan, D. W. K. dan Katili, A. S. 2021. Produksi dan laju dekomposisi serasah *Ceriops tagal* di Cagar Alam Tanjung Panjang. *Jurnal Sylva Lestari*. 9(1):151-160.
- Tonapa, R. 2015. Potensi tanaman alfalfa (*Medicago sativa* L.) sebagai fitoremediator tanah tercemar logam berat timbal (Pb). *Jurnal Univeritas Atma Jaya Yogyakarta*. 16 hlm.
- Tugiyono. 2009. Biomonitoring pengolahan air limbah pabrik gula pt gunung madu plantation lampung dengan analisis biomarker: indeks fisiologi dan perubahan histologi hati ikan nila (*Oreochromis niloticus* Linn). *Jurnal Sains MIPA*. 15(1):42-50.
- Utami, R., Rismsawati, W. dan Sapanli, K. 2018. Pemanfaatan mangrove untuk mengurangi logat berat di perairan. *Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia 2018*. Palembang. 20 Maret 2018. 141-152.
- Utomo, W. P., Nugraheni, Z. V., Rosyidah, A., Shafwah. O. M., Naashihah, L. K. Nurfitriani, N. dan Ulfindrayani, I. F. 2018. Penurunan kadar surfaktan anionic dan fosfat dalam air limbah laundry di kawasan Keputih, Surabaya menggunakan karbon aktif. *Jurnal Akta Kimia Indonesia*. 3(1):127-140.

- Wahyudi, A., Indriyanto. dan Riniarti, M. 2014. upaya perbaikan pertumbuhan tanaman jabon (*Anthocephalus cadamba*) dengan pemberian pupuk kompos kotoran sapi pada beberapa ketinggian tempat. *Jurnal Sylva Lestari*. 2(2):17-24.
- Wandhana, R. 2013. *Pengolahan Air Limbah Laundry Secara Alami (Fitoremediasi) dengan Tanaman Kayu Apu (Pistia stratiotes)*. Skripsi. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Surabaya.
- Wangni, G. P., Prayogo, S. dan Sumantriyadi. 2019. Kelangsungan hidup dan pertumbuhan benih ikan patin siam (*Pangasius hypophthalmus*) pada suhu media pemeliharaan yang berbeda. *Jurnal Ilmu Ilmu Perikanan dan Budidaya Perairan*. 14(2):21-28.
- Widiyanto, M. A. 2013. *Statistika Terapan*. Buku. PT Alex Media Komputindo. Jakarta. 400 hlm.
- Wihardi, Y., Yusanti, I. A. dan Haris, R. B. K. 2014. Feminisasi pada ikan mas (*Cyprinus carpio*) dengan perendaman ekstrak daun-tangkai buah Terung Cepoka (*Solanum Torvum*) pada lama waktu perendaman berbeda. *Jurnal Ilmu-ilmu Perikanan dan Budidaya Perairan*. 9(1):23–28.
- Wulansari, F. D. dan Ardiansyah. 2013. Pengaruh detergen terhadap mortalitas benih ikan patin sebagai bahan pembelajaran kimia lingkungan. *Jurnal EduSains*. 1(2):1-20.
- Yenni, S. M., Yulisman. dan Mirna, F. 2014. Pertumbuhan dan efisiensi pakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang dipuaskan secara periodik. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*. 2(1): 1-12.
- Yoviska, S. A., Romadhoni, D. W. dan Murtini, I. 2021. Perbandingan secara morfologi insang ikan mas (*Cyprinus carpio*), ikan lele (*Clarias batrachus*) dan ikan selar (*Selaroides leptolepis*). *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*. Universitas PGRI Ronggolawe. 6(1):125-128.
- Yuliani, R. L., Purwanti, E. dan Pantiwati, Y. 2015. Pengaruh limbah detergen industri laundry terhadap mortalitas dan indeks fisiologi ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Seminar Nasional XII Pendidikan Biologi FKIP UNS*. 822-828.
- Zairinayati. dan Shatriadi, H. 2019. Biodegradasi fosfat pada limbah laundry menggunakan bakteri consorsium pelarut fosfat. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 18(1): 57-61.
- Zhang, Y., Liao, B.-H., Zeng, Q.-R., Zeng, M., and Lei, M. 2008. Surfactant linear alkylbenzene sulfonate effect on soil cd fractions and cd distribution in soybean plants in a pot experiment. *Pedosphere*. 18(2):242–247.