

**EFEKTIFITAS JENIS TANAMAN *Rhizophora* UNTUK
MEREMEDIASI LIMBAH CAIR PERKOTAAN (LCP) KOTA BANDAR
LAMPUNG DENGAN BIOINDIKATOR IKAN MAS**

(Skripsi)

Oleh

**M. Andrian Wijaya
1954151016**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

EFEKTIFITAS JENIS TANAMAN *Rhizophora* UNTUK MEREMEDIASI LIMBAH CAIR PERKOTAAN (LCP) KOTA BANDAR LAMPUNG DENGAN BIOINDIKATOR IKAN MAS

Oleh

M. ANDRIAN WIJAYA

Fitoremediasi didefinisikan sebagai pencucian polutan yang dimediasi oleh tumbuhan. Tanaman *Rhizophora* dapat digunakan sebagai tanaman fitoremediasi karena kemampuannya dalam menyerap logam berat dan adaptasi yang tinggi terhadap cekaman lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk Mendapatkan efektifitas tanaman mangrove dan mendapatkan jenis tanaman *Rhizophora* yang paling efektif dalam meremediasi cemaran limbah cair perkotaan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan tunggal yaitu jenis-jenis tanaman *Rhizophora*. Ada 5 perlakuan yang diberikan yaitu L0R (100% air bersih + *Rhizophora* spp.), L1R0 (100% LCP), L1R1 (100% LCP + *R. apiculata*), L1R2 (100% LCP + *R. stylosa*), dan L1R3 (100% LCP + *R. mucronata*). Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah persen hidup mangrove, pertambahan jumlah daun, pertambahan tinggi, pertambahan diameter batang, biomassa, dan survival rate bioindikator. Data di analisis dengan homogenitas ragam, analisis sidik ragam, dan uji beda nilai tengah perlakuan. Efektivitas remediasi diukur dengan bioindikator mas (*Cyprinus carpio*). Hasil penelitian didapatkan ketiga jenis *Rhizophora* efektif untuk meremediasi LCP. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *survival rate* bioindikator yang mencapai lebih dari 70% untuk ketiga jenis *Rhizophora* dan tanaman *R. apiculata* merupakan jenis yang paling efektif untuk meremediasi LCP. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *survival rate* bioindikator pada cemaran LCP yang paling tinggi setelah diberi perlakuan dengan *R. apiculata* (100%) dibandingkan dengan *R. mucronata* (80%) dan *R. stylosa* (75%).

Kata kunci : fitoremediasi, *Rhizophora*, limbah cair perkotaan, pencemaran air, *Cyprinus carpio*.

ABSTRACT

EFFECTIVENESS OF PLANT TYPES OF *Rhizophora* FOR REMEDIATING URBAN LIQUID WASTE (LCP) OF BANDAR LAMPUNG CITY WITH GOLDFISH BIOINDICATOR

By

M. ANDRIAN WIJAYA

Phytoremediation refers to the process of using plants to extract pollutants from the environment. *Rhizophora* could serve as effective phytoremediation agent due to their proficiency in absorbing heavy metals and their high adaptability to environmental stresses. The purpose of the study was to evaluate the efficacy of mangrove plants and identify the most effective species of *Rhizophora* for remediating urban wastewater contamination. The study employed a completely randomised design (CRD) with a single treatment, consisting of different species of *Rhizophora*. The treatments included L0R (100% clean water + *Rhizophora* spp.), L1R0 (100% UWC), L1R1 (100% UWC + *R. apiculata*), L1R2 (UWC) (100% UWC + *R. stylosa*), and L1R3 (100% UWC + *R. mucronata*). Parameters measured of the study were the percentage of mangrove life, increasing in leaf number, height, stem diameter, biomass, and survival rate of bioindicators. Statistical analysis included data homogeneity, analysis of variance, and difference test between treatment means. The carp (*Cyprinus carpio*) as bioindicator was used to measure remediation effectiveness. The results of the study showed the efficacy of all three *Rhizophora* species in remediating UWC. The survival rate of bioindicators reached over 70% for all three species of *Rhizophora*. Out of the three species, *R. apiculata* was found to be the most effective for remediating UWC. This effectiveness is supported by the survival rate values for bioindicators, which also exceeded 70% for all three *Rhizophora* species.

Keyword : phytoremediation, *Rhizophora*, urban liquid waste, water pollution,
Cyprinus carpio.

**EFEKTIFITAS JENIS TANAMAN *Rhizophora* UNTUK
MEREMEDIASI LIMBAH CAIR PERKOTAAN (LCP) KOTA BANDAR
LAMPUNG DENGAN BIOINDIKATOR IKAN MAS**

Oleh

M. Andrian Wijaya

(Skripsi)

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

Pada

**Jurusan Kehutanan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : **EFEKTIFITAS JENIS TANAMAN
Rhizophora UNTUK MEREMEDIASI
LIMBAH CAIR PERKOTAAN (LCP) KOTA
BANDAR LAMPUNG DENGAN
BIOINDIKATOR IKAN MAS**

Nama Mahasiswa : **M. Andrian Wijaya**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1954151016

Program Studi : Kehutanan

Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

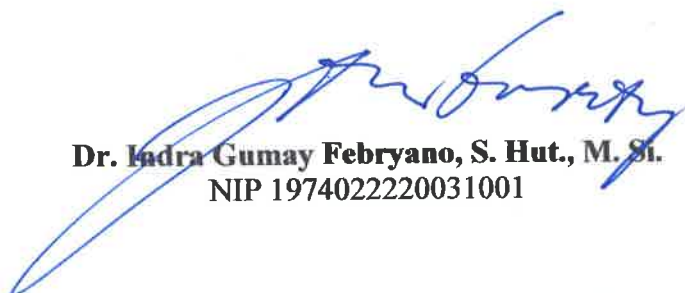


Duryat, S.Hut., M.Si.
NIP. 197802222001121001



Machya Kartika Tsani, S.Hut., M.Sc.
NIP 198809102015042004

2. Ketua Jurusan Kehutanan

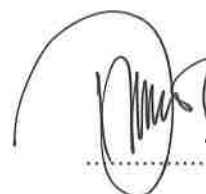


Dr. Indra Gumay Febryano, S. Hut., M. Si.
NIP 1974022220031001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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



Sekretaris : **Machya Kartika Tsani, S.Hut., M.Sc.**



Penguji : **Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si.**



Dekan Fakultas Pertanian

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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 5 Desember 2023

PERNYATAAN KEASILAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : M. Andrian Wijaya

NPM : 1954151016

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

“EFEKTIFITAS JENIS TANAMAN *Rhizophora* UNTUK MEREMEDIASI LIMBAH CAIR PERKOTAAN (LCP) KOTA BANDAR LAMPUNG DENGAN BIOINDIKATOR IKAN MAS”

Adalah benar karya saya sendiri yang saya susun sesuai dengan norma dan etika akademik yang berlaku saat ini. Kemudian, saya juga tidak keberatan apabila Sebagian dari skripsi ini digunakan oleh dosen dan/atau program studi untuk kepentingan publikasi. Jika di kemudian hari terbukti pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 5 Desember 2023
Yang menyatakan,



M. Andrian Wijaya
NPM 1954151016

RIWAYAT HIDUP



M. Andrian Wijaya (Penulis), atau akrab disapa Andrian lahir di Bandar Lampung, 07 Agustus 2001, sebagai anak tunggal dari Bapak M. Rozak Wahyudi dan Ibu Kartilaningsih.

Pendidikan Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SDN 3 Kemiling Permai pada tahun 2013, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di SMP N 14 Bandar Lampung pada tahun 2016, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di selesaikan di SMA N 2 Bandar Lampung pada tahun 2019. Penulis melanjutkan pendidikan dan terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur penerimaan Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri di Wilayah Barat Indonesia (SMMPTN Barat).

Selama kuliah, penulis aktif di organisasi Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Lampung sebagai Staff Departemen Komunikasi dan Informasi serta Himpunan Mahasiswa Jurusan Kehutanan (Himasylva) Universitas Lampung sebagai Ketua Bidang Rumah Tangga pada kepengurusan tahun 2022. Kegiatan keprofesian yang pernah diikuti Penulis yaitu mengikuti kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Panjang Utara, Kecamatan Panjang, Kota Bandar Lampung pada bulan Januari-Februari 2022. Penulis juga mengikuti kegiatan Praktik Umum (PU) di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Getas dan Wanagama, Jawa Tengah pada bulan Agustus 2022 selama 20 hari

SANWACANA

Puji syukur kepada Allah SWT karena atas segala berkat rahmat dan karunia-Nya serta sholawat dan salam tak lupa pula penulis curahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi yang berjudul “Efektifitas Jenis Tanaman *Rhizophora* Untuk Meremediasi Limbah Cair Perkotaan (LCP) Kota Bandar Lampung Dengan Bioindikator Ikan Mas”

Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi dan menempuh gelar Sarjana Kehutanan di Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Dengan berbagai keterbatasan, disadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini bukan semata mata ditulis berdasarkan kemampuan pribadi, melainkan karena mendapat bantuan dari berbagai pihak sehingga penyusunan skripsi ini bisa terselesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini, dengan segala ketulusan hati dan kerendahan hati, terucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si. selaku Ketua Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Duryat, S. Hut., M.Si. selaku dosen pembimbing akademik dan dosen pembimbing pertama yang telah memberikan motivasi kepada penulis selama menempuh perkuliahan sampai menyusun skripsi, arahan, perhatian, nasihat, dan doa.
4. Machya Kartika Tsani, S. Hut., M.Sc. selaku pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, arahan, perhatian, nasihat, doa, dan motivasi kepada penulis.

5. Dr. Melya Riniarti, S.P., M. Si. selaku dosen penguji skripsi yang telah memberikan bimbingan dan arahan.
6. Segenap dosen Jurusan Kehutanan yang telah memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis selama menuntut ilmu di Jurusan Kehutanan Universitas Lampung.
7. Kedua orang tua Penulis Bapak M. Rozak Wahyudi dan Ibu Kartilaningsih yang telah memberikan doa, teguran, semangat, motivasi dan memberikan dukungan moril maupun materil hingga Penulis menempuh langkah sejauh ini.
8. Tim Mangrove 2022 Bapak Tri Maryono, S.P., M.Si., Pangestu Prasetyo, Sandy Erggi Irawan, Hafiz Ansohidani, Kevin Kornelius Kambey, dan Rafli Indra Ghozali yang telah membantu penulis dalam melakukan pengambilan data di lapangan.
9. Teman-teman seperjuangan Agan, Jaula, dan Icon yang telah banyak membantu, menemani, dan menyemangati penulis
10. Saudara seperjuangan angkatan 2019 (FORMICS).
11. Keluarga besar Himasyilva Universitas Lampung.
12. Serta kepada seluruh pihak yang terlibat dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi secara langsung maupun tidak langsung yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

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

Bandar Lampung, 5 Desember 2023

M. Andrian Wijaya

Bismillahirrahmanirrahim

Karya tulis ini kupersembahkan khusus untuk kedua orang tuaku tersayang,
Bapak M. Rozak Wahyudi dan Ibu Kartilaningsih

DAFTAR ISI

	Halaman
SANWACANA	i
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	3
1.3. Rumusan Masalah	3
1.4. Kerangka Pemikiran	4
1.5. Hipotesis	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Fitoremediasi	6
2.2. Mekanisme Fitoremediasi	7
2.3. Laju Pertumbuhan dan Efektifitas Tanaman Mangrove.....	8
III. METODOLOGI PENELITIAN	10
3.1. Waktu dan Tempat	10
3.2. Alat & Bahan	10
3.3. Rancangan Percobaan.....	10
3.4. Pelaksanaan Penelitian	12
3.4.1. Penyiapan Bahan Limbah Cair Perkotaan	12
3.4.2. Penyediaan Bibit Mangrove (<i>Rhizophora</i> spp.).....	12
3.4.3. Penyediaan Bioindikator	13
3.4.4. Uji Adaptasi	13
3.4.5. Uji Efektifitas.....	13

	Halaman
3.5. Variabel Penelitian	14
3.5.1. Persen Hidup Mangrove	14
3.5.2. Pertambahan Jumlah Daun (helai)	14
3.5.3. Pertambahan Tinggi (cm)	14
3.5.4. Pertambahan Diameter Batang (mm)	14
3.5.5. Biomassa (g)	14
3.5.6. Tingkat Kelangsungan Hidup (<i>survival rate</i>) Bioindikator (%).....	15
3.6. Analisis Data	15
3.6.1. Homogenitas Ragam.....	15
3.6.2. Analisis Sidik Ragam (ANOVA)	17
3.6.3. Uji Beda Nilai Tengah Perlakuan	18
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	19
4.1. Uji Homogenitas.....	19
4.2. Analisis Sidik Ragam	20
4.3. Uji Beda Nilai Tengah Perlakuan.....	20
4.4. Indeks Mutu Bibit.....	23
4.5. <i>Survival Rate</i>	24
4.6. <i>Survival rate</i> bioindikator.....	26
V. SIMPULAN DAN SARAN	30
5.1. Simpulan.....	30
5.2. Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN.....	38
1. Tabel-Tabel Pengolahan Data.....	39
2. Dokumentasi Penelitian	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tata letak percobaan dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL).....	11
2. Kondisi bibit <i>Rhizophora</i> (a) di awal penelitian, (b) di akhir penelitian	23
3. <i>Rhizophora</i> spp. pada cemaran limbah cair perkotaan.....	24
4. Kondisi tanaman <i>Rhizophora</i> pada akhir pengamatan (a) <i>R. stylosa</i> , (b) <i>R. mucronata</i> , dan (c) <i>R. apiculata</i>	26
5. Survival rate bioindikator.....	27
6. Bioindikator ikan mas mengalami kematian.....	28
7. Keberadaan lumut pada perlakuan L1R0.....	29
8. Kondisi awal pertumbuhan bibit L1R2	41
9. Kondisi awal pertumbuhan bibit L1R3	41
10. Kondisi awal pertumbuhan bibit L0.....	42
11. Kondisi awal pada perlakuan L1R0	42
12. Kondisi awal tunas daun L1R1	43
13. Kondisi awal tunas daun L1R2	43
14. Kondisi awal tunas daun L1R3	44
15. Kondisi awal tunas daun pada perlakuan P1	44
16. Penampakan pertumbuhan L1R1 setelah 1 bulan	45
17. Penampakan pertumbuhan L1R2 setelah 1 bulan	45
18. Penampakan pertumbuhan L1R3 setelah 1 bulan	46
19. Penampakan pertumbuhan L0 setelah 1 bulan.....	46
20. Penampakan L1R0 setelah 1 bulan	47
21. Ukuran panjang tubuh ikan mas	47
22. Pemasukan bioindikator ikan pada box uji	48
23. Penampakan ikan mati pada box uji	48

Gambar	Halaman
24. Pertumbuhan bibit L0 setelah 8 minggu	49
25. Kondisi L1R0 setelah 8 minggu.....	49
26. Pengeringan bibit setelah dilakukan pencucian	50
27. Akar setelah dilakukan pencucian	50
28. Keberadaan lumut pada box uji	51
29. Pengovenan dilakukan dengan suhu $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$	51
30. Penimbangan biomassa sebelum dilakukan pengovenan	52
31. Penimbangan biomassa setelah dilakukan pengovenan	52
32. Penimbangan biomassa setelah dilakukan pengovenan	53

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penyajian hasil data.....	17
2. Data ulangan dan perlakuan	18
3. Analisis Sidik Ragam	18
4. Rekapitulasi hasil analisis uji homogenitas.....	20
5. Rekapitulasi hasil analisis sidik ragam	21
6. Rekapitulasi hasil uji beda nyata terkecil (BNT)	22
7. Indeks Mutu Bibit	23
8. Uji Homogenitas <i>R. apiculata</i> pada seluruh parameter	39
9. Uji Homogenitas <i>R. stylosa</i> pada seluruh parameter	39
10. Uji Homogenitas <i>R. mucronata</i> pada seluruh parameter	39
11. Uji Homogenitas Kontrol Positif pada seluruh parameter	39
12. Analisis sidik ragam <i>Rhizophora</i> pada seluruh parameter	40

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Berdasarkan sumber asalnya, limbah cair perkotaan terbagi menjadi limbah domestik, limbah industri, serta limbah yang berasal dari aktivitas perkotaan. Salah satu limbah yang berbahaya pada perairan ialah limbah perkotaan. Limbah perkotaan adalah limbah yang dibuang dari pemukiman penduduk, pasar, industri, pertokoan serta perkantoran yang menjadi sumber pencemar di lingkungan perairan (Suhartono, 1998). Limbah perkotaan merupakan limbah cair yang berasal dari masyarakat urban termasuk didalamnya limbah kota dan aktivitas industri yang masuk ke sistem saluran pembuangan kota (Supriharyono, 2002).

Salah satu indikator tingginya limbah perkotaan di suatu perairan adalah rendahnya DO (*Dissolved Oxygen*) dan tingginya nitrogen, BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan jumlah total *coliform*. Limbah perkotaan memiliki karakteristik fisika yang meliputi parameter kekeruhan dan TSS (*Total Suspended Solid*); karakteristik kimia antara lain adalah parameter DO (*Dissolved Oxygen*), BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), pH, dan deterjen; dan karakteristik biologi antara lain adalah parameter total *coliform* (Effendi, 2003). Menurut Yudha (2007) logam berat Pb (Timbal), Hg (Air Raksa), Cu (Tembaga) dan Cd (Kadmium) telah terdeteksi keberadaannya dalam jumlah yang bervariasi, baik di badan sungai, sumur penduduk dan perairan laut di wilayah pesisir Kota Bandar Lampung. Kandungan logam Cu (Tembaga) yang diketahui telah melebihi ambang batas pada perairan di PPP (Pelabuhan Perikanan Pantai) Lempasing (Yudha, 2009). Keberadaan logam CU (Tembaga) yang

membahayakan bagi lingkungan dapat dikurangi atau dihilangkan dengan Teknik fitoremediasi.

Fitoremediasi didefinisikan sebagai pencucian polutan yang dimediasi oleh tumbuhan, termasuk pohon, rumput-rumputan, dan tumbuhan air. Pencucian bisa berarti penghancuran, inaktivasi atau imobilisasi polutan ke bentuk yang tidak berbahaya (Chaney *et al.*, 1995). Ada beberapa strategi fitoremediasi yang sudah digunakan secara komersial maupun masih dalam taraf riset yaitu strategi berlandaskan pada kemampuan mengakumulasi kontaminan (*phytoextraction*) atau pada kemampuan menyerap dan mentranspirasi air dari dalam tanah (*creation of hydraulic barriers*). Kemampuan akar menyerap kontaminan dari air tanah (*rhizofiltration*) dan kemampuan tumbuhan dalam memetabolisme kontaminan di dalam jaringan (*phytotransformation*) juga digunakan dalam strategi fitoremediasi (Chaney *et al.*, 1995). Salah satu jenis tumbuhan yang berpotensi sebagai agen fitoremediasi adalah jenis tumbuhan mangrove.

Mangrove merupakan jenis tumbuhan yang unik karena bisa tumbuh di kawasan salinitas tinggi (Alongi, 2008). Salah satu kemampuan yang dimiliki oleh mangrove yaitu tumbuhan ini sanggup melakukan proses fitoremediasi. Teknik fitoremediasi ini sendiri sangat cocok digunakan untuk daerah pesisir dengan menggunakan mangrove sebagai tumbuhan yang meremediasi (Yulyana dan Harmin, 2021). Hal tersebut dikarenakan ekosistem mangrove memiliki kemampuan alami untuk membersihkan lingkungan dari berbagai zat pencemar sehingga penggunaan mangrove sebagai penyaring logam-logam berat dalam perairan pesisir sangat tepat (Utami *et al.*, 2018). Jenis tumbuhan mangrove yang diketahui bersifat bioakumulator adalah jenis tanaman *Rhizophora*.

Tanaman mangrove jenis *Rhizophora* dapat digunakan sebagai tanaman fitoremediasi karena kemampuannya dalam menyerap logam berat dan adaptasi yang tinggi terhadap cekaman lingkungan. Jenis mangrove memiliki mekanisme dalam menanggulangi materi toksik yang diserap dari lingkungan. Mekanisme yang umumnya dikembangkan tersebut adalah mekanisme secara inaktivasi dan lokalisasi secara kimia (Surya, 2008). Penelitian yang dilakukan oleh Farhan *et al.*

(2017) melaporkan bahwa mangrove *Rhizophora apiculata* memiliki efisiensi removal logam berat yang baik, yaitu kemampuan removal Zn sebesar 89,83% pada konsentrasi Zn 100 mg/L, 84,92% pada konsentrasi Zn 200 mg/L dan 74,94% pada konsentrasi logam berat Zn 300 mg/L. Efektifitas agen fitoremediasi dapat diukur dengan menggunakan bioindikator. Salah satu bioindikator yang dapat digunakan untuk mengukur efektifitas remediasi satu jenis tanaman adalah ikan mas.

Ikan mas (*Cyprinus carpio*) adalah salah satu spesies hewan yang sering digunakan sebagai bioindikator lingkungan untuk memantau tingkat pencemaran atau kualitas air lingkungan karena kepekaannya terhadap pencemaran. Ikan sering digunakan untuk mengetahui dampak berbagai jenis polutan organik (Sucman *et al.*, 2010). Ikan telah banyak digunakan sebagai bioindikator untuk monitoring pencemaran di ekosistem akuatik (Ismail dan Yusof, 2011). Melalui penerapan bioindikator dapat diprediksi keadaan alami suatu wilayah tertentu atau tingkat kontaminasi (Khatri dan Tyagi, 2015). Setiap jenis ikan agar dapat hidup dan berkembang biak dengan baik harus dapat menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan di mana ikan tersebut hidup. Komposisi dan distribusi ikan sangat dipengaruhi oleh perubahan fisik, kimia, dan biologi (Sriwidodo *et al.*, 2013).

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan efektifitas tanaman mangrove jenis *Rhizophora* dalam meremediasi cemaran limbah cair perkotaan.
2. Mendapatkan jenis tanaman *Rhizophora* yang paling efektif dalam meremediasi cemaran limbah cair perkotaan.

1.3. Rumusan Masalah

1. Apakah jenis-jenis tanaman mangrove genus *Rhizophora* efektif dalam meremediasi cemaran limbah cair perkotaan ?

2. Apakah salah satu jenis tanaman *Rhizophora* memiliki efektifitas yang paling baik dibanding jenis yang lain ?

1.4. Kerangka Pemikiran

Fitoremediasi berasal dari bahasa Yunani Kuno yaitu nabati/ tanaman, dan bahasa Latin yaitu *remedium* (memulihkan keseimbangan atau perbaikan) menggambarkan pengobatan masalah lingkungan (bioremediasi) melalui penggunaan tanaman yang mengurangi masalah lingkungan tanpa perlu menggali bahan kontaminan dan membuangnya di tempat lain. Fitoremediasi adalah penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan polutan dari tanah atau perairan yang terkontaminasi (Rondonuwu, 2014). Fitoremediasi juga berlandaskan pada kemampuan tumbuhan dalam menstimulasi aktivitas biodegradasi oleh mikroba yang berasosiasi dengan akar (*phytostimulation*) dan imobilisasi kontaminan di dalam tanah oleh eksudat dari akar (*phytostabilization*) serta kemampuan tumbuhan dalam menyerap logam dari dalam tanah dalam jumlah besar dan secara ekonomis digunakan untuk meremediasi tanah yang bermasalah (*phytominig*) (Chaney *et al.*, 1995). Fitoremediasi merupakan sebuah teknologi untuk proses penghilangan, pemindahan, penstabilan atau penghancuran bahan pencemar baik senyawa organik maupun anorganik pada tanah, limbah, kolam dengan menggunakan vegetasi (EPA, 2000; Komives dan Gullner, 2006; Sasi, 2011). Desain fitoremediasi harus memuat mekanisme yang akan digunakan pada fitoremediasi. Wong (2004) menjelaskan bahwa mekanisme kerja Fitoremediasi meliputi fitoekstraksi, fitovolatilisasi, fitodegradasi, fitostabilisasi, rizofiltrasi dan interaksi dengan mikroorganisme pendegradasi.

Pemilihan jenis yang dapat digunakan untuk fitoremediasi harus memiliki sifat mampu menyerap logam atau kontaminan, tidak ada penyebaran logam ke tajuk dan akarnya memiliki pertumbuhan yang sangat cepat (EPA, 2000). Selain itu, penggunaan pohon cepat tumbuh juga memberikan keuntungan berupa sistem perakaran yang dalam, produktifitas dan aktifitas transpirasi yang tinggi (Tlustos *et al.*, 2006). Pada syarat pemilihan jenis tersebut maka dapat diduga bahwa jenis

tanaman mangrove memiliki potensi sebagai agen fitoremediasi dikarenakan mangrove dapat mengakumulasi logam dan memiliki daya toleransi yang tinggi sehingga tumbuhan dapat yang dijadikan sebagai tanaman fitoremediasi (fitostabilitas) (Hamzah dan Pancawati, 2013). Tumbuhan mangrove berpotensi menyerap polutan logam berat dilingkungan. Tanaman mangrove banyak digunakan dalam remediasi logam berat diantaranya famili *Rhizophoraceae* jenis; *Bruguiera gymnorrhiza*, *Rhizophora apiculata*. yang biasa tumbuh pada tanah substrat berlumpur (Harmesa, 2020; Badera., *et al.*, 2018).

Spesies *Rhizophoraceae* diperkirakan memiliki ketahanan yang cukup tinggi terhadap beberapa kandungan logam dibanding spesies mangrove yang lain. Iryanti. *et al* (2014) melaporkan bahwa *Rhizophora apiculata* mampu menyerap logam berat seperti Zn dan Cr dari lingkungannya, dan mengakumulasikannya dalam daun. Zn diserap lebih banyak dari pada Cr, kemungkinan besar karena Zn merupakan salah satu logam esensial bagi tanaman. Penelitian ini membuktikan bahwa tanaman mangrove dari genus *Rhizophora* memiliki potensi untuk dapat menjadi agen fitoremediasi.

1.5. Hipotesis

1. Jenis-jenis tanaman mangrove dari genus *Rhizophora* memiliki efektifitas dalam meremediasi cemaran limbah cair perkotaan.
2. Jenis *Rhizophora apiculata* merupakan jenis mangrove yang paling efektif dalam meremediasi cemaran limbah cair perkotaan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Fitoremediasi

Istilah umum fitoremediasi berasal dari bahasa Yunani yaitu *phyto* (tumbuhan), yang dilekatkan pada akar bahasa Latin *remedium* (untuk memperbaiki atau menghilangkan kejahatan) (Ali *et al.*, 2013). Sehingga bisa dikatakan fitoremediasi sebagai suatu upaya untuk membuat kondisi lingkungan menjadi lebih baik (EPA, 2011). Sementara definisi dari fitoremediasi menurut EPA (2011) adalah “Proses mengurangi pencemar kimia di dalam tanah melalui akar tanaman”. Demikian pula USGS (2010) yang menerangkan definisi fitoremediasi sebagai “penggunaan tanaman untuk meremediasi pencemar melalui asupan air yang terkontaminasi (proses transpirasi) oleh tanaman”.

Fitoremediasi merupakan pemanfaatan tumbuhan, baik itu tumbuhan lokal (*native*) maupun tumbuhan budidaya untuk mendegradasi, menstabilkan, dan mengambil logam pencemar dari tanah dan air (Juhriah, 2016).. Tumbuhan lokal memiliki daya adaptasi yang lebih baik terhadap lingkungan sehingga memiliki kemampuan lebih tinggi bertahan hidup dan menyerap polutan dibandingkan tumbuhan eksotis. Teknologi fitoremediasi merupakan alternatif menarik dan efektif dalam mengurangi polusi di lingkungan akuatik (Ali *et al.*, 2020).

Pemilihan jenis tumbuhan ini dilakukan untuk meningkatkan keberhasilan fitoremediasi (Purnomo, 2015). Tanaman yang digunakan adalah tanaman yang memiliki kemampuan besar untuk mengakumulasi nutrisi terlarut, logam serta kontaminan lain (Ali *et al.*, 2020). Penggunaan tanaman dalam proses remediasi dikarenakan tanaman memiliki kemampuan tinggi untuk mengonsumsi kontaminan kemudian diuapkan langsung ke atmosfer. Proses ini dapat

menghemat biaya dalam menghilangkan pencemar dari tanah, air tanah, residu, dan lumpur (Ali *et al.*, 2020). Tanaman memang mampu digunakan sebagai agen fitoremediasi, namun tidak semua tanaman dapat digunakan sebagai fitoremediator karena tidak semua tanaman dapat melakukan metabolisme, volatilisasi dan akumulasi polutan dengan menggunakan mekanisme yang sama. (Hibatullah, 2019), menyatakan bahwa tanaman yang dapat melakukan proses fitoremediasi harus memiliki sifat sebagai berikut: 1) Cepat tumbuh, 2) Mampu mengkonsumsi air dalam jumlah banyak dalam waktu singkat, 3) Mampu meremediasi berbagai jenis polutan, 4) Memiliki toleransi yang tinggi terhadap polutan.

2.2. Mekanisme Fitoremediasi

Tumbuhan dalam meremediasi pencemar melakukan mekanisme untuk mendegradasinya. Mekanisme fitoremediasi dilakukan oleh tumbuhan dengan diambilnya pencemar dari tanah oleh akar. Proses fitoremediasi secara umum dibedakan berdasarkan mekanisme fungsi dan struktur tumbuhan. Wong (2004) menjelaskan bahwa mekanisme kerja Fitoremediasi meliputi fitoekstraksi, fitovolatilisasi, fitodegradasi, fitostabilisasi, rhizofiltrasi dan interaksi dengan mikroorganisme pendegradasi polutan (Wong, 2004). Terkait penjelasan mengenai mekanisme kerja Fitoremediasi akan dijelaskan pada paragraf selanjutnya.

Fitoekstraksi merupakan penyerapan polutan oleh tanaman dari air atau tanah melalui akar yang kemudian disimpan di bagian tajuk tanaman. Jenis tanaman ini disebut sebagai hiperakumulator (Mwegoha, 2008; Jadia dan Fulekar, 2009). Setelah polutan terakumulasi, akar dan tajuk tanaman bisa dipanen dan tanaman tersebut tidak boleh dikonsumsi tetapi harus dimusnahkan dengan insinerator kemudian ditimbun (Jadia dan Fulekar, 2009). Tanaman yang digunakan untuk fitoekstraksi harus mampu mentoleransi, mentranslokasi dan mengakumulasi logam berat dalam kadar yang sangat tinggi di dalam tajuk dan daunnya, memiliki tingkat pertumbuhan yang cepat dan produksi biomassa yang

tinggi, dan tidak disukai oleh binatang (EPA, 2000; Henry, 2000). Fitovolatilisasi merupakan proses penyerapan polutan oleh tanaman dan polutan tersebut diubah menjadi bersifat menguap yang kemudian ditranspirasikan oleh tanaman. Disini, polutan yang diserap akan dilepaskan oleh tanaman ke udara (EPA, 2000; Mwegoha, 2008). Fitodegradasi disebut juga sebagai fitotransformasi (Mueller *et.al.*, 1999). Fitodegradasi merupakan penyerapan dan menghancurkan polutan melalui proses metabolisme di dalam organ tanaman atau dapat pula menggunakan senyawa seperti enzim yang diproduksi oleh tanaman untuk menghancurkan polutan (Mueller *et.al.*, 1999; EPA, 2000) dan polutan tersebut mengalami metabolisme di dalam tanaman. Fitostabilisasi merupakan proses yang dilakukan oleh tanaman untuk mentransformasi polutan di dalam tanah menjadi senyawa yang non toksik tanpa menyerap terlebih dahulu polutan tersebut ke dalam organ tanaman. Hasil transformasi dari polutan tersebut akan tetap berada di dalam tanah (EPA, 2000). Rhizofiltrasi adalah proses penyerapan polutan oleh tanaman yang umumnya dengan medium perairan dan konsentrasi polutan yang rendah (EPA 2000; Mwegoha, 2008; Jadia dan Fulekar, 2009).

2.3. Laju Pertumbuhan dan Efektifitas Tanaman Mangrove

Faktor-faktor Pengaruh Pertumbuhan Mangrove. Beberapa faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan mangrove di suatu lokasi adalah: fisiografi pantai (topografi), pasang (lama, durasi, rentang), gelombang dan arus, iklim (cahaya, curah hujan, suhu, angin), salinitas, oksigen terlarut, tanah, dan hara. Fisiografi pantai dapat mempengaruhi komposisi, distribusi spesies dan lebar hutan mangrove. Pada pantai yang landai, komposisi ekosistem mangrove lebih beragam jika dibandingkan dengan pantai yang terjal. Hal ini disebabkan karena pantai landai menyediakan ruang yang lebih luas untuk tumbuhnya mangrove sehingga distribusi spesies menjadi semakin luas dan lebar. Pada pantai yang terjal komposisi, distribusi dan lebar hutan mangrove lebih kecil karena kontur yang terjal menyulitkan pohon mangrove untuk tumbuh (Alwidakdo *et al.*, 2014).

Fitoremediasi merupakan penggunaan tumbuhan untuk proses dekontaminasi polutan atau masalah pencemaran lingkungan. Tumbuhan mangrove mempunyai akar yang kuat dan dapat berfungsi sebagai perangkap sedimen. Mangrove juga mempunyai fungsi ekologis untuk mengabsorpsi logam berat yang ada di lingkungan. Penelitian oleh Luthansa *et al.* (2021), menunjukkan keberadaan ekosistem mangrove mampu mengendalikan polutan Pb (timbal) dan Cu (tembaga). Mangrove *Rhizophora* sering diteliti sebagai tumbuhan yang dapat mengakumulasi logam berat, sehingga dapat digunakan sebagai fitoremediator (Paz-Alberto *et al.*, 2014; Supriyantini *et al.*, 2017; Kumar *et al.*, 2021; Babak *et al.*, 2022).

2.4. Bioindikator ikan mas (*Cyprinus carpio*)

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*). 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 *et al.*, 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).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan April-Juni 2023 di rumah kaca, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2. Alat & Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair perkotaan, tanaman uji yang digunakan yaitu bibit mangrove *R. mucronata*, *R. apiculata*, dan *R. stylosa* berumur 2,5 bulan, ikan mas (*Cyprinus carpio*), dan air tawar. Alat yang digunakan yaitu *styrofoam box* berukuran 52 cm x 37 cm x 19 cm, ember plastik 5 liter, *calliper*, timbangan digital, oven, penggaris dengan ketelitian 1 cm.

3.3. Rancangan Percobaan

Penelitian dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan tunggal yaitu jenis-jenis tanaman *Rhizophora*. Ada 5 perlakuan yang diberikan yaitu LOR (100% air bersih + *Rhizophora* spp.) digunakan sebagai perbandingan laju pertumbuhan dengan tanaman yang diberi limbah, L1R0 (100% LCP) untuk dijadikan pembanding *survival rate* bioindikator, L1R1 (100% LCP + *R. apiculata*), L1R2 (100% LCP + *R. stylosa*), L1R3 (100% LCP + *R. mucronata*). Tiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali kecuali kontrol yaitu L0, sehingga keseluruhan unit percobaan berjumlah 16

unit percobaan ditambah 3 unit kontrol. Setiap unit percobaan digunakan 5 bibit *Rhizophora* sehingga total bibit yang dibutuhkan berjumlah 75 bibit yang terdiri atas 25 bibit *R. apiculata*, 25 bibit *R. mucronata*, dan 25 bibit *R. stylosa*.

Model matematika dari Rancangan Acak Lengkap yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut (Sugandi dan Sugiarto, 1994).

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

Keterangan :

Y_{ij} : Hasil pengamatan yang mendapat perlakuan taraf ke-j dan ditempatkan di ulangan ke-i

μ : Pengaruh rata-rata umum perlakuan

τ_i : Pengaruh perlakuan taraf ke-j

ε_{ij} : Pengaruh galat percobaan dari perlakuan taraf ke-j dan ulangan ke-i

Tata letak perlakuan *Rhizophora* spp. dapat dilihat pada Gambar 1.

L1R0 .3	L1R1 .4	L1R0 .1	L1R1 .2	L1R2 .3	L1R3 .4	L1R2 .2	L1R3 .2	L0R1	L0R3
L1R1 .1	L1R2 .1	L1R0 .4	L1R3 .1	L1R1 .3	L1R0 .2	L1R3 .3	L1R2 .4	L0R2	

Gambar 1. Tata letak percobaan dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL)

Keterangan :

L0R1 : 100% air bersih + *Rhizophora apiculata*

L0R2 : 100% air bersih + *Rhizophora stylosa*

L0R3 : 100% air bersih + *Rhizophora mucronata*

L1R0.1 : 100% LCP tanpa *Rhizophora* spp. ulangan ke-1

L1R0.2 : 100% LCP tanpa *Rhizophora* spp. ulangan ke-2

L1R0.3 : 100% LCP tanpa *Rhizophora* spp. ulangan ke-3

L1R0.4 : 100% LCP tanpa *Rhizophora* spp. ulangan ke-4

L1R1.1 : 100% LCP + *R. apiculata* pada ulangan ke-1

L1R1.2 : 100% LCP + *R. apiculata* pada ulangan ke-2

L1R1.3 : 100% LCP + *R. apiculata* pada ulangan ke-3

L1R1.4 : 100% LCP + *R. apiculata* pada ulangan ke-4

L1R2.1 : 100% LCP + *R.stylosa* pada ulangan ke-1

L1R2.2 : 100% LCP + *R.stylosa* pada ulangan ke-2

L1R2.3 : 100% LCP + *R.stylosa* pada ulangan ke-3

L1R2.4 : 100% LCP + *R.stylosa* pada ulangan ke-4

L1R3.1 : 100% LCP + *R.mucronata* pada ulangan ke-1

L1R3.2 : 100% LCP + *R.mucronata* pada ulangan ke-2

L1R3.3 : 100% LCP + *R.mucronata* pada ulangan ke-3

L1R3.4 : 100% LCP + *R.mucronata* pada ulangan ke-4

3.4. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian yang akan dilakukan meliputi berbagai macam kegiatan sebagai berikut.

3.4.1. Penyiapan Bahan Limbah Cair Perkotaan

Limbah cair perkotaan didapatkan dari beberapa aliran penghubung (sungai) yang melewati pemukiman padat polutan dan bermuara ke laut. Ada 3 lokasi aliran perairan yang akan dijadikan tempat pengambilan limbah cair perkotaan yaitu sungai Way Belau, Kel. Kota Karang, Kec. Teluk Betung Barat, Bandar Lampung yang mewakili wilayah domestik ; Sungai Way Kunyit, Kel. Sukaraja Kec. Bumi Waras, Bandar Lampung yang mewakili wilayah perdagangan kota; dan Sungai Way Lunik, Kel. Way Lunik, Kec. Panjang, Bandar Lampung yang mewakili wilayah industry perkotaan. Limbah cair diambil dari sungai yang menjadi tempat pembuangan air limbah sebanyak 100 liter di setiap lokasi. Lalu limbah cair perkotaan akan dicampurkan keseluruhannya sampai homogen.

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

Bibit tiga jenis tanaman *Rhizophora* yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari pembibitan lokal di Sidodadi, Kab. Pesawaran, Lampung dengan umur 2,5 bulan. Bibit yang digunakan harus dipersiapkan dengan keseragaman yang baik yaitu untuk jenis *Rhizophora apiculata* dan *Rhizophora stylosa* memiliki keseragaman tinggi 30-35cm, diameter 3 – 4 cm dan memiliki jumlah

daun dari 4-6 daun, untuk jenis *Rhizophora Mucronata* memiliki keseragaman tinggi 30-35cm, diameter 3 – 4 cm dan memiliki jumlah daun dari 4-6 daun. Keseragaman yang menjadi indikator yaitu umur, tinggi, dan diameter bibit. Kemudian tanaman mangrove dibersihkan dari kotoran yang menempel untuk selanjutnya diaklimatisasi sebelum penelitian. Aklimatisasi dilakukan dengan mengadaptasikan tanaman pada ember plastik selama 3 hari sebelum dipindahkan ke bak uji sesungguhnya (*styrofoam box*). Tujuan dari aklimatisasi ini agar tanaman mampu beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang baru, menghilangkan kandungan atau senyawa lain yang ada pada tanaman (Sisilia, 2015). Kemudian media tanaman Mangrove akan diperbesar dengan ukuran yang seragam agar ukuran media tidak menjadi penghambat pertumbuhan tanaman.

3.4.3. Penyediaan Bioindikator

Ikan yang digunakan pada penelitian ini adalah ikan mas (*Cyprinus carpio*) berumur 2 bulan dengan ukuran panjang tubuh seragam yaitu sekitar 6-8 cm serta dalam kondisi fisik sehat tanpa cacat. Bibit ikan yang digunakan diperoleh dari budidaya perikanan yang bertempat di Rajabasa, Kota Bandar Lampung.

3.4.4. Uji Adaptasi

Styrofoam box diisi dengan LCP sebanyak 8 liter yang telah disiapkan sebagai media tumbuh bibit tanaman *Rhizophora* dengan kepadatan 5 bibit per *styrofoam box*. Selanjutnya dilakukan pengujian daya adaptasi tiga jenis tanaman *Rhizophora* dengan cara menumbuhkannya pada media tercemar LCP selama 8 minggu. Uji ini dilakukan untuk melihat daya adaptasi tanaman tanaman *Rhizophora* pada cemaran limbah cair perkotaan dengan konsentrasi sampai permukaan media tanaman tergenang.

3.4.5. Uji Efektifitas

Uji efektifitas tiga jenis tanaman *Rhizophora* dengan cara melepaskan ikan mas (*Cyprinus carpio*) berumur 2 bulan pada air yang telah diremediasi. Uji ini dilakukan untuk mengetahui efektifitas dari hasil remediasi tanaman *Rhizophora* dengan ikan sebagai bioindikator. Hal yang diamati pada uji ini yaitu bagaimana

respon atau perubahan tingkah laku ikan terhadap cemaran limbah cair perkotaan yang telah dilakukan remediasi dimulai dari 0 minggu, 2 minggu, 4 minggu, 6 minggu, 8 minggu.

3.5. Variabel Penelitian

Variabel yang akan diamati pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

3.5.1. Persen Hidup Mangrove

Persentase hidup dihitung dengan membandingkan antar jumlah bibit yang tumbuh dengan baik (hidup) terhadap jumlah bibit yang ditanam pada saat awal penelitian dan setiap 2 minggu pengujian atau dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$\text{Persentase Keberhasilan Hidup (\%)} = \frac{\text{Bibit yang hidup}}{\text{Bibit yang ditanam}} \times 100\%$$

3.5.2. 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.

3.5.3. Pertambahan Tinggi (cm)

Pengukuran tinggi tanaman *Rhizophora* spp. dilakukan menggunakan penggaris mulai dari ujung propagul dimana tunas tumbuh sampai ujung pucuk tertinggi. Pengukuran tinggi dilakukan pada setiap satu minggu sekali.

3.5.4. Pertambahan Diameter Batang (mm)

Pengukuran diameter batang dilakukan dengan menggunakan *calliper* pada awal di setiap 1 minggu pengujian.

3.5.5. Biomassa (g)

Pengukuran biomassa dilakukan untuk mengetahui akumulasi senyawa

organik yang berhasil disintesis dari senyawa anorganik pada kandungan cemaran limbah cair perkotaan. Pengukuran biomassa dilakukan dengan cara menimbang berat basah dan berat kering tanaman terlebih dahulu. Penimbangan dilakukan dengan cara menimbang bagian daun, batang, dan akar tanaman menggunakan timbangan digital. Pengukuran berat basah dan kering dilakukan dengan menimbang satu per satu bagian tanaman. Kemudian mencatat hasilnya sebagai berat basah. Setelah itu, per bagian tanaman tersebut dibungkus menggunakan kertas. Bungkus tanaman tersebut kemudian dimasukkan ke dalam oven selama 48 jam dengan suhu $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ dan dilakukan penimbangan hingga mencapai berat konstan, hal tersebut mengacu pada metode SNI 01-2354.2-2006. Perhitungan biomassa dilakukan pada akhir penelitian.

3.5.6. Tingkat Kelangsungan Hidup (*survival rate*) Bioindikator (%)

Pengujian efektifitas hasil fitoremediasi terhadap ikan mas (*Cyprinus carpio*) dilakukan setiap 2 minggu sekali. Parameter ini dilakukan untuk membuktikan efektifitas mangrove sebagai agen fitoremediasi mampu mengurangi efek toksik limbah cair perkotaan, yang ditandai dengan ketahanan hidup ikan sebagai bioindikator.

Perhitungan ketahanan hidup ikan dapat dihitung menggunakan rumus (Effendie, 1979) sebagai berikut.

$$SR = \frac{N_t}{N_o} \times 100\%$$

Keterangan :

Survival Rate (SR) : Kelulushidupan 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

3.6.1. Homogenitas Ragam

Homogenitas ragam diuji menggunakan uji Bartlett pada taraf nyata 5%,

dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$S^2 = \frac{\sum\{(n_i-1)S_i^2\}}{\sum(n_i-1)}$$

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

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

$$X^2 \text{ tabel} = X^2 (1 - \alpha)(dk)$$

Keterangan :

N : Jumlah data

B : Nilai Bartlett = $(\sum dk) \log s^2$

S_i^2 : Varians data untuk setiap kelompok ke-1

dk : derajat kebebasan

Hasil penghitungan X^2 hitung dibandingkan dengan X^2 tabel. Jika X^2 hitung $> X^2$ tabel, maka data yang diperoleh tidak homogen, sehingga perlu dilakukan transformasi data.

Uji Bartlett digunakan untuk menguji homogenitas varians lebih dari dua kelompok data. Langkah-langkah uji homogenitas menggunakan uji Bartlett (Nuryadi *et al.*, 2017).

- Menghitung derajat kebebasan (dk) masing-masing kelompok
- Menghitung varians (s) masing-masing kelompok
- Menghitung besarnya $\log S^2$ untuk masing-masing kelompok
- Menghitung besarnya $dk \cdot \log S^2$ untuk masing-masing kelompok

Tabel 1. Penyajian hasil data

Sampel	dk = N-1	$\frac{1}{dk}$	S	S^2	Log(S^2)	Dk (S^2)	dk (log(S^2))
Jumlah							

- Menghitung nilai varians gabungan semua kelompok dengan rumus sebagai berikut.

$$S^2 = \frac{(\sum dk S_i^2)}{\sum dk}$$

f. Menghitung nilai B (nilai Bartlett) dengan rumus sebagai berikut.

$$B = \sum dk (\log S^2)$$

g. Menghitung nilai X^2 dengan rumusan sebagai berikut.

$$X^2 = (\ln 10) [B - (\sum dk \log S_i^2)]$$

h. Setelah nilai X^2 hitung diperoleh, maka nilai X^2 tersebut dibandingkan dengan X^2 tabel. Kriteria Homogen ditentukan jika X^2 hitung $< X^2$ tabel.

Hipotesis pengujian :

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \dots = \sigma_n^2$$

H_a : Paling sedikit salah satu tanda tidak sama

Kriteria Pengujian :

Jika X^2 hitung $< X^2$ tabel $(1-\alpha; db=n-1)$, maka Terima H_0

Jika X^2 hitung $\geq X^2$ tabel $(1-\alpha; db=n-1)$, maka Tolak H_0

3.6.2. Analisis Sidik Ragam (ANOVA)

Analisis ragam dilakukan menggunakan uji F pada taraf nyata 5% untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh nyata dari perlakuan yang diberikan.

Tabel 2. Data ulangan dan perlakuan

Ulangan	Perlakuan			
	T0	T1	T2	T3
R1	T0R1	T0R2	T0R3	T0R4
R2	T1R1	T1R2	T1R3	T1R4
R3	T2R1	T2R2	T2R3	T2R4
R4	T3R1	T3R2	T3R3	T3R4
Total	T0	T1	T2	T3
Rata-rata				

Perhitungan :

a. Faktor Koreksi (FK) $= \frac{\sum(Y_{ij})^2}{n}$

b. Jumlah Kuadrat Total (JKT) $= \sum Y_{ij}^2 - FK$

c. Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP) $= \frac{\sum Y_j^2}{r} - FK$

d. Jumlah Kuadrat Galat (JKG) $= JKT - JKP$

Tabel 3. Analisis Sidik Ragam

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	F tabel 5%
Perlakuan (p)	p-1	JKP	$KTP = \frac{JKP}{DBP}$	$\frac{KTP}{KTG}$	
Galat (g)	p(s-1)	JKG	$KTG = \frac{JKG}{DBG}$		
Total	Sp-1	JKT			$KK = \frac{\sigma}{y} 100\%$

Keterangan :

- p = Banyaknya perlakuan
s = Rata-rata banyaknya ulangan
v1 = db perlakuan
v2 = db galat

Jika hasil menunjukkan $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka terdapat pengaruh nyata dari perlakuan yang diberikan dan akan dilanjutkan ke uji lanjut. Namun jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka tidak ada pengaruh nyata dari perlakuan yang diberikan, sehingga tidak perlu dilakukan uji lanjut (Gaspersz, 1991).

3.6.3. Uji Beda Nilai Tengah Perlakuan

Model uji beda nilai tengah digunakan untuk menganalisis model penelitian pre-post atau sebelum dan sesudah penelitian. Uji beda ini digunakan untuk mengevaluasi perlakuan (*treatment*) tertentu pada satu sampel yang sama pada dua periode pengamatan yang berbeda (Pramana, 2012). Menurut Irvan *et al* (2021) jika asumsi terpenuhi, maka data perbedaan nilai tengah perlakuan diuji dengan uji beda nilai tengah (BNT). Prinsip uji lanjut BNT adalah perbandingan rata-rata antara dua nilai rata-rata atau perbandingan pasangan rata-rata. Dua rata-rata dinyatakan berbeda secara nyata/signifikan apabila mempunyai selisih yang lebih besar dibandingkan dengan nilai BNT. Untuk melihat perbedaan antar nilai tengah perlakuan dilakukan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada $\alpha = 0,05$ (Madya, 2014).

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Simpulan yang dapat diambil dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Ketiga jenis *Rhizophora* efektif untuk meremediasi LCP. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *survival rate* bioindikator yang mencapai lebih dari 70% untuk ketiga jenis *Rhizophora*.
2. *R. apiculata* merupakan jenis yang paling efektif untuk meremediasi LCP. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *survival rate* bioindikator pada cemaran LCP yang paling tinggi setelah diberi perlakuan dengan *R. apiculata* (100%) dibandingkan dengan *R. mucronata* (80%) dan *R. stylosa* (75%).

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian bahwa ketiga jenis *Rhizophora* dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi dalam upaya penanggulangan maupun perbaikan kualitas ekosistem perairan terhadap cemaran limbah cair perkotaan di wilayah pesisir perkotaan. Penelitian ini hanya menggunakan bioindikator sehingga untuk mengetahui seberapa besar cemaran B3 pada limbah cair perkotaan belum dapat dilakukan secara presisi, sehingga disarankan untuk penelitian yang akan datang dapat dilakukan uji analisis laboratorium untuk mengetahui seberapa banyak cemaran B3 yang mampu diremediasi oleh masing-masing spesies yang diujikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, Y,V. 2003. Uji Penurunan Kandungan Nitrat dan Fosfat oleh Alga Hijau (*Chlorella* sp) secara Kontinyu. Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Surabaya.
- Alwidakdo, A., Azham, Z., dan Kamarubayana, L. 2014. Studi pertumbuhan mangrove pada kegiatan rehabilitasi hutan mangrove di desa tanjung limau kecamatan muara badak kabupaten kutai kartanegara. *Jurnal AGRIFOR*, Vol. XIII No 1.
- Ali, A., Naeem, M., Singh, S., & Alzuaibr, F. M. 2020. Phytoremediation of contaminated waters : An eco-friendly technology based on aquatic macrophytes application. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*.
- Ali, H., Khan, E., dan Sajad, M. A. 2013. Phytoremediation of heavy metals Concepts and applications. *Chemosphere*, 91(7): 869–881.
- Ali, M. 2013. Degradasi Nitrat Limbah Domestik Dengan Alga Hijau (*Chlorella* sp). Monograf. Upn veteran jatim. Surabaya.
- Amani, F., dan Prawiroredjo, K. 2016. Alat ukur kualitas air minum dengan parameter ph, suhu, tingkt kekeruhan, dan jumlah padatan terlarut. *Jurnal Elektro Trisaktri*. 14(1): 49-62.
- Annisa, S. 2022. Daya Adaptasi dan Efektivitas Mangrove Bakau (*Rhizophora* spp.) Sebagai Agen Remediasi Cemaran Limbah Detergen. Skripsi. Universitas Lampung. Lampung. 27-38.
- Ardiatma, D., Riyadi, A., Azis, A, A. 2022. Efektifitas Penurunan Kadar COD, BOD, TSS dan pH Menggunakan Metode Kombinasi Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok Dengan Filtrasi Menggunakan Karbon Aktif dan Silika Pada Air Limbah Domestik. *Jurnal Pelita Teknologi*. 17 (1) : 01-11.
- Ariyanto, D., Gunawan, H., & Purba, D. W. (2021). Heavy Metal (Pb) in the *Rhizophora apiculata* Mangrove in Asahan, North Sumatera, Indonesia. *Proceedings of the International Seminar on Promoting Local Resources for Sustainable Agriculture and Development*, 13, 373–378.

- Babak, B.A., Kiani, S.M., Lorestani, B., Cheraghi, M. dan Sobhan, A.S. 2022. Phytoremediation of Heavy Metals Nickel, Cadmium and Lead in the Coasts of the Persian Gulf Using Mangrove (*Avicennia marina*). *Environment and Water Engineering*, 8(1): 74-86.
- Badera, D., Lamangandjo, C., dan Salim, A. 2018. Komposisi, Struktur vegetasi, Dan kepadatan udang dikawasan mangrove tabulo selatan kabupaten Boalemo., *Bioma: Jurnal Biologi Makassar*, 3(1): 26-34.
- Bahagia, W. 2017. Pengaruh Pemberian Ekstrak Kulit Batang Bakau Minyak (*Rhizophora apiculata*) Etanol 95 % Terhadap Histopatologi Pankreas Tikus Putih Jantan Galur Sparague Dawley Yang Terpapar Asap Rokok. Skripsi. Universitas Lampung. Lampung. 63-71.
- Bell, J, B. 1977. Bacteriological Investigation of Alberta Meat-packing Plant Wastes with Emphasis on Salmonella Isolation. *Appl Environ Mikrobiol.* 33. 538-545.
- Chaney RL et al . 1995. Potential use of metal hyperaccumulators. *Mining Environ Manage*, 3: 9-11
- D. M. Alongi. 2008. “Mangrove forests: resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change,” *Estuar. Coast. Shelf Sci*, 76 (1): 1–13.
- Dahlan, E,N. 1986. Pencemaran daun teh oleh timbal sebagai akibat emisi kendaraan bermotor di Gunung Mas Puncak. Makalah Kongres Ilmu Pengetahuan Indonesia. Panitia Nasional MAB. Jakarta.
- Dedy, K. Santoso, A. dan Irwani. 2013. Studi akumulasi logam Tembaga (Cu) dan efeknya terhadap struktur akar mangrove (*Rhizophora mucronata*). *Journal of marine research*, 2 (4) (2013) : 8-15. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Effendie, M. I. 1979. *Metode Biologi Perikanan*. Buku. Yayasan Dwi Sri. Bogor. 112 hlm.
- Effendi H. 2003. Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- EPA. 2000. *Abandoned Mine Site Characterization and Cleanup Handbook*. Environmental Protection Agency of United States-Region 10.
- EPA. 2000. *Introduction to Phytoremediation. National Risk Mangement Research Laboratory-Office of Research and Development*. United States Environmental Protection Agency.
- EPA. 2011. *Phytoremediation Lesson Plan : Plans Eat Bad Chemicals*. The United States Environmental Protection Agency.

- Farhan, I. 2017. Peranan mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* dalam menurunkan logam Zn. Thesis. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Farhan, Isbir dan Mohammad Razif. 2017. A Removal of Zn Metal Concentration Using *Rhizophora apiculata* mangrove plants. *Asian Journal Agri & Biol.* 5 (4): 328-336.
- Hamzah, F dan Pancawati, Y. 2013. Fitoremediasi Logam Berat dengan Menggunakan Mangrove. *Jurnal Ilmu Kelautan.* 18 (4): 203-212.
- Harmesa. 2020. Teknik-Teknik Remediasi Sedimen Terkontaminasi Logam Berat. *Oseana*, 45 (1): 1-16.
- Hendromo. 1998. Pengaruh media organik dan tanah mineral terhadap mutu bibit Pterygota alata ROXB. Bogor: Buletin Penelitian Hutan No. 617. Pusat Litbang Kehutanan. Bogor.
- Henry, J.R. 2000. An Overview of The Phytoremediation of Lead and Mercury. Prepared for United States of Environmental Protection Agency Office of Solid Waste and Emergency Response Technology Innovation Office.
- Hibatullah, H. F. 2019. Fitoremediasi Limbah Domestik (*Grey Water*) Menggunakan Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) dengan Sistem Batch.
- Irvan, *et al.* 2021. Efikasi herbisida metil metsulfuron terhadap gulma pada budidaya tanaman karet (*hevea brasiliensis*) belum menghasilkan. *Jurnal Agrotektropika.* 9 (2): 279-289.
- Iryanti, *et al.* 2014. Logam kromium (cr) dan seng (zn) dalam akar, batang, dan daun tumbuhan mangrove rhizophora apiculata di muara sungai badung. *Jurnal kimia.* 8 (2): 178-182.
- Ismail, A. dan Yusof, S. 2011. Effect of mercury and cadmium on early life Stages of java medaka (*Oryzias javanicus*): A potential tropical test fish. *Marine Pollution Bulletin.* 63: 347-349.
- Jadia, C.D dan M.H. Fulekar. 2009. Review: Phytoremediation of Heavy Metals Recent Techniques. *African Journal of Biotechnology.* 8 (6): 921-928.
- Juhriah, dan Alam, M. 2016. Fitoremediasi Logam Berat Merkuri (Hg) pada Tanah dengan Tumbuhan Celosia Plumosa (Voss) Burv. *Biologi Makassar (Bioma).* 1(1): 1–8
- Khatri, N. dan Tyagi, S. 2015. Influences of natural and anthropogenic factors On surface and groundwater quality in rural and urban areas. *Life Science.* 8(1): 23–39.

- Komives, T. dan G. Gullner. 2006. Dendroremediation: The Use of Trees in Cleaning up Polluted Soils. *Phytoremediation Rhizoremediation*. 23-31.
- Kumar, M., Mohapatra, S., Karim, A.A. dan Dhal, N.K. 2021. Heavy metal fractions in rhizosphere sediment vis-a-vis accumulation in Phoenix paludosa (Roxb.) mangrove plants at Dhamra Estuary of India: assessing phytoremediation potential. *Chemistry and Ecology*. 37(1): 1-14.
- Lugo, A.E., Cintron, G., dan Gaenaga, C. 1991. *Mangrove ecosystems under stress. Stress effects on natural ecosystems*. Pp. 129-153.
- Luthansa, U.M., Titah, H.S., dan Pratikno, H. 2021. The Ability of Mangrove Plant on Lead Phytoremediation at Wonorejo Estuary, Surabaya, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*. 22(6) : 253-268.
- Madya, *et al.* 2014. Pengaruh konsentrasi etanol dan lama deraan pada viabilitas benih buncis (*Phaseolus vulgaris L.*). *Jurnal Agrotek Tropika*. 2 (1): 83-88.
- Majid, I., Al Muhdar, M, H, I., Rohman, F., Syamsuri, I. 2016. Konservasi Hutan Mangrove di Pesisir Pantai Kota Ternate Terintegrasi Dengan Kurikulum Sekolah. *Jurnal Bioedukasi*. 4 (2).
- Mendoza, D., Gil, J., Santamaria, M., Perez, O, Z. 2006. Multiple Effects of Cadmium on the Photosynthetic Apparatus of *Avicennia germinas L.* as Probed by OJIP Chlorophyll Fluorescence Measurements. *Z. Naturforsch.* 62 : 265-272.
- Mentari, R, J., Soenardjo, N., 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.
- Mueller, B., Goswami, D., Rock, S., Geller, K., Easley, D., Hall, T., Strauss, P., Compton, H., Gatchett, A., Hirsh, S., Berti, B., Arguello, R., Thuraisingham, R., Ellis, B., Douglas, T., Greene, K.A., Olson, K., Tsao, D. 1999. *Phytoremediation Decision Tree. Interstate Technology and Regulatory Cooperation Work Group*. Phytoremediation Work Team.
- Mwegoha, W.J.S., 2008. The Use Of Phytoremediation Technology For Abatement Soil And Groundwater Pollution In Tanzania: Opportunities And Challenges. *Journal Of Sustainable Development In Africa*. 10 (1): 140-156
- Nugrahanto, N, P., Yulianto, B., Azizah, R. 2014. Pengaruh Pemberian Logam Berat Pb terhadap Akar, Daun, dan Pertumbuhan Anakan Mangrove *Rhizophora mucronata*. *Journal Of Marine Research*. 2 (3) : 107-114.

- 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. 151–155.
- Paz-Alberto, A.M., Celestino, A.B., dan Sigua, G.C. 2014. Phytoremediation of Pb in the sediment of a mangrove ecosystem. *Journal of soils and sediments*. 14 (1): 251-258.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. KEMEN-LHK. Air Limbah Domestik. Baku Mutu. Pencabutan.No 1323, 2016.
- Pramana, A. 2012. *Analisis Perbandingan Trading Volume Activity dan Abnormal Return Saham Sebelum dan Sesudah Pemecahan Saham*. Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Purnomo, D. W. Magandhi, M. Helmanto, H. Witono, J. R. 2015. Jenis-jenis Tumbuhan Reklamasi Potensial untuk Fitoremediasi Kawasan Bekas Tambang. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*. 1(3): 496-500.
- R. Utami, W. Rismawati, dan K. Sapanli. 2018. Pemanfaatan Mangrove Untuk Mengurangi Logam Berat Di Perairan, in seminar nasional hari air Sedunia. 1(1): 141–153.
- 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.
- Ramadhani, R. 2017. Optimasi Natrium Chlorida (NaCl) Terhadap Pengendalian Infeksi Argulus SP Pada Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). Skripsi. Universitas Muhammadiyah Makassar. Makassar. 53 hlm.
- Sanadi, T., Schaduw, J., Tilaar, S., Mantiri, D., Bara, R., dan Pelle, W. 2018. Analisis logam berat timbal (Pb) pada akar mangrove di Desa Bahowo dan Desa Talawaan Bajo Kecamatan Tongkaina. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*. 6(2): 9-18.
- Samiyarsih, S., Suparjana, T. B., dan Juwarno, J. 2017. Karakter anatomi daun tumbuhan mangrove akibat pencemaran di Hutan Mangrove Kabupaten Cilacap. *Majalah Ilmiah Biologi BIOSFERA: A Scientific Journal*. 33(1): 31-36.
- Salt. 2000. Phytoextraction: present applications and future promise. *Bioremediation of Contaminated Soils*. Marcek Dekker Inc. New York. pp.729-743.

- Sasi, K. 2011. *Phytoremediation-Applications, Advantages and Limitations*.
- 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.
- Sendy, B dan Rondonuwu. 2014. Fitoremediasi limbah merkuri menggunakan tanaman dan sistem reaktor. *Jurnal Ilmiah Sains*. 14(1).
- Siregar, N., Basyuni, M., Utomo, B. 2015. Respons Pertumbuhan dan Komposisi Rantai Panjang *Polyisoprenoid* Semai Berjenis Sekresi *Xylocarpus Granatum Koenig*. Terhadap Salinitas. *Peronema Forestry Science Journal*.
- SNI 13 SNI 13-6793-2002 tentang *Cara uji kimia – Bagian 2 : Penentuan kadar air pada produk perikanan*. Buku. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional. 8 hlm.
- Sriwidodo D.W.E., Budiharjo, A., dan Sugiyarto. 2013. Keanekaragaman jenis ikan di kawasan inlet dan outlet Waduk Gajah Mungkur Wonogiri. *Bioteknologi*. 10(2): 43-50.
- 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.
- Subiandono, E., Bismark, M., Heriyanto, N, M. 2013. Kemampuan *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. DAN *Rhizophora apiculata* Bl. Dalam penyerapan polutan logam berat (Absorption Ability of *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. and *Rhizophora apiculata* Bl. in Heavy Metal Pollutants). *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 10 (1) : 92-102.
- Sucman, E., Vavrova, M., Zlamalova, H., dan Mahrova, M. 2010. Fish–useful bio indicators for evaluation of contamination in water ecosystems. *Proceedings of the Annual International Conference on Soils, Sediments, Water and Energy*. 11(3).
- Suhartono E. 1998. Identifikasi Kualitas Perairan Pantai Akibat Limbah Domestik Pada Monsun Timur Dengan Metode Indeks Pencemaran. *Wahana Teknik Sipil*. 14: 20-28.
- Supriharyono. 2002. Pelestarian dan Pengelolaan Sumberdaya Alam di Wilayah Pesisir Tropis. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Supriyantini, E., Nuraini, R.A.T., dan Dewi. C.P. 2017. Daya Serap Mangrove *Rhizophora* sp. terhadap Logam Berat Timbal (Pb) di Perairan Mangrove Park, Pekalongan. *Jurnal Kelautan Tropis*. 20(1): 16-24.

- Surya, Hadidan Sucika. 2008. Studi Bibit Mangrove *Rhizophora stylosa* Sebagai Bioindikator Akumulasi Logam Timbal (Pb). *J. Pijar MIPA*. 3(1): 6-10.
- Tangahu, B. V. 2015. Comparison of Single Plant And Combined Plants Using Reedbed System In Treating Batik Industry Wastewater. International Postgraduate Conference on Biotechnology.
- Tlustos, P., D, Pavlikova., J, Zakova., Z, Fischerova dan J, Balik. 2006. Exploitation of Fast Growing Species Trees in Metal Remediation. *Journal of Phytoremediation Rhizoremediation*. 83-102.
- USGS. 2010. *Phytoremediation*. United States Geological Survey.
- Widiyanto, M. A. 2013. *Statistika Terapan*. Buku. PT Alex Media Komputindo. Jakarta. 400 hlm.
- Wong, J. 2004. Phytoremediation of Contaminated Soils. First Place Student Essay. *Journal of Natural Resources Life Science Education*. 33: 51–53.
- 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.
- Yudha, I.G. 2007. Kajian Pencemaran Logam Berat di Wilayah Pesisir Kota Bandar Lampung *Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat*. Bandar Lampung.
- Yudha, I.G. 2009. Kajian logam berat Pb, Cu, Hg dan Cd yang terkandung pada beberapa jenis ikan di wilayah pesisir kota Bandar Lampung. *Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat*. Bandar Lampung.
- Yulyana dan Harmin. 2021. Kajian Fitoremediasi untuk Menurunkan Konsentrasi Logam Berat di Wilayah Pesisir Menggunakan Tumbuhan Mangrove (Studi Kasus: Pencemaran Merkuri di Teluk Jakarta). *Jurnal Teknik ITS*. 10 (1).