EFEKTIFITAS TUMBUHAN JERUJU (*Acanthus ilicifolius*) DALAM MENGABSORBSI ZAT PENCEMAR LAS (*Linier Alkylbenzene Sulfonate*) DENGAN ADANYA LOGAM BERAT (Pb DAN Cd)

SKRIPSI

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Disusun Oleh:

FAJAR RIZKA RAHAYU

NIM H71216026

PROGRAM STUDI BIOLOGI

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL

SURABAYA

2020

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi Oleh

NAMA :Fajar Rizka Rahayu

NIM :H71216026

JUDUL :EFEKTIFITAS TUMBUHAN JERUJU (*Acanthus ilicifolius*) DALAM MENGABSORBSI ZAT PENCEMAR LAS (*Linier Alkylbenzene Sulfonate*) DENGAN ADANYA LOGAM BERAT (Pb Dan Cd)

Telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 4 Agustus 2020

Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
Eva Agustina, M.Si	Saiku Rokhim, M.KKK
NIP. 198908302014032008	NIP.198612212014031001

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi Fajar Rizka Rahayu ini telah dipertahankan
didepan tim penguji skripsi

Surabaya, 4 Agustus 2020

Mengesahkan

Dewan Penguji

Penguji I

Eva Agustina, M.Si
NIP. 198908302014032008

Penguji 11

Saiku Rokhim, M.KKK
NIP. 19861221201401001

Penguji III

Dr. Moch. Irfan Hadi, M.KL
NIP. 198604242014031003

Penguji IV

Rony lrawanto, S.Si., M.T.
NIP. 197801082006041005

Mengetahui,

Plt, Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
US Sunan Ampel Surabaya

Dr. Hj. Evi Fatimatur Rusydiyah M.A g.
NIP. 197312272005012003

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama	: Fajar Rizka Rahayu
NIM	: H71216026
Program Studi	: Biologi
Angakatan	: 2016

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "EFEKTIFITAS TUMBUHAN JERUJU (*Acanthus ilicifolius*) DALAM MENGABSORBSI ZAT PENCEMAR LAS (*Linier Alkylbenzene Sulfonate*) DENGAN ADANYA LOGAM BERAT (Pb DAN Cd)". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 27 Juli 2020

Yang menyatakan,

METERAI TEMPEL

6000

Fajar Rizka Rahayu

NIM. H71216026

Dipindai dengan CamScanner

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax 031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Fajar Rizka Rahayu
NIM : H71216026
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI/ BIOLOGI
E-mail address : Fajarrizka1905@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :
■ Skripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul :
EFEKTIFITAS TUMBUHAN JERUJU (*Acanthus ilicifolius*) DALAM MENGABSORBSI ZAT PENCEMAR LAS (*Linier Alkylbenzene Sulfonate*) DENGAN ADANYA LOGAM BERAT (Pb DAN Cd)
beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara ***fulltext*** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 18 Maret 2020

Penulis

(Fajar Rizka Rahayu)

Dipindai dengan CamScanner

ABSTRAK

EFEKTIFITAS TUMBUHAN JERUJU (*Acanthus ilicifolius*) DALAM MENGABSORBSI ZAT PENCEMAR LAS (*Linier Alkylbenzene Sulfonate*) DENGAN ADANYA LOGAM BERAT (Pb DAN Cd)

Meningkatnya kegiatan pembangunan di berbagai bidang serta bertambahnya penduduk dari tahun ke tahun menyebabkan berbagai jenis limbah dan sampah yang masuk ke dalam badan-badan perairan semakin banyak. Seperti zat pencemar organik maupun anorganik sehingga mengakibatkan terjadinya pencemaran air. Untuk itu perlu dilakukan pengolahan air limbah salah satunya yaitu menggunakan teknik fitoremediasi. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui efektifitas dari tubuhan jeruju (*Acanthus ilicifolius*) dalam mengabsorbsi zat pencemar LAS dengan adanya logam berat jenis Pb dan Cd. Penelitian ini bersifat eksperimental. Limbah yang digunakan ada dua macam yaitu LAS dan logam berat jenis Pb dan Cd dengan konsentrasi yang sama yaitu 0,5 ppm. Waktu detensi yang digunakan yaitu 7 dan 14 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tumbuhan Jeruju mampu mengabsorbsi LAS sebanyak 25% dalam waktu detensi 14 hari. Sedangkan pada perlakuan LAS dengan adanya logam berat juga menurunkan konsentrasi LAS pada perairan hingga 95% dalam waktu yang sama. Hal ini menunjukkan terjadinya ikatan antara logam berat dan LAS, sehingga konsentrasi LAS di air akan berkurang akibat terabsorbsi oleh tumbuhan Jeruju. Kondisi tumbuhan jeruju tidak mati akibat adanya zat pencemar karena termasuk tumbuhan hiperakumulator yang mampu menyerap jenis limbah organik maupun anorganik pada air yang telah tercemar.

Kata Kunci*:* Fitoremediasi, *Acanthus ilicifolius* (Jeruju), LAS, Logam berat (Pb dan Cd)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ABSTRACT

EFFECTIVENESS OF ORANGE PLANT (*Acanthus ilicifolius*) TO ABSORB WELDING POLLUTANTS (*Alkylbenzene Sulfonate Linear*) IN THE PRESENCE OF HEAVY METALS (Pb AND Cd)

Increased development activities in various fields and increasing population from year to year causes various types of waste and rubbish that enter the water bodies more and more. Such as organic and inorganic pollutants that cause water pollution. For this reason, wastewater treatment needs to be done, one of which is using phytoremediation techniques. The purpose of this study was to determine the effectiveness of the Jeruju (Acanthus ilicifolius) plant in absorbing LAS pollutants in the presence of heavy metals Pb and Cd. This research is experimental with Jeruju as a phytoremidiation agent. There are two kinds of waste used, namely LAS and Pb and Cd with the same concentration of 0.5 ppm with detention times of 7 and 14 days. The results showed that Jeruju plants were able to absorb LAS by 25% in a detention period of 14 days. Whereas the treatment of LAS with the is there of heavy metals also reduced the concentration of LAS in waters up to 95% in the same time. This shows the bond between heavy metals and LAS, so that the concentration of LAS in water will be reduced due to absorption by Jeruju plants. In addition, the concentration of LAS and heavy metals used in this study showed no effect on the Jeruju plant. The condition of jeruju plants does not die due to pollutants because they include hyperaccumulator plants that are able to absorb types of organic and inorganic waste in polluted water.

Keywords*:* Phytoremediation, *Acanthus ilicifolius* (Jeruju), LAS, Heavy metals (Pb and Cd)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR ISI

Halaman Judul i
Lembar Persetujuan Pembimbing ii
Lembar Pengesahan iii
Halaman Pernyataan Keaslian Karya Ilmiah iv
Halaman Motto v
Halaman Persembahan vi
Kata Pengantar vii
Abstrak ix
Abstract x
Daftar Isi xi
Daftar Tabel xiii
Daftar Gambar xiv
Daftar Lampiran xv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 9
1.3 Tujuan Penelitian 10
1.4 Manfaat Penelitian 10
1.5 Batasan Masalah 11
BAB II KAJIAN PUSTAKA 12
2.1 Air 12
2.2 Pencemaran Air 14
2.3 Kandungan Detergen 18
2.4 Logam Berat 23
2.5 Fitoremediasi 24
2.6 Tumbuhan Jeruju (*Acanthus ilicifolius*) 28
BAB III METODE PENELITIAN 32
3.1 Rancangan Penelitian 32
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian 33
3.3 Alat dan Bahan 33

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.4 Variabel Penelitian 34
3.5 Hipotesis 34
3.6 Prosedur Penelitian 35
3.7 Analisis Data 42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 43
4.1 Tahap Aklimatisasi 43
4.2 Mekanisme Penyerapan LAS Oleh Tumbuhan Jeruju 46
4.3 Mekanisme Pemecahan Rantai LAS Pada Air 49
4.4 Perbandingan Kondisi Lingkungan Saat Penelitian Dengan Kondisi Optimum Pertumbuhan Tumbuhan Uji 50
4.5 Pengamatan Parameter Kualitas Air 51
4.5.1 pH (Derajat Keasaman) 51
4.5.2 Temperatur Air 54
4.5.3 BOD (*Bichemical Oxygen Demand*) 57
4.5.4 COD (*Chemical Oxygen Demand*) 59
4.5.5 TDS (*Total Dissolve Solid*) 61
4.6 Penurunan Konsentrasi LAS Menggunakan Tumbuhan Jeruju (*Acanthus ilicifolius*) 63
4.7 Analisis Data 65
BAB V PENUTUP 69
5.1 Kesimpulan 69
5.2 Saran 69
DAFTAR PUSTAKA 70
LAMPIRAN

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Kimia Air 13
Tabel 2.2 Fungsi Tumbuhan Air Dalam Menjernihkan Limbah Cair 29
Tabel 3.1 Rancangan Penelitian 32
Tabel 3.2 Jadwal Pelaksanaan Penelitian 33
Tabel 4.1 Kondisi Tumbuhan Jeruju Pada Saat Aklimatisasi 43
Tabel 4.2 Perubahan Fisik Tumbuhan Jeruju Selama Perlakuan 45
Tabel 4.3 Perbandingan Kondisi Lingkungan Pada Penelitian Dengan Kondisi Optimum Pertumbuhan Tumbuhan Uji 50

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Molekul Air 13
Gambar 2.2 Struktur Surfaktan 21
Gambar 2.3 Rumus Bangun Senyawa LAS 21
Gambar 2.4 Molekul LAS 22
Gambar 2.5 Proses Fitoakumulasi 25
Gambar 2.6 Proses Rhizofiltrasi 26
Gambar 2.7 Proses Fitostabilisasi 26
Gambar 2.8 Proses Fitodegradasi 27
Gambar 2.9 Proses Fitovolatilisasi 27
Gambar 2.10 Bunga, Daun, Biji, dan Batang Jeruju 29
Gambar 4.1 Tumbuhan Pada Saat Aklimatisasi 44
Gambar 4.2 Perubahan Tumbuhan Selama Perlakuan 46
Gambar 4.3 Grafik Nilai pH 52
Gambar 4.4 Grafik Nilai Temperatur Air 55
Gambar 4.5 Grafik Nilai BOD 57
Gambar 4.6 Grafik Nilai COD 60
Gambar 4.7 Grafik Nilai TDS 61
Gambar 4.8 Grafik Penurunan LAS 63

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Penelitian 80
Lampiran 2 Perhitungan Larutan Standar 81

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Indonesia, akses terhadap air bersih semakin terpengaruh oleh kontaminasi dari berbagai kegiatan perindustrian, pertambangan, pemukiman dan kegiatan pertanian. Meningkatnya kegiatan pembangunan di berbagai bidang serta bertambahnya penduduk dari tahun ke tahun menyebabkan berbagai jenis limbah dan sampah yang masuk ke dalam badan-badan perairan semakin banyak. Pencemaran air adalah masuknya zat, energi, makhluk hidup maupun komponen lainnya ke dalam badan-badan perairan yang dapat menyebabkan kualitas perairan menjadi menurun. Ketersediaan air yang kurang diperhatikan, beban polusi yang tinggi dan pola perilaku masyarakat yang terkadang masih mengesampingkan pengelolahan lingkungan menyebabkan kelangkaan air bersih (Annie and Gilbert, 2013). Pembuangan limbah secara langsung tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu dapat menyebabkan perairan tercemar karena memicu rusaknya ekosistem di perairan seperti kematian massal pada ikan, bau tak sedap serta warna air yang berubah menjadi keruh (Marganof, 2007).

Salah satu penyebab pencemaran lingkungan di perairan paling banyak adalah limbah domestik yang berasal dari limbah detergen, seperti limbah rumah tangga, laundry dan rumah makan. Rifa'i (2013) menyatakan bahwa limbah domestik termasuk jumlah pencemar terbesar sekitar 85% yang masuk ke badan air Indonesia. Hal ini dapat dilihat dari seiringnya produksi detergen yang mencapai 2,7 juta ton/tahun dengan kenaikan produksi tahunan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

mencapai 5%. Pada tahun 2014, hampir 79% sungai yang statusnya tercemar berat oleh limbah detergen (Nurfadillah *et. al.*, 2017). Detergen merupakan senyawa sabun bersifat alkalis yang terbentuk melalui proses kimia yang sangat sulit terdegradasi secara alamiah (Hermawati *et. al.*, 2005). Penggunaan detergen yang semakin meningkat di kalangan masyarakat akan berdampak pada jumlah limbah yang dihasilkan. Hal ini dapat menyebabkan eutrofikasi dimana badan air menjadi kaya akan nutrien terlarut, menurunnya kandungan oksigen terlarut serta kemampuan daya dukung badan air terhadap biota air dan dapat mengganggu kesehatan pada manusia (Ghiovani *et. al.*, 2017). Dalam jangka panjang, air yang telah terkontaminasi deterjen berpotensi sebagai salah satu penyebab kanker. Proses penghancuran senyawa deterjen akan menghasilkan residu benzena ketika direaksikan dengan bahan kimia seperti klorin untuk membentuk senyawa chlorobenzene yang sangat berbahaya (Lutfi, 2009).

Umumnya formula detergen mengandung lebih dari satu komponen, diantaranya yaitu surfaktan, *builder* (bahan pembentuk), zat aditif (bahan tambahan) dan *filler* (bahan pengisi). Surfaktan termasuk unsur yang paling penting, terdiri dari 15%-40% dari total formulasi detergen. Secara sederhana surfaktan dibagi menjadi dua golongan, yaitu surfaktan anionik dan surfaktan kationik. Hampir semua jenis detergen yang digunakan dalam kegiatan rumah tangga termasuk golongan anionik (>75%), sedangkan detergen kationik lebih banyak dipakai oleh kegiatan industri, pertambangan dan perkapalan. Oleh karena itu, pencemaran limbah domestik lebih dominan berasal dari limbah detergen anionik (Dubinsky, 2004). Surfaktan anionik yang umum

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

digunakan adalah *Alkyl Benzene Sulfonates* (ABS) dan *Linear Alkyl Benzene Sulfonates* (LAS) (Apriyani, 2017). Bahan detergen berupa ABS digantikan dengan LAS yang mempunyai rantai hidrokarbon primer maupun sekunder, sehingga LAS bersifat mudah diuraikan secara biologis (Rosariawari, 2008). Sedangkan menurut Purnamasari (2014), LAS dapat terurai pada kondisi aerob (cukup oksigen dan mikroorganisme) namum hanya mampu terdegradasi sekitar 50% dan membutuhkan waktu 9 hari. Pada kondisi anaerob (tidak ada udara) LAS tidak dapat terurai. Hal ini dikarenakan rantai alifatik tidak dapat direduksi lebih lanjut (Budiawan, 2009).

Kandungan detergen yang cukup tinggi dalam air dapat menyebabkan pengurangan kadar oksigen. Menurut Rochman (2009), detergen pada konsentrasi 0,5 mg/L sudah mampu membentuk busa sehingga menghambat difusi oksigen dari udara ke permukaan badan air. Alkil Sulfat dengan kadar 15 mg/L dalam detergen dapat mematikan ikan mas. Pada uji biologi yang menggunakan detergen jenis LAS dengan konsentrasi 0,002 – 40 mg/L, telah menimbulkan efek negatif pada ekosistem perairan. Pada konsentrasi LAS 0,25 – 0,5 mg/L dapat mengakibatkan penurunan produktifitas plankton, sedangkan pada konsentrasi 0,12 – 27 mg/L mampu mematikan beberapa jenis moluska (Dubinsky, 2004). Menurut Suharjono (2008), Air sungai pada area pemukiman yang penduduknya sedikit memiliki konsetrasi LAS kurang lebih 1,14 – 3,07 mg/L, sedangkan air sungai pada area pemukiman yang penduduknya padat memiliki konsentrasi LAS mencapai 4,06 – 8,98 mg/L. Menurut PERMENLH RI No. 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah , kadar detergen maksimum yang diperbolehkan dalam air limbah yaitu sebesar

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

5,00 mg/L. Sedangkan kadar detergen maksimum yang diperbolehkan dalam air bersih menurut PERMENKES RI No. 32 tahun 2017 tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air yaitu sebesar 0,05 mg/L.

Selain itu, zat pencemar anorganik seperti Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) juga banyak ditemukan didaerah perairan. Kedua logam tersebut merupakan logam yang tidak dibutuhkan oleh makhluk hidup karena memiliki sifat yang toksik. Pada umumnya logam berat tidak dapat terurai dalam air, semakin meningkat aktivitas yang berhubungan dengan logam berat seperti kegiatan industri membuat air menjadi tercemar dan logam akan terakumulasi dalam air. Efek toksik yang disebabkan oleh logam berat terhadap tubuh manusia dikarenakan oleh logam tersebut bergabung oleh gugus reaktif yang esensial bagi fungsi fisiologi dalam tubuh (Herni, 2011).

Menurut Garno (2001), kadar logam berat pada suatu perairan sangat tergantung pada keadaan perairan tersebut. Konsentrasi logam berat di lingkungkan perairan meningkat dengan kedekatan perairan yang berada di kawaan padat industri. Timbal (Pb) adalah logam berat yang tersebar sangat luas dibandingkan dengan logam toksik yang lainnya. Sumber pencemaran logam Pb dapat berasal dari tanah, udara, air, hasil pertanian limbah pengolahan emas maupun industri rumah. Sedangkan sumber kontaminasi terbesar Pb di lingkungan adalah gas buangan dari bensin beradiktif timbal untuk bahan bakar kendaraan bermotor dan limbah industry. Akumulasi Pb dalam tubuh juga menyebabkan gangguan dan kerusakan pada saraf, hati, ginjal, tulang maupun otak (Dewi, 2011).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Sedangkan Kadmium (Cd) merupakan logam kebiruan yang bersifat lunak serta racun bagi tubuh manusia. Sumber kontaminasi Cd di lingkungan sebagian besar diakibatkan oleh aktivitas manusia yaitu penggunaan bahan bakar, kebakaran hutan, limbah industryi serta penggunaan pupuk pestisida (Widianingrum *et. al.*, 2007). Menurut PERMENKES RI No. 416 tahun 1990 tentang syarat – syarat dan pengawasan kualitas air, kadar Timbal (Pb) maksimum yang diperbolehkan dalam air sungai yaitu sebesar 0,030 mg/L dan Kadmium (Cd) sebesar 0,010 mg/L. Sedangkan kadar Timbal (Pb) maksimum yang diperbolehkan dalam air bersih yaitu sebesar 0,05 mg/L dan Kadmium (Cd) sebesar 0,005 mg/L. Untuk kadar Timbal (Pb) maksimum yang diperbolehkan dalam air minum yaitu sebesar 0,01 mg/L dan Kadmium (Cd) sebesar 0,003 mg/L.

Pada suatu perairan, sangat memungkinkan apabila banyak terjadi campuran antara zat pencemar satu dengan yang lain. Seperti halnya LAS dengan logam berat. Sehingga dari hal tersebut, peneliti ingin mengetahui apakah dengan adanya gabungan logam berat dengan LAS mampu menurunkan konsentrasi LAS dalam perairan tersebut atau menjadikan konsentrasi LAS semakin tinggi.

Adapun upaya untuk menanggulangi pencemaran air yang disebabkan oleh limbah detergen maupun logam berat adalah fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan suatu upaya peggunaan tumbuhan dan bagian – bagiannya untuk dekontaminasi (upaya mengurangi atau menghilangkan kontaminasi) limbah dan masalah – masalah pencemaran lingkungan baik secara *ex-situ* menggunakan kolam buatan maupun *in-situ* (langsung di lapangan) pada

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

daerah yang terkontaminasi limbah. Pada proses fitoremediasi, tumbuhan akan memanfaatkan bahan kimia yang terkandung dalam limbah sebagai nutrisi untuk kehidupannya (Padmaningrum, 2014). Karakteristik tumbuhan yang dapat dijadikan sebagai fitoremediasi adalah tumbuhan yang dapat mengakumulasi limbah dengan laju penyerapan yang tinggi. Tumbuhan akuatik umumnya dijadikan sebagai agen fitoremediasi perairan karena tingkat pertumbuhannya yang tinggi. Akar pada tumbuhan akuatik dapat dijadikan tempat filtrasi dan absorpsi padatan tersuspensi serta pertumbuhan mikroba yang menghilangkan unsur – unsur hara pada kolam air (Priyatno dan Prayitno, 2008).

Beberapa penelitian tentang tumbuhan akuatik dengan jenis lain yang dapat menurunkan kadar limbah cair domestik diantaranya yaitu Melati Air (*Echinodorus paleafolius)*, Akar Wangi *(Chrysopogon zizanioides)*, dan Kangkung (*Ipomoea crassicaulis*). Berdasarkan hasil penelitian Padmaningrum (2014) tentang pengaruh biomassa melati air (*Echinodarus paleafolius*) terhadap kadar fosfat dan derajat keasaman limbah cair laundry didapat hasil berupa penurunan kadar fosfat dari 221,5181 ppm menjadi 49,3333 ppm dan Derajat Keasaman (pH) turun dari 8,80 menjadi 7,62. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Suastuti et. al. (2015) tentang pengolahan larutan detergen menggunakan tanaman kangkung (*Ipomoea crassicaulis*) menggunakan sistem biofilter (pengolahan biofiltrasi tanaman yang dibuat dari kotak *Styrofoam* dimana bagian dalamnya dilapisi plastik agar air limbah tidak terserap ke dalam *Styrofoam*) didapat hasil bahwa tanaman kangkung dapat menurunkan konsentrasi surfaktan pada sampel

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

larutan detergen sebesar 97,76% selama 30 hari proses pengolahan dengan konsentrasi awal limbah domestik sebanyak 22 L.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Maharjan (2017) tentang potensi tanaman akar wangi untuk pengolahan air limbah menggunakan fitoremediasi menyatakan bahwa tanaman akar wangi (*Chrysopogon zizanioides*) sangat efektif dalam mengolah air tercemar yang memiliki kadar fosfat dan nitrat yang tinggi. Hal ini dapat dilihat dari total fosfor air limbah awal dengan jumlah 4,3 mg/L berkurang menjadi 0,5 mg/L dengan waktu tinggal selama 30 hari. Sedangkan menurut penelitian Adistira et. al. (2018) tentang fitoremediasi limbah detergen menggunakan tumbuhan melati air (*Echinodarus radicans*) dengan metode eksperimental (dilaksanakan dalam laboratorium yang dilanjutkan dengan studi literatur untuk memperkuat hasil penelitian) dan teknik RFT (dilakukan dengan berbagai variasi konsentrasi untuk mengetahui seberapa besar kemampuan tumbuhan menyerap polutan pada konsentrasi tertentu) menunjukkan bahwa tumbuhan melati air efektif sebagai remediasi limbah detergen. Hal ini dapat terlihat dari hasil percobaan yang dilakukan, bahwa tumbuhan melati air tidak mengalami perubahan yang signifikan serta tumbuhan yang diamati masih berwarna hijau dan segar dari konsentrasi 0,05 g/L, 1 g/L dan 0,15 g/L.

Salah satu tumbuhan akuatik yang berpotensi memiliki penyerapan logam berat adalah *Acanthus ilicifolius* atau yang biasanya disebut dengan Jeruju. Tumbuhan ini berhabitat di hutan bakau berair payau pada ketinggian hingga 500 mdpl (Hidayat *et. al.*, 2004). Tumbuhan Jeruju termasuk tumbuhan *emergend* dimana posisi tumbuhan muncul di atas permukaan air

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

namun akarnya berada dalam sedimen. Menurut Irawanto *et. al.* (2015), tumbuhan Jeruju (*Acanthus ilicifolius*) dapat mengakumulasi logam terbesar pada bagian akar. Selain itu, ia juga memaparkan bahwa semakin sedikit jumlah individu semakin besar akumulasi terhadap logam Pb maupun Cd. Sedangkan menurut hasil penelitian dari Wahwakhi (2017) tentang potensi *Acanthus ilicifolius* sebagai agen fitoremediasi dan fitomining pada logam Cu menyatakan bahwa tumbuhan tersebut berpotensi sebagai tumbuhan fitoremediasi untuk logam Cu dan potensi terbaiknya berada pada bagian akarnya.

Acanthus ilicifolius digunakan pada penelitian ini karena menurut Irawanto (2015), tumbuhan tersebut termasuk jenis baru dalam pemanfaatan fitoteknologi. Pada penelitian sebelumnya tumbuhan ini memiliki potensi sebagai akumulator (menyerap pencemaran dalam tubuhnya). Selain itu, tumbuhan ini memiliki kecepatan tumbuh yang tinggi dan relatif mudah dipanen sehingga memiliki potensi berdasarkan beberapa kriteria terhadap tumbuhan air sebagai fitoremediator. Dengan demikian, adanya tumbuhan Jeruju (*Acanthus ilicifolius*) tersebut merupakan suatu anugerah dari Allah SWT. Seperti yang telah di sebutkan dalam Q.S. Asy Syu'ara:7 yang berbunyi:

أَوَ لَمۡ يَرَوۡاْ إِلَى ٱلۡأَرۡضِ كَمۡ أَنۢبَتۡنَا فِيهَا مِن كُلِّ زَوۡجٖ كَرِيمٍ (٧)

Artinya : "Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam tumbuh – tumbuhan yang baik." (Q. S. Asy Syu'araa:7)

Dengan terciptanya berbagai tumbuhan yang bermanfaat, ayat diatas menganjurkan manusia untuk selalu memperhatikan dan melestarikan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

bermacam – macam tumbuhan yang ada di bumi. Pemilihan waktu detensi dalam penelitian ini mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Irawanto et. al. (2015) tentang fitoremediasi menggunakan tumbuhan *Acanthus ilicifolius* dengan logam berat jenis Pb dan dalam waktu detensi 5 hari, 10 hari dan 15 hari dengan kondisi tanaman masih hidup meskipun warna daun berubah menjadi kekuningan, batang dan urat daun berubah sedikit coklat. Sedangkan konsentrasi LAS (*Linier Alkylbenzene Sulfonate*) mengacu pada standar baku mutu air limbah serta area pemukiman dengan penduduk yang sedikit dan padat. Atas dasar uraian latar belakang di atas, dapat dijadikan sebagai acuan penelitian tentang **"Efektifitas Tumbuhan *Acanthus ilicifolius* (Jeruju) Dalam Mengabsorbsi Zat Pencemar LAS (*Linier Alkylbenzene Sulfonate*) Dengan Adanya Logam berat (Pb dan Cd)"** untuk memanfaatkan tumbuhan jeruju (*Acanthus ilicifolius*) sebagai agen fitoremediasi terhadap limbah detergen (LAS) dan limbah yang mengandung logam berat jenis Pb dan Cd

1.2 Rumusan masalah

1. Bagaimana kemampuan fitoremediasi tumbuhan jeruju terhadap konsentrasi LAS di perairan ?
2. Bagaimana kemampuan fitoremediasi tumbuhan jeruju terhadap konsentrasi LAS dengan adanya logam berat Pb dan Cd di perairan ?

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

1.3 Tujuan penelitian

1. Untuk mengetahui kemampuan fitoremediasi tumbuhan jeruju terhadap konsentrasi LAS di perairan.
2. Untuk mengetahui kemampuan fitoremediasi tumbuhan jeruju terhadap konsentrasi LAS dengan adanya logam berat Pb dan Cd di perairan.

1.4 Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Bagi peneliti:

   Penelitian ini diharapkan diperoleh manfaat dari segi keilmuan dan praktisnya. Dari segi keilmuan hal ini penting khususnya dalam bidang ekologi dalam upaya menanggulangi pencemaran yang terjadi di perairan.

2. Bagi Masyarakat:

   Segi praktis hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai informasi kepada masyarakat bahwa tumbuhan Jeruju (*Achantus ilicifoilus*) memiliki kemampuan untuk menyerap larutan detergen. Penelitian ini dapat direkomendasikan sebagai salah satu alternatif pengolahan air dengan teknologi tepat guna yang ekonomis dan mudah. Pengurangan kadar LAS berbahaya dari larutan deterjen akan meningkatkan kualitas lingkungan perairan, sehingga masalah pencemaran air dapat teratasi.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Jenis tanaman uji yaitu *Achantus ilicifolius* (Jeruju)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Media tanam yang digunakan adalah larutan LAS 100%, logam berat jenis Pb dan Cd dengan konsentrasi kontrol dan 0,5 ppm
3. Waktu detensi (fitoremediasi) dalam penelitian selama 7 hari dan 14 hari setelah proses aklimatisasi selama 14 hari.
4. Parameter yang diteliti selama penelitian meliputi suhu, kelembaban, pH, TDS, Temperature air, BOD, COD morfologi tumbuhan, uji LAS (*Linier Alkylbenzene Sulfonate*) dengan metode MBAS.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air

Air adalah salah satu bahan alam yang sering diperlukan untuk kehidupan makhluk hidup seperti manusia, hewan maupun tumbuhan yang berfungsi sebagai media pengangkutan zat – zat makanan serta sebagai sumber industri dan keperluan lainnya. Menurut Soemirat (2002), air merupakan faktor utama sebagai pembangunan dari kebutuhan manusia yang sangat kompleks, seperti dipergunakan untuk minum, masak, mandi, mencuci dan lainnya. Di sisi lain, sejalan dengan bertambahnya tingkatan makhluk hidup terutama manusia menyebabkan kebutuhan air semakin meningkat. Pada daerah yang terletak di kota – kota besar, mendapatkan sumber air bersih bukan menjadi hal mudah dikarenakan air bersih banyak tersedot oleh kegiatan industry (Susana, 2003).

Air termasuk senyawa kimia paling berlimpah yang berada di alam dengan bentuk cairan yang tidak memiliki rasa, tidak berwarna dan tidak berbau. Air memiliki 3 wujud yang dapat berupa cairan, gas (uap air) dan padatan (es) . Air memiliki rumus kimia H_2O dengan kandungan suatu zat kimia yang berupa oksida hidrogen dengan unsur oksigen 2 H_2 (gas) + O_2 (gas) 2 H_2O (larutan) (Susana, 2003). Adapun sifat kimia yang dimiliki oleh air ditunjukkan dalam table 2.1 :

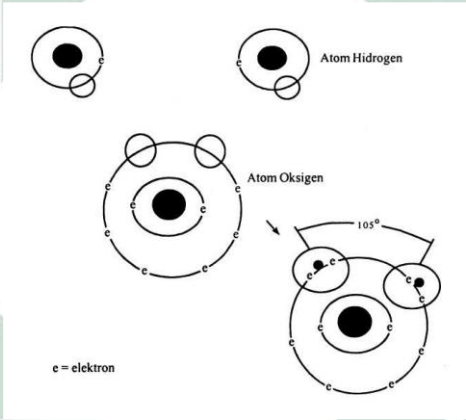
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 2.1. Sifat Kimia Air

Sifat Kimia Air	
Titik beku	0˚C
Tekanan	1 atm
Titik didih	100˚C
Kerapatan	1,0 g/cm^3
Suhu	4˚C

Sumber: Sutrisno, 2006

Air murni merupakan air yang memiliki senyawa kimia paling sederhana dimana komposisi kimianya hanya terdiri dari 2 atom hidrogen (H) dan satu atom oksigen (O) yang saling berikatan. kedua atom hidrogen tersebut berada di satu ujung dengan atom oksigen berada di ujung lainnya. Sehingga atom hidrogen terikat pada atom oksigen secara asimetris.



Gambar 2.1 : Struktur molekul air yang terbentuk dari penggabungan satu atom oksigen dan dua atom hidrogen
Sumber : Susana (2003)

Penggunaan air dalam kehidupan sehari – hari untuk kebutuhan manusia bukan termasuk air murni, namun termasuk air yang berasal dari sumber – sumber tertentu. Air tersebut kemudian diproses terlebih dahulu sebelum digunakan dan ditambahkan zat – zat kimia sehingga menjadi layak untuk dipergunakan (Susana, 2003).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.2 Pencemaran Air

Pencemaran merupakan suatu proses masuknya zat ataupun energi ke dalam lingkungan yang disebabkan oleh aktifitas manusia secara langsung maupun tidak langsung dapat mempengaruhi kesehatan manusia, ekosistem maupun pengguna – pengguna lainnya (Sanusi dan Putranto 2009). Sedangkan menurut Palar (2012), pencemaran air adalah suatu kondisi terjadinya perubahan dari bentuk asal menjadi kondisi yang lebih buruk pada lingkungan air. Target utama penyerapan polutan secara langsung maupun tidak langsung adalah air. Air tidak dapat dipisahkan dari seluruh aktivitas makhluk hidup di bumi. Dari 40 juta mil^3, hanya 0,2% – 0,5% juta mil^3 air yang secara langsung dapat digunakan baik dari dalam maupun permukaan di planet bumi ini. Sisanya adalah 97% berbentuk air laut dan 2,5% berbentuk salju serta es abadi yang dapat digunakan dalam keadaan cair (Suriawari, 2005). Air juga berbentuk lahan basah dan perairan darat. Lahan basah adalah daerah transisi tanah dan badan air yang biasanya disebut dengan air dangkal, meliputi tanah yang tergenang air serta vegetasi yang terendam, muncul maupun mengambang (Nahlik dan Mitsch, 2006). Sedangkan perairan darat merupakan sumber air tawar utama yang berfungsi untuk budidaya dan kehidupan warga (Jatin et. al., 2008).

Sebagian besar air tawar yang digunakan warga berasal dari air sungai, danau, waduk, kolam dan sumur. Air merupakan sumber kekayaan yang perlu dijaga sebagai sumber kehidupan manusia, hewan bahkan tumbuhan. Seperti firman Allah pada surat Al Mu’minun ayat 18 yang berbunyi:

وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً بِقَدَرٍ فَأَسْكَنَّاهُ فِي الْأَرْضِ ۖ وَإِنَّا عَلَىٰ ذَهَابٍ بِهِ لَقَادِرُونَ

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Artinya: "Dan Kami turunkan air dari langit menurut suatu ukuran, lalu Kami benar – benar berkuasa menghilangkannya." (Q.S. Al Mu'minun: 18)

Berdasarkan ayat diatas, terkandung makna bahwa Allah SWT menurunkan air dari langit menurut suatu ukuran, yaitu ukuran berupa kuantitas maupun kualitas air yang sesuai dengan kegunaannya. Dalam suatu hadist Imam Bukhori juga dijelaskan mengenai larangan untuk mencemari suatu perairan, hadist tersebut berbunyi:

لاَيَبُولَنَّاَاَحَدَكُمْ فِى الْمَاءِ الدَّائِمِ الَّذِى لاَيَجْرِي ثُمَّ يَغْتَسِلُ فِيهِ

Artinya: *"Janganlah salah satu dari kalian kencing di air yang diam (tidak mengalir), kemudian mandi di sana."* (HR. Al Bukhari)

Pencemaran air pada zaman modern ini tidak hanya dikarenakan oleh sebatas air kencing, buang air besar maupun hajat manusia yang lain. Pesatnya pembangunan wilayah di Indonesia dan laju pertumbuhan penduduk yang tinggi menyebabkan pemakaian air bersih berada dalam jumlah yang tidak sedikit. Menurut Marganingrum (2013), faktor utama yang menyebabkan tingginya tingkat pencemaran air di Indonesia adalah keterbatasan infrastruktur maupun sumber daya manusia yang disertai sistem monitoring dan penegakan hukum yang masih terbilang sangat lemah. Beberapa bahan pencemar lain yang terdapat diperairan dan dapat mengakibatkan pencemaran adalah bahan organik, anorganik dan sedimen (Marganof, 2007).

Adapun beberapa sifat – sifat kimia maupun fisika yang umum diuji dan dapat digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran air, diantaranya yaitu:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

a. Suhu

Suhu merupakan faktor langsung yang mempengaruhi laju pertumbuhan kelangsungan makhluk hidup. Kenaikan suhu air yang tidak signifikan dapat menimbulkan akibat seperti menurunnya jumlah oksigen terlarut dalam air, meningkatnya kecepatan reaksi kimia dan mengganggu kehidupan biota air yang mungkin dapat mematikannya (Kristanto, 2004). Menurut Barus (2002), suhu ekosistem air dipengaruhi intensitas cahaya matahari dan pertukaran panas antara air dengan udara sekelilingnya.

b. Kelembaban

Kelembaban merupakan banyaknya uap air yang terkandung di dalam udara atau atmosfer. Besarnya kelembaban udara tergantung dari masuknya uap air ke dalam atmosfer. Hal ini dikarenakan adanya penguapan dari air yang berada di badan – badan perairan, di samping itu terjadi pula proses transpirasi (penguapan dari tumbuhan). Kelembaban udara yang cukup besar memberi petunjuk secara langsung bahwa udara dalam keadaan basah (Fadholi, 2013).

c. Derajat keasaman (pH)

Dalam perairan apabila pH menunjukkan <7 maka perairan tersebut bersifat asam sedangkan apabila pH menunjukkan >7 maka perairan tesebut memiliki sifat yang basa. pH air yang lebih kecil dari 7 menunjukkan sifat korosi yang rendah dikarenakan semakin rendah suatu pH, maka sifat korosinya semakin tinggi dan dapat menyebabkan beberapa bahan kimia menjadi racun pengganggu kesehatan dan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

menimbulkan rasa yang tidak enak. Nilai pH menyatakan nilai konsentrasi ion hydrogen dalam suatu larutan. Air yang bersih akan bereaksi netral karena jumlah konsentrasi ion H^+ dan OH^- berada dalam keseimbangan (Sutrisno, 2006).

d. TDS

TDS merupakan ukuran zat terlarut (baik zat yang bersifat organik maupun anorganik, misal: garam) yang terdapat pada sebuah larutan. TDS meter merupakan parameter fisika yang menggambarkan jumlah zat terlarut dalam *Part Per Million* (PPM) atau sama dengan milligram per Liter (mg/L) (Insan, 2008). Nilai TDS yang tinggi dapat meningkatkan nilai kekeruhan yang selanjutnya akan menghambat penetrasi dan akan mempengaruhi fotosintesis dalam air (Nurhasanah, 2002).

e. BOD

BOD merupakan pemeriksaan kadar oksigen O_2 yang terdapat dalam sampel limbah yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk proses penguraian, degradasi maupun oksidasi zat – zat. Salah satu fungsi pengukuran BOD yaitu untuk mengetahui kesesuaian efisiensi tersebut dengan batasan yang diperbolehkan bagi pembuangan air limbah/ nilai baku mutu. Tingginya kandungan bahan organik dalam limbah cair menandakan bahwa banyak oksigen yang terkandung dalam limbah (Togatorop, 2009).

f. COD

COD yang tinggi dalam badan air menunjukkan bahwa adanya bahan pencemar organik dalam jumlah tinggi jumlah mikroorganisme

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

baik secara patogen dan tidak patogen yang dapat menimbulkan berbagai macam penyakit untuk manusia.(Nurdin, et. al., 2009). Konsentrasi COD yang tinggi dapat menimbulkan dan menyebabkan kandungan oksigen terlarut didalam badan air menjadi rendah, bahkan habis. Faktor ini dapat mengakibatkan oksigen sebagai sember kehidupan bagi makhluk yang berada didalam air seperti hewan dan tumbuhan air, tidak dapat terpenuhi sehingga makhluk air tersebut bisa terancam mati dan tidak dapat berkembang biak dengan baik. (Nurhasanah, 2009).

2.3 Kandungan Detergen

Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010, sumber pencemar air dapat dibedakan berdasarkan karakteristik limbah yang dihasilkan menjadi dua kelompok yaitu sumber limbah domestik dan sumber limbah non - domestik. Limbah domestik merupakan limbah yang berasal dari pemukiman maupun kegiatan rumah tangga, sedangkan limbah non – domestik merupakan limbah yang bukan berasal dari wilayah pemukiman seperti kegiatan industri, pertanian, pertenakan perikanan dan pertambangan.

Menurut Sugiharto (2008), air limbah memiliki komposisi yang sebagian besar adalah cairan dengan kandungan 99,9% dan padatan 0,1%. Padatan dalam limbah ini terdiri dari padatan organik dan padatan nonorganik. Pada padatan organik terdiri dari karbohidrat (25%), protein (65%) dan lemak (10%). Sedangkan pada padatan anorganik terdiri dari garam, butiran dan metal.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Detergen merupakan senyawa sabun bersifat alkalis yang terbentuk melalui proses kimia yang sangat sulit terdegradasi secara alamiah. Air limbah detergen yang mengandung kadar pH rendah (bersifat asam) ataupun pH tinggi (bersifat basa) dapat menyebabkan timbulnya kerusakan pada benda – benda yang dilaluinya (Sugiharto, 2008).

Menurut Platika (2011), umumnya detergen mengandung bahan – bahan sebagai berikut:

a. *Surface active agent* (surfaktan)

Surfaktan merupakan zat aktif pada permukaan yang memiliki ujung berbeda yaitu *hydrophile* (suka air) dan *hydrophobe* (suka minyak). Bahan aktif ini memiliki fungsi untuk menurunkan tegangan permukaan air sehingga dapat melepaskan kotoran yang menempel pada permukaan bahan.

Surfaktan dapat diklasifikasikan berdasarkan gugus hidrofiliknya yaitu:

1) Surfaktan kationik

Surfaktan pada golongan ini merupakan surfaktan dengan bagian permukaan yang mempunyai sifat bermuatan positif seperti garam – garam amina maupun diamin serta garam ammonium kuartener dan garam – garam amina siklik (garam ammonium).

2) Surfaktan anionic

Surfaktan pada golongan ini merupakan kebalikan dari surfaktan kationik yaitu bagian aktif permukaannya bersifat negatif seperti garam – garam alkali dari asam karboksil organik dengan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

panjang rantai biasanya C_{12} hingga C_{18} (*Alkyl Benzene Sulfonate/*ABS, *Linier Alkyl Benzene Sulfonate/*LAS).

3) Surfaktan nionik

Surfaktan jenis ini memiliki bagian permukaan aktif yang tidak bermuatan. Molekul ini dapat larut karena mempunyai rantai jenis hidrokarbon yang berikatan dengan gugus polar nonanionik (*Nonyl Phenol Polyethoxyle*) dan amfoterik (*Acyl Ethylenediamines*).

b. *Builder* (bahan pembentuk)

Builder merupakan zat yang berfungsi sebagai bahan pembentuk untuk meningkatkan efisiensi pencuci dari surfaktan dengan cara menonaktifkan mineral seperti berupa sitrat (asam sitrat) dan asetat (*Nitril Tri Acetate/*NTA dan *Ethylene Diamine Tertra Acetate*/EDTA).

c. *Filler* (bahan pengisi)

Filler adalah bahan pengisi yang dapat mencegah kotoran untuk tidak menempel kembali pada bahan yang dicuci. Salah satu kandungan *filler* adalah fosfat. Dampak buruk yang dialami badan perairan apabila kandungan senyawa fosfat melebihi ambang batas maksimum dapat menyebabkan terjadinya proses eutrofikasi yang menyebabkan *Booming Alga* (meledaknya populasi tanaman air).

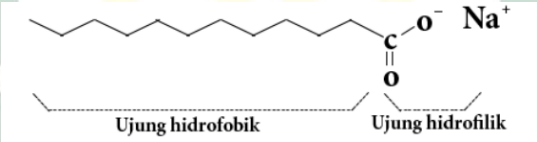
d. Zat aditif (bahan tambahan)

Bahan tambahan jenis ini hanya dipergunakan sebagai pewangi, pelarut, pemutih dan pewarna. Umumnya bahan aditif terdiri dari zat natrium karbonat yang berfungsi untuk membersihkan kotoran asam,

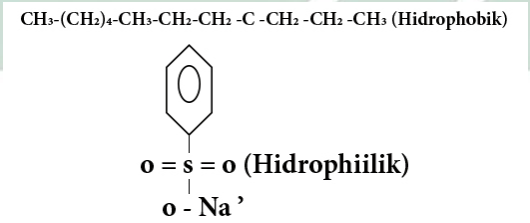
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

lemak bahkan minyak sehingga detergen akan lebih efektif untuk membersihkan ketika bersifat basa.

Unsur yang paling penting dari detergen adalah bahan surfaktan atau biasanya disebut dengan bahan aktif permukaan (Achmad, 2004). Surfaktan merupakan molekul yang memiliki dua gugus sekaligus yaitu, gugus polar yang suka air (hidrofilik) dan gugus non polar yang suka minyak (lipofilik) (Purnamasari, 2014). Surfaktan memiliki fungsi untuk mengangkat kotoran pada pakaian yang larut maupun tidak larut dalam air. Hal ini dapat terjadi dikarenakan molekul surfaktan terdiri dari satu ujung hidrofilik dan satu ujung hidrofobik (satu rantai hidrokarbon atau lebih yang mengandung 12 atom karbon atau lebih) (Apriyani, 2017).



Gambar 2.2 Struktur surfaktan.
Sumber: Apriyani (2017)

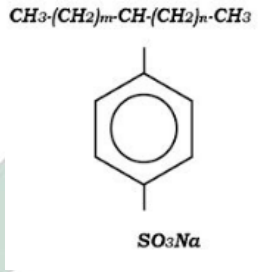


Gambar 2.3 Rumus bangun senyawa LAS.
Sumber: Connel dan Miller (1995)

Menurut APEDI (2006), bahan aktif / surfaktan yang sering digunakan adalah surfaktan anionik jenis ABS (40%) dan LAS (60%). ABS (*Alkyl Benzene Sulfonate*) merupakan senyawa yang memiliki rumus bangun kimia dengan jenis rantai alkyl bercabang, sedangkan LAS (*Linier Alkylbenzene*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Sulfonate) memiliki rumus bangun kimia dengan jenis rantai alkyl lurus. Hal ini yang menyebabkan ABS memiliki sifat yang lebih sukar diuraikan oleh mikroorganisme dibandingkan dengan LAS (Sopiah, 2011). Pada tahun 1965 penggunaan ABS diganti dengan LAS karena ABS dikenal sebagai senyawa pencemar toksik bagi biota air (Hudori dan Soewondo, 2009).



Gambar 2.4 Molekul *Linier Alkylbenzene Sulfonate*.
Sumber: European Chemical Industry Council (2000)

Air limbah yang terbuang tanpa melalui proses pengolahan limbah memiliki konsentrasi LAS sekitar 1-15 mg/L (Hera, 2009). Sedangkan pada konsentrasi 0 – 1 mg/L, LAS sudah memiliki toksisitas akut dan kronis terhadap alga invertebrata maupun ikan. Selain itu, konsentrasi LAS tersebut mampu menimbulkan efek toksik terhadap organisme akuatik, manusia dan juga dapat mencemari tanah yang kemudian mengakibatkan sumber air bagi makhluk hidup juga tercemar (Fardiaz, 1992). Penumpukan busa yang dihasilkan oleh LAS sangat sulit untuk terurai oleh mikroorganisme sehingga mengakibatkan berkurangnya oksigen pada badan – badan perairan yang dapat membahayakan kelangsungan biota air seperti kecacatan akibat terjadinya mutasi gen (Maryani et. al., 2010) LAS merupakan senyawa yang dapat terurai pada kondisi aerob (cukup oskigen dan mikroorganisme) dengan waktu sekitar 9 hari dan hanya mampu terurai 50%. Sedangkan pada kondisi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

anaerob (tidak ada udara) senyawa ini tidak dapat terurai, sehingga LAS tidak dapat terurai dalam kondisi badan – badan perairan yang keruh. Hal ini dikarenakan rantai alifatik tidak dapat direduksi lebih lanjut (Purnamasari, 2014).

2.4 Logam Berat

Logam berat adalah suatu kelompok elemen – elemen logam yang dikategorikan berbahaya apabila masuk ke dalam tubuh makhluk hidup. Logam – logam seperti merkuri (Hg), nikel (Ni), kromium (Cr), cadmium (Cd) dan timbal (Pb) dapat ditemukan dalam lingkungan perairan yang tercemar limbah. Logam berdasarkan toksisitasnya dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu toksisitas tinggi, sedang dan rendah (Nugroho, 2006).

a. Logam Timbal (Pb)

Timbal (Pb) adalah logam yang terdapat secara alami yang berada di kerak bumi dan dengan seiring waktu timbal tersebar dalam jumlah kecil melalui proses alami. Logam timbal (Pb) dan persenyawaan lain dari logam Pb banyak terdapat dalam industry baterai yang digunakan sebagai bahan aktif pengaliran arus electron serta digunakan dalam industri cat. Logam ini bersifat racun (toksik) dimana dalam dosis tinggi dapat terakumulasi didalam tubuh. Keracunan Pb dapat menimbulkan beberapa gejala antara lain yaitu gangguan neurologi, fungsi ginjal, reproduksi dan darah (Herni, 2011).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

b. Logam Kadmium (Cd)

Kadmium (Cd) adalah logam yang bersifat tahan panas, relatif dalam lingkungan akuatik dan garam – garam yang dapat larut dalam air. Kadmium (Cd) merupakan logam berat yang banyak dimanfaatkan dibidang industri seperti pada pembuatan baterai dan zat pewarna. Selain bermanfaat, buangan industri yang mengandung logam Kadmium (Cd) dapat menjadi kontaminan yang sangat berbahaya apabila masuk ke dalam perairan dan akan mengalami transformasi menjadi logam Cd yang bersifat sangat toksik (Anindya, et. al., 2016). Di Jepang pernah terjadi keracunan logam Cd yang menyebabkan penyakit lumbago yang berlanjut pada kerusakan tulang yang diakibatkan melunak dan retaknya tulang serta dapat membahayakan pada organ ginjal dan hati jika kandungan melebihi 200 µg sehingga akan mengakibatkan gagal ginjal dan berakhir kematian (Herman, 2006).

2.5 Fitoremediasi

Fitoremediasi merupakan upaya untuk mengatasi pencemaran lingkungan terutama di wilayah perairan dengan menggunakan tumbuhan yang berpotensi untuk menghilangkan polutan dari tanah atau perairan yang terkontaminasi limbah (Rondonuwu, 2014). Sedangkan menurut Macek (2004), fitoremediasi merupakan penggunaan langsung tanaman hijau untuk mendegradasi atau membuat berbagai kontaminan yang ada di lingkungan menjadi tidak berbahaya. Upaya ini bisa menjadi alat untuk menyerap zat neurotoksik dan mengurangi kontaminan air oleh akrilamida dengan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

melibatkan tanaman yang tumbuh dalam matriks yang terkontaminasi untuk menghilangkan kontaminan lingkungan dengan memfasilitasi sekuestrasi dan degradasi (detoksifikasi) dari polutan (Annie and Gilbert. 2013).

Keuntungan utama dari penggunaan proses fitoremediasi dibandingkan dengan remediasi lain dalam pengaplikasiannya adalah memiliki kemampuan yang mampu menghasilkan buangan sekunder dengan sifat toksik yang lebih sekaligus ramah lingkungan dan murah (Sinulingga et. al., 2015). Keuntungan lain menggunakan proses fitoremediasi adalah tumbuhan dapat berkembang biak dengan mudah, memelihara keadaan alami lingkungan serta mudah mengontrol pertumbuhan dari tumbuhan yang digunakan. Adapun beberapa kekurangan dalam penggunaan fitoremediasi diantaranya seperti membutuhkan waktu yang lama dan kecocokan tumbuhan pada lingkungan limbah (Imron, 2018).

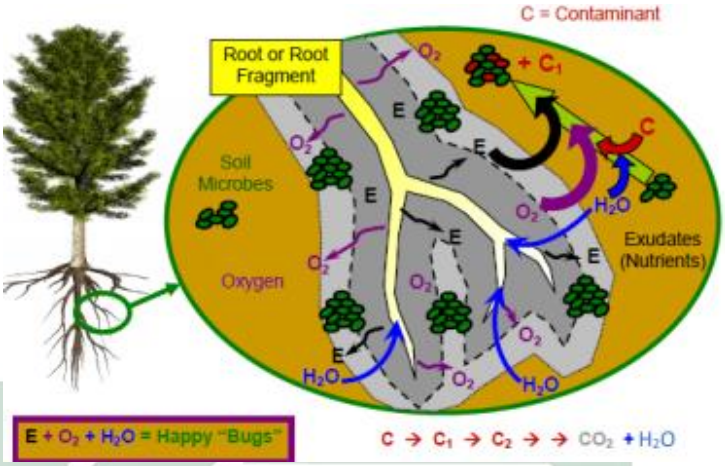
Menurut Dewi (2015), ada enam tahapan yang terjadi ketika fitoremediasi berlangsung, diantaranya yaitu :

a. *Phytoacumulation* yaitu suatu proses dimana tumbuhan menarik zat pencemar dari media (tanah maupun air) sehingga terkumpul pada bagian akar tumbuhan.

Gambar 2.5 Proses Fitoakumulasi.
Sumber: ITRC (2009)

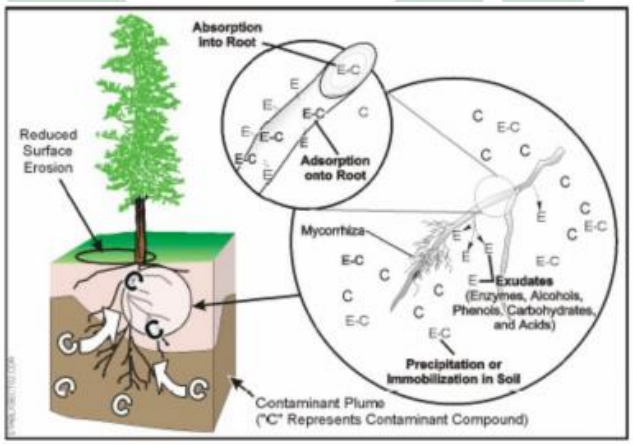
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

b. *Rhizofiltration* adalah suatu proses pengendapan zat pencemar yang membuatnya mengendap (menempel) di akar tumbuhan



Gambar 2.6 Proses Rizhofiltrasi.
Sumber: ITRC (2009)

c. *Phytostabilization* merupakan suatu proses menstabilkan zat – zat yang tidak dapat terserap masuk ke dalam akar tumbuhan. Zat – zat tersebut menempel erat atau stabil pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media

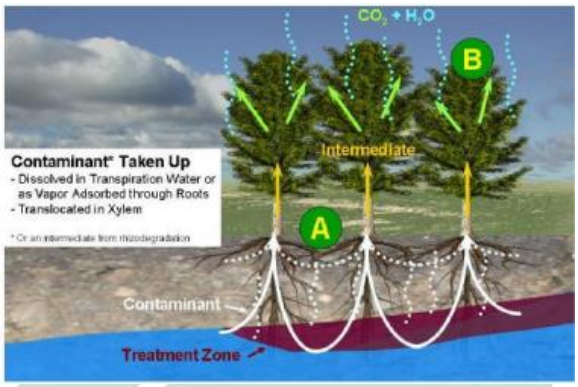


Gambar 2.7 Proses Fitostabilisasi.
Sumber: ITRC (2009)

d. *Rhyzodegradation* adalah suatu tahapan penguraian zat pencemar oleh mikroba yang terdapat pada bagian akar tumbuhan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

e. *Phytodegradation* merupakan suatu proses penguraian zat pencemar yang memiliki rantai molekul kompleks menjadi rantai yang lebih sederhana sehingga dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan bagi tanaman itu sendiri



Gambar 2.8 Proses Fitodegradasi.
Sumber: ITRC (2009)

f. *Phytovolatization* yaitu suatu proses menguapkan zat pencemar yang telah menjadi larutan terurai sebagai bahan yang tidak berbahaya lagi untuk selanjutnya diuapkan ke atmosfir. Menurut Siregar dan Siregar (2010), beberapa tumbuhan dapat menguapkan air sekitar 200 hingga 1000 liter perhari untuk setiap batang.

Gambar 2.9 Proses Fitovolatilisasi.
Sumber: ITRC (2009)

Penggunaan tumbuhan hijau untuk melakukan fitoremediasi adalah tanaman yang memiliki potensi untuk menyerap bahan – bahan polutan yang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

terkandung dalam air agar air tersebut menjadi bersih kembali atau meminimalisir kandungan polutan yang dimiliki oleh air tersebut (Baroroh et. al., 2018). Selain itu, pemilihan tumbuhan yang digunakan dalam proses fitoremediasi disesuaikan dengan lokasi dan kemampuan tanaman untuk bertahan pada tempat yang telah terkontaminasi oleh zat – zat pencemar di badan perairan. Fitoremediasi yang biasanya digunakan pada air tercemar umumnya menggunakan prinsip rizhofiltrasi, dimana penyerapan zat – zat pencemar lebih toleran pada akar dibandingkan pada batang dan daun (Zulkoni et. al., 2017).

2.6 Tumbuhan Jeruju

Menurut Plantamor (2016), klasifikasi tumbuhan Jeruju dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom : Plantae

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Magnoliopsida

Sub Kelas : Asteridae

Ordo : Scrophulariales

Famili : Acanthaceae

Genus : *Acanthus*

Spesies : *Acanthus ilicifolius* L.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

(a) (b) (c) (d)

Gambar 2.10 : (a) bunga, (b) daun, (c) biji dan (d) batang.
Sumber : Dokumentasi pribadi (2019)

Tumbuhan air merupakan komponen penting yang memiliki fungsi sebagai pendaur ulang bahan pencemar dalam air limbah. Menurut Kurniadie (2011), adapun fungsi dari tanaman air dalam menjernihkan limbah cair berdasarkan bagian tanaman masing – masing diantaranya ditunjukkan pada tabel 2.2 :

Tabel 2.2 Fungsi tumbuhan air dalam menjernihkan limbah cair

Bagian dari tumbuhan air	Fungsi pada penjernihan limbah cair
Jaringan tumbuhan yang berada diatas permukaan air	- Menahan cahaya (menguangi pertumbuhan phytoplankton) - Mempengaruhi iklim mikro (insulator selama musim dingin) - tempat penyimpanan nutrisi
Jaringan tumbuhan yang berada didalam air	- Mengurangi kecepatan angina - Penyerapan nutrisi - Pengeluaran oksigen hasil fotosintesis - Memberikan daerah permukaan untuk tempat menempelnya biofilm
Akar dan rhizome pada sedimen	-Menstabilkan permukaan sedimen (mengurangi erosi) - Pelepasan oksigen dan meningkatkan nitrifikasi dan degradasi - Penyerapan nutrisi dan pelepasan antibiotika

Sumber: Kurniadie (2011)

Berdasarkan tempatnya tumbuhan air dibagi menjadi 3 kelompok yaitu tumbuhan mengambang (*floating plants/emerged*), tumbuhan berada di dalam air (*submerged plants*) dan tumbuhan ampfibius (*amphibious plants*) (Suriwiria, 2005). Tumbuhan *Acanthus ilicifolius* termasuk tumbuhan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

mengambang karena akarnya berada dalam sedimen dan batangnya muncul di atas permukaan air.

Tumbuhan ini termasuk tumbuhan mangrove sejati, namun dapat ditemukan juga disepanjang perairan tawar, tepi muara dan laguna maupun yang dekat dengan pantai serta jarang ditemukan di daratan. Tergolong herba rendah, terjurai di permukaan tanah, kuat, agak berkayu dan memiliki ketinggian hingga 2 m. Jenis tumbuhan ini ditemukan dari zona menengah ke hulu muara di pertengahan hingga daerah intertidal. *Acanthus ilicifolius* lebih memilih daerah yang memiliki masukan air tawar tinggi, jarang terendam air pasang dan tersebar luas. Umumnya ditemukan pada semua jenis tanah terutama daerah berlumpur di sepanjang tepi sungai (Kovendan dan Murugan, 2011).

Memiliki permukaan daun yang halus dengan tangkai yang berduri. Memiliki percabangan yang tidak banyak dan muncul dari bagian bagian yang lebih tua. Tepi daun bervariasi, berbentuk zigzag maupun bergerigi besar-besar seperti gergaji atau sedikit tidak rata. Secara gradual daun menyempit menuju pangkal dengan bentuk lanset yang lebar, ujung meruncing dengan duri yang tajam berukuran sekitar 9-3 x 4-20 cm. (Noor et. al., 2006). Buah memiliki permukaan yang licin dan berwarna hijau cerah pada saat masih mudah dengan bentuk buah lonjong bulat seperti buah melinjo (Noor et. al., 2006). Memiliki panjang sekitar 2,5-3 cm dan biji sekitar 10 mm (Purnobasuki, 2004). Umumnya memiliki cabang yang tegak tapi cenderung kurus (sesuai dengan umurnya).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tumbuhan ini memiliki kemampuan bereproduksi secara vegetative dengan akar udara muncul dari permukaan bawah batang secara horizontal (Noor et. al., 2006). Memiliki mahkota bunga berwarna biru muda hingga ungu lembayung dan terkadang berwarna sedikit putih dengan ukuran tandan bunga sekitar 10-20 cm. Sedangkan bunganya sendiri memiliki ukuran sekitar 4-5 cm (Noor et. al., 2006). Bunga memiliki satu pinak daun penutup utama. Pinak daun tersebut tetap menempel seumur hidup (Purnobasuki, 2004). *A.ilicifolius* tumbuh dengan berkelompok. Penyebarannya dapat dijumpai di India Selatan, Sri Langka sampai Indo – China, Indonesia, Filiphina dan Australia Utara (Irawanto et. al., 2015).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan yaitu dengan metode RAL (Rancangan Acak Lengkap). Terdapat 2 faktor perlakuan yaitu jenis zat pencemar LAS (*Linier Alkylbenzene Sulfonate*), Pb dan Cd dan waktu detensi dengan pengulangan 2 kali dalam jangka waktu 1 minggu (7 hari dan 14 hari). Adapun rancangan penelitian seperti tabel 3.1:

Tabel 3.1 Rancangan penelitian

Konsentrasi	Waktu detensi	
	A	B
F_0	FF_0	FF_0
F_1	FF_1	FF_1
F_2	FF_2	FF_2
F_3	FF_3	FF_3
F_4	FF_4	FF_4

Keterangan:

1. Pengulangan dilakukan sebanyak dua kali untuk mencegah data yang tidak valid
2. F_0, F_1, F_2 dan F_3 menunjukkan konsentrasi LAS dan Logam berat (Pb dan Cd) (*Linier Alkylbenzene Sulfonate*) pada media air

   F_0 : tanpa LAS

   F_1 : konsentrasi LAS 0,5 ppm

   F_2 : konsentrasi LAS 0,5 ppm + logam Timbal (Pb) 0,5 ppm

   F_3 : konsentrasi LAS 0,5 ppm + logam Kadmium (Cd) 0,5 ppm

   F_4 : konsentrasi LAS 0,5 ppm + logam Timbal (Pb) 0,5 ppm + logam Kadmium (Cd) 0,5 ppm

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3. A dan B menunjukkan waktu detensi

A : waktu detensi 7 hari

B : waktu detensi 14 hari

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2019 – Agustus 2020 di laboratorium intergrasi Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya. Sampel tumbuhan *Acanthus ilicifolius* yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari UPT Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Purwodadi.

Tabel 3.2 Jadwal pelaksanaan penelitian

No.	Kegiatan	Bulan								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Persiapan									
2	Pembuatan proposal skripsi									
3	Seminar proposal									
4	Pengamatan di laboratorium - Penumbuhan bibit tanaman jeruju - Aklimatisasi - Pengamatan parameter kimia dan fisika - Pengamatan morfologi tumbuhan jeruju									
5	Analisis data									
6	Pembuatan draft skripsi									
7	Seminar hasil penelitian									

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

a. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi gunting, botol aqua bekas, penggaris, aquarium ukuran 40x20x25 cm sebanyak 4 buah, pH meter, termohigrometer, TDS meter, thermometer air, gelas ukur 1000 mL, Erlenmeyer, pemanas listrik, kertas saring whatman, corong pisah 250 mL, gelas beker 250 mL, labu ukur (100 mL; 250 mL, 500 mL dan 1000

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

mL), pipet volumetrik (1,0 mL; 2,0 mL; 3,0 mL; dan 5,0 mL), pipet ukur (5 mL dan 10 mL), timbangan analitik dan spektrofotometer Uv-Vis.

b. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 50 bibit tumbuhan jeruju (*Acanthus* ilicifolius) berumur 5-6 bulan, LAS (*Linier Alkylbenzene Sulfonate*) 100%, air suling, larutan fenolftalin 0,5%,larutan natrium hidroksida (NaOH) 1N, larutan sulfat (H_2SO_4) 1N dan 6N, larutan pencuci, larutan biru metilen, kloroform ($CHCl_3$), isopropil alcohol, natrium fosfat monohidrat ($NaH_2PO_4.H_2O$), asam nitrat pekat (HNO_3), HCL, larutan standar logam Pb dan Cd.

3.4 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

a. Variabel bebas yang digunakan adalah zat pencemar (LAS, Pb dan Cd) dan waktu detensi.
b. Variabel terikat pada penelitian ini adalah konsentrasi LAS dalam air.
c. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah jenis dan jumlah tumbuhan serta jenis dan volume media air.

3.5 Hipotesis

H_0 : Zat pencemar dan waktu detensi tidak mempengaruhi konsentrasi LAS dalam air

H_1 : Zat pencemar dan waktu detensi mempengaruhi konsentrasi LAS dalam air.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.6 Prosedur Penelitian

a. Tahap Penelitian Pendahuluan

Tahap utama pada penelitian pendahuluan yaitu perbanyakan. Perbanyakan tumbuhan jeruju (*Acanthus ilicifolius*) dilakukan untuk menyediakan bibit tumbuhan sesuai dengan jumlah dan kondisi yang diinginkan. Bibit dewasa yang digunakan pada saat perlakuan kurang lebih berumur 5-6 bulan. Tahap kedua yaitu aklimatisasi, tahapan ini dilakukan agar tumbuhan dapat menyesuaikan diri dengan tempat penelitian. Waktu yang diperlukan untuk aklimatisasi berkisar antara 7-14 hari. Aklimatisasi dilakukan menggunakan 4 L air suling pada setiap aquarium. Tahap ketiga yaitu RFT (*Range Finding Test*), tahapan ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan tumbuhan jeruju (*Acanthus ilicifolius*) untuk hidup pada air yang tercemar LAS dan logam berat Pb dan Cd.

b. Tahap Perlakuan

1) Pembuatan media tanam

a) Pembuatan media tanam dilakukan dengan menyiapkan larutan LAS (*Linier Alkylbenzene Sulfonate*) serta logam berat Pb dan Cd dengan konsentrasi kontrol dan 0,5 ppm. Total volume media tanam menggunakan air suling untuk masing-masing unit perlakuan yaitu sebanyak 4 L. Tumbuhan yang telah diaklimatisasi kemudan dimasukkan ke dalam aquarium (masing –masing aquarium berisi 5 tumbuhan) yang telah berisi 4 L air suling dengan berbagai konsentrasi yang telah ditentukan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2) Pengukuran dan pengamatan

a) Suhu dan kelembaban diukur menggunakan alat hygrometer, temperatur air diukur menggunakan thermometer air, pH diukur menggunakan pH meter dan TDS diukur menggunakan alat TDS. Pengukuran dilakukan secara pengulangan dalam jangka waktu setiap hari mulai dari perlakuan pertama hingga perlakuan terakhir.

b) Pengamatan morfologi tumbuhan dilakukan sebelum perlakuan dan setelah waktu detensi 7 hari dan 14 hari.

c) Pengujian konsentrasi LAS (*Linier Alkylbenzene Sulfonate*) pada media air dilakukan setelah waktu detensi 7 hari dan 14 hari. Kandungan LAS (*Linie Alkylbenzene Sulfonate*) diukur secara MBAS sesuai dengan SNI 06-6989.51-2005 menggunakan alat spektrofotometer Uv-Vis.

c. Tahap Pembuatan Larutan uji Spektrofotometer Uv-Vis

1) Larutan indikator fenolftalin 0,5% :

0,5 g fenolftalin dilarutkan dengan alkohol 95% sebanyak 50 mL di dalam gelas piala ukuran 250 mL. Setelah itu ditambahkan air suling sebanyak 50 mL dan beberapa tetes larutan NaOH 0,02N hingga menjadi warna merah muda.

2) Larutan natrium hidroksida (NaOH) 1N :

4,0 g NaOH dilarutkan dengan air suling sebanyak 50 mL dalam labu ukur 100 mL. Kemudian menambahkan air suling hingga tanda tera yang berada dalam labu ukur lalu dihomogenkan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3) Larutan sulfat (H_2SO_4) 1N :

2,8 mL H_2SO_4 pekat dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL yang telah berisi air suling sebanyak 50 mL. Kemudian ditambahkan air suling lagi hingga tanda tera pada labu ukur dan dihomogenkan.

4) Larutan sulfat (H_2SO_4) 6N :

20 mL H_2SO_4 pekat dimasukkan ke dalam gelas piala ukuran 200 mL yang telah berisi air suling sebanyak 120 mL kemudian dihomogenkan.

5) Larutan biru metilen :

100 mg biru metilen dilarutkan menggunakan 100 mL air suling lalu dihomogenkan. 30 mL larutan tersebut diambil dan dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL. Ditambahkan 500 mL air suling, 41 mL H_2SO_4 6N dan 50 g natrium fosfat monohidrat ($NaH_2PO_4.H_2O$), kemudian dikocok hingga larut sempurna dan ditambahkan air suling hingga tanda tera setelah itu dihomogenkan.

6) Larutan pencuci :

41 mL H_2SO_4 6N dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL yang telah berisi air suling sebanyak 500 mL. Kemudian ditambahkan 50 g $NaH_2PO_4.H_2O$ dan dikocok hingga larut sempurna. Setelah itu, ditambahkan air suling hingga tanda tera dan dihomogenkan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

7) Larutan induk LAS (*Linier Alkylbenzene Sulfonate*) 1000 mg/L

1,000 g LAS 100% dilarutkan dengan 100 mL air suling dalam labu ukur 1000 mL, setelah itu ditambahkan air suling hingga tepat tanda tera dan dihomogenkan

8) Larutan baku LAS (*Linier Alkylbenzene Sulfonate*) 100 mg/L

Larutan induk 1000 mg/L di pipet sebanyak 10 mL, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan air suling hingga tepat tanda tera lalu dihomogenkan

9) Larutan kerja LAS (*Linier Alkylbenzene Sulfonate*)

Larutan baku 100 mg/L di pipet 4 kali dengan konsentrasi yang berbeda (1,0 mL; 2,0 mL; 3,0 mL dan 5,0 mL) dan masing – masing dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL. setelah itu ditambahkan air suling sampai tepat tanda tera sehingga diperoleh kadar LAS 0,4 mg/L; 0,8 mg/L; 1,2 mg/L; dan 2,0 mg/L MBAS.

d. Tahap Pembuatan Kurva Kalibrasi

Dioptimalkan terlebih dahulu alat spektrofotometer sesuai dengan petunjuk alat untuk pengujian kadar surfaktan anionik. Kemudian diambil masing – masing 100 mL larutan blanko dan larutan kerja dengan kadar LAS (*Linier Alkylbenzena Sulfonate*) 0,4 mg/L, 0,8 mg/L, 1,2 mg/L, dan 2,0 mg/L setelah itu dimasukkan masing – masing ke dalam corong pemisah 250 mL. Setelah itu ditambahkan sebanyak 25 mL larutan biru metilen dan 10 mL kloroform lalu dikocok kuat – kuat selama 30 detik dengan sesekali membuka tutup corong untuk mengeluarkan gas. Sampel didiamkan hingga terjadi pemisahan fasa,

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

kemudian corong pisah digoyang – goyangkan secara perlahan (apabila terbentuk emulsi, ditambahkan sedikit isopropyl alkohol hingga emulsinya hilang).

Tahap selanjutnya yaitu, dipisahkan lapisan bawah (fasa kloroform) dan menampungnya kedalam corong pisah yang lain. Kemudian fasa air dalam corong pisah diekstraksi kembali dengan mengulangi langkah dari penambahan 10 mL kloroform hingga menggoyang – nggoyangkan corong pisah secara perlahan sebanyak 2 kali pengulangan lalu menyatukan semua fasa kloroform. Mengekstraksi kembali fasa air dalam corong pisah dengan mengulangi langkah 4 hingga 6 sebanyak 2 kali dan menyatukan semua fasa kloroform. Sebanyak 50 mL larutan pencuci ditambahkan ke dalam fasa kloroform gabungan dan mengocoknya dengan kuat selama 30 detik. Sampel didiamkan kembali hingga terjadi pemisahan senyawa lalu corong pisah digoyang – goyangkan secara perlahan.

Setelah itu, lapisan bawah (kloroform) dikeluarkan melalui *glass wool* dan menampungnya ke dalam labu ukur. Sedangkan pada fasa air ditambahkan kembali 10 mL kloroform dan dikocok kuat – kuat selama 30 detik, lalu mendiamkannya kembali hingga terjadi pemisahan fasa dan menggoyang–goyangkannya secara perlahan. Lapisan bawah (kloroform), kemudian dikeluarkan dan ditampung ke dalam labu ukur. setelah itu fasa air yang berada dalam corong pisah diekstraksi dengan mengulangi langkah pada awal paragraf hingga membiarkannya terjadi pemisahan senyawa lalu fasa kloroform disatukan dalam labu ukur. *Glass*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

wool kemudian dicuci menggunakan kloroform sebanyak 10 mL dan menggabungkan fasa kloroform ke dalam labu ukur. menyesuaikan isi labu ukur hingga tanda tera dan mengukurnya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 652 nm dan mencatat serapannya. Setelah itu dibuat kurva kalibrasi.

e. Tahap Analisis Sampel LAS (*Linier Alkylbenzene Sulfonate*)

Sampel diukur sebanyak 100 mL kemudian dimasukkan ke dalam corong pemisah 250 mL. Tiga sampai lima tetes indikator fenolftalin ditambahkan ke dalam corong pemisah beserta larutan NaOH 1N tetes demi tetes ke dalam sampel sampai timbul warna merah muda dan dihilangkan menggunakan H_2SO_4 1N tetes demi tetes. Setelah itu ditambahkan sebanyak 25 mL larutan biru metilen dan 10 mL kloroform lalu dikocok kuat – kuat selama 30 detik dengan sesekali membuka tutup corong untuk mengeluarkan gas. Sampel didiamkan hingga terjadi pemisahan fasa, kemudian corong pisah digoyang – goyangkan secara perlahan (apabila terbentuk emulsi, ditambahkan sedikit isopropyl alkohol hingga emulsinya hilang).

Tahap selanjutnya yaitu, dipisahkan lapisan bawah (fasa kloroform) dan menampungnya kedalam corong pisah yang lain. Kemudian fasa air dalam corong pisah diekstraksi kembali dengan mengulangi langkah dari penambahan 10 mL kloroform hingga menggoyang – nggoyangkan corong pisah secara perlahan sebanyak 2 kali pengulangan lalu menyatukan semua fasa kloroform. Mengekstraksi kembali fasa air dalam corong pisah dengan mengulangi langkah 4

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

hingga 6 sebanyak 2 kali dan menyatukan semua fasa kloroform. Sebanyak 50 mL larutan pencuci ditambahkan ke dalam fasa kloroform gabungan dan mengocoknya dengan kuat selama 30 detik. Sampel didiamkan kembali hingga terjadi pemisahan senyawa lalu corong pisah digoyang – goyangkan secara perlahan.

Setelah itu, lapisan bawah (kloroform) dikeluarkan melalui *glass wool* dan menampungnya ke dalam labu ukur. Sedangkan pada fasa air ditambahkan kembali 10 mL kloroform dan dikocok kuat – kuat selama 30 detik, lalu mendiamkannya kembali hingga terjadi pemisahan fasa dan menggoyang – goyangkannya secara perlahan. Lapisan bawah (kloroform), kemudian dikeluarkan dan ditampung ke dalam labu ukur. setelah itu fasa air yang berada dalam corong pisah diekstraksi dengan mengulangi langkah pada awal paragraf hingga membiarkannya terjadi pemisahan senyawa lalu fasa kloroform disatukan dalam labu ukur. *Glass wool* kemudian dicuci menggunakan kloroform sebanyak 10 mL dan menggabungkan fasa kloroform ke dalam labu ukur. menyesuaikan isi labu ukur hingga tanda tera dan mengukurnya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 652 nm dan mencatat serapannya. Rumus penentuan konsentrasi LAS adalah sebagai berikut :

Perhitungan

Konsentrasi LAS (mg/L) = C x fp

Dengan pengertian:

C merupakan kadar yang didapat dari hasil pengukuran (mg/L)

fp merupakan faktor pengenceran

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.7 Analisis Data

Data dianalisis menggunakan uji *Kruskal Wallis* untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh pada setiap perlakuan. Apabila uji ANOVA menunjukkan adanya perbedaan secara signifikan, maka dilanjutkan dengan uji Duncan untuk membandingkan letak perbedaan diantara perlakuan. Hasil data yang diperoleh dibandingkan dengan baku mutu LAS (*Linier Alkylbenzene Sulfonate*) dan logam berat (Pb dan Cd) yang sudah diterapkan. Pengukuran faktor fisik lingkungan (suhu, kelembaban) serta faktor kimia (BOD dan COD) dan pada media air (temperatur air, pH, TDS) merupakan data pendukung yang dianalisis secara deskriptif kuantitatif.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tahap Aklimatisasi

Aklimatisasi merupakan tahap dari proses penyesuaian tumbuhan fitoremediasi terhadap lingkungan sekitar sebelum pada akhirnya tumbuhan tersebut mampu hidup dalam lingkungan sesungguhnya yang memiliki keadaan suhu udara,temperatur air maupun iklim dengan kondisi yang sering berubah- ubah (Ghiovani, 2017). Tanaman yang akan diaklimatisasi di pindah ke ember yang telah di isi air, selain itu juga dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran-kotoran yang masih menempel pada daun, batang maupun akar untuk menghindari terjadinya pembusukan. Keadaan tumbuhan jeruju pada saat aklimatisasi dapat di lihat pada Tabel 4.1:

Tabel 4.1 : Kondisi tumbuhan *Acanthus ilicifolius* (Jeruju) pada saat aklimatisasi

Bagian Tanaman	Minggu 1	Minggu 2
Akar	Akar sudah sedikit panjang namun serabut pada akar masih renggang dengan warna putih tulang dan tidak ada pembusukan terhadap ujung akar.	Akar semakin tumbuh panjang dan memiliki banyak serabut dibandingkan pada minggu pertama. Pada ujung-ujung akar masih terlihat bagus dan tidak mengalami pembusukan.
Batang	Batang masih berwarna hijau dengan ketinggian relatif sedikit bertambah kurang lebih 0,5-1 cm.	Batang tidak mengalami pembusukan serta masih berwarna hijau. Ketinggian semakin bertambah kurang lebih 1-2 cm.
Daun	Daun tidak mengalami perubahan warna. Masih tetap berwarna hijau dan duri-duri kecil yang berada di sisi daun semakin tajam.	Daun masih segar dan semakin bertambah lebar dan besar. Daun-daun kecil mulai bermunculan di ujung batang dengan duri-duri kecil yang semakin muncul di sekitar ketiak daun.

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2020)

Memasuki minggu pertama, tumbuhan jeruju terlihat segar dengan daunnya yang berwarna hijau. Akarnya panjang dan berwarna putih serta

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

mengambang bebas. Namun 2 dari 10 tumbuhan ada yang mengalami kebusukan pada batang. Hal ini dikarenakan ember yang digunakan untuk tempat aklimatisasi terlalu banyak isi sedangkan akar tumbuhan jeruju terus memanjang dan daun terus bertambah lebar dan besar. Selain itu tedapat gumpalan-gumpalan lendi yang menempel pada tumbuhan.

Pada minggu kedua tumbuhan tetap masih segar. Daun lebih lebar, duri-duri semakin tajam dan bermunculan di area ketiak daun, akarnya lebih banyak dan lebih panjang serta berserabut lebih banyak dari minggu pertama. Tempat yang digunakan pada minggu kedua sudah di atur sedemikian rupa agar tumbuhan tidak mengalami pembusukan lagi serta tidak ada akar yang saling bersatu sehingga menyebabkan akar patah dan sulit untuk dipisahkan. Berikut gambar tumbuhan jeruju pada saat aklimatisasi yang disajikan pada gambar 4.1 :

(a) (b)

Gambar 4.1. Kondisi Tumbuhan Pada Saat Tahap Aklimatisasi (a) minggu pertama, (b) minggu kedua
Sumber : Dokumentasi pribadi (2020)

Pada saat perlakuan, tumbuhan Jeruju (*Acanthus ilicifolius*) mengalami perubahan secara fisik yang ditandai dengan kondisi ujung daun yang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

berubah warna menjadi kekuningan. Selain itu ujung akar tumbuhan jeruju berubah warna menjadi kecoklatan dan mengalami kerontokan. Kondisi fisik tumbuhan selama proses fitoremediasi ditunjukkan pada Tabel 4.2 :

Tabel 4.2 : Kondisi Perubahan Fisik Tumbuhan Jeruju (*Acanthus ilicifolius*) selama perlakuan

Bagian Tanaman	Minggu 1	Minggu 2
Akar	Ujung akar sedikit mengalami perubahan warna.	Ujung akar dari beberapa tumbuhan berubah warna menjadi sedikit kecoklatan.
Batang	Batang masih tegak dan tidak berubah warna.	Batang masih tegak dan tidak ada perubahan warna.
Daun	Daun pada hari ke-7 masih berwarna hijau segar dan tidak ada yang layu.	Ujung daun dari 2-3 tumbuhan di hari ke-14 sedikit menguning.

Sumber : Dokumentasi pribadi (2020)

Dari Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa tumbuhan mengalami perubahan secara fisik dari kriteria tumbuhan sehat baik dari daun maupun akarnya pada minggu ke-2. Tumbuhan jeruju yang masih sehat memiliki daun dengan bentuk lonjong atau lanset, berwarna hijau tua dengan dua duri tajam di samping masing-masing daun. Selain itu memiliki batang yang berwarna hijau kekuningan dengan akar bewarna tulang (Yudhoyono dan Sukarya, 2013).

Perubahan fisik adalah respon tumbuhan terhadap zat pencemar yang menunjukkan kemampuan adaptasi suatu tumbuhan menghadapi kontak langsung terhadap zat pencemar tersebut. Seperti yang telah dijelaskan oleh Tangahu *et. al*. (2011) bahwa kontak langsung tumbuhan dengan suatu zat pencemar akan mengakibatkan kerusakan dan perubahan warna pada daun yang mengindikasikan penurunan tingkat klorofil pada suatu tumbuhan. Berikut perubahan gambar tumbuhan jeruju selama perlakuan yang disajikan pada Gambar 4.2 :

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

(a) (b)

Gambar 4.2 : Perubahan Tumbuhan Selama Perlakuan (a) minggu pertama, (b) minggu kedua
Sumber : Dokumentasi pribadi (2020)

4.2 Mekanisme Penyerapan *Linier Alkylbenzena Sulfonate* (LAS) oleh Tumbuhan *Acanthus ilicifolius* (Jeruju)

Setiap tumbuhan memiliki suatu kemampuan untuk menyerap limbah/ zat pencemar dalam jumlah yang bervariasi. LAS memiliki sifat yang mudah diuraikan serta mudah didegradasi terutama pada kondisi aerobik. Selain itu, tumbuhan ini diketahui mempunyai senyawa seperti alkaloid, flavonoid, steroid, fenol, terpenoid, tanin dan saponin (Wostman, 2008). Senyawa yang diduga berperan sebagai pendegradasi LAS yang terdapat pada tumbuhan jeruju adalah tanin. Hal ini karena tannin memiliki gugus hidroksil dan ikatan rangkap terkonjugasi (Kanchanapoom *et. al.*, 2001). Menurut Priyanto dan Prayitno (2008) proses akumulasi dan penyerapan limbah oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi 3 proses yang berkelanjutan, yaitu penyerapan suatu limbah oleh akar, translokasi limbah dari akar menuju pucuk batang maupun

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

daun yang melalui xylem dan floem serta lokalisasi limbah pada bagian sel tertentu agar tidak menghambat proses metabolisme tumbuhan tersebut.

Mekanisme biodegradasi *Linier Alkylbenzena Sulfonate* (LAS) adalah dengan pemecahan *Linier Alkylbenzena Sulfonate* (LAS) yang dimulai dari rantai lurus alkyl, kemudian dilanjutkan dengan gugus sulfonate dengan akhir pemecahan cincin benzena. Gugus sulfonat pada *Linier Alylbenzena Sulfonate* (LAS) akan dipecah menjadi sulfit yang kemudian dioksidasi menjadi sulfat di lingkungan (Scoot dan Jones, 2000). Hardyanti dan Rahayu (2007) mengatakan proses penyerapan zat-zat yang terdapat dalam suatu limbah dilakukan oleh ujung akar pada suatu tumbuhan dengan jaringan meristem. Hal ini terjadi dikarenakan adanya gaya tarik-menarik oleh molekul-molekul air yang terdapat pada suatu tumbuhan. Setelah itu, zat-zat yang telah diserap oleh akar akan masuk ke batang melalui pembuluh xylem (pengangkut) dan kemudian akan diteruskan ke daun.

Akar tumbuhan pada suatu media tanam akan mengabsorbsi ion yang mengandung ion enssensial, nonessensial maupun senyawa organik. Ion-ion Na akan masuk melalui akar tumbuhan secara radial. Kemudian ion akan terlarut dengan air yang selanjutnya akan menembus ke dalam jaringan korteks yang menuju ke jaringan xylem (Lakitan, 2008). Setelah itu, ion akan berdifusi masuk ke dalam akar melalui aplopas yang terdapat di dinding sel epidermis. Aplopas merupakan lintasan yang mengikutsertakan difusi dan aliran massa air dari sel ke sel melalui ruang yang ada diantara polisakarida pada dinding sel.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Setelah ion berdifusi masuk ke dalam akar melalui aplopas, pita kaspari endodermis akan memaksa semua bahan untuk masuk ke dalam sel endodermis dengan melintas dari membran plasma. Sedangkan ion yang diserap oleh epidermis akan bergerak menuju xylem melalui jalur simplas (Hamsina *et al.*, 2017). Fitter dan Hay (2001) mengatakan bahwa limbah yang masuk ke dalam badan tumbuhan akan terakumulasi di dalam vakuola. Vakuola sendiri berfungsi untuk menjaga limbah agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan.

Apabila terjadi ketidakseimbangan dalam pengabosorbsian ion tersebut, kemungkinan tumbuhan tidak mampu mengambil hara secara efisien. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh langsung dari ion-ion toksik pada metabolisme ataupun fungsi akar dan dapat juga disebabkan oleh interaksi dengan ion-ion hara tersebut serta sulit untuk memperoleh CO_2. Karbondioksida digunakan sebagai bahan dasar dari fotosintesis. Apabila tumbuhan air sulit memperoleh karbondioksida maka proses fotosintesis berjalan tidak sempurna sehingga menyebabkan pertumbuhan suatu tumbuhan akan terhambat ataupun terhenti (Fitter dan Hay, 2001).

Dapat dilihat pada gambar 4.2 di minggu pertama ujung akar sudah mengalami perubahan warna namum tidak terlalu banyak. Memasuki minggu kedua beberapa ujung akar pada tumbuhan memiliki lebih banyak perubahan warna menjadi kecoklatan. Hal ini dapat dikarenakan adanya interaksi dari ion-ion toksik pada metabolisme maupun fungsi akar yang menyebabkan kesulitan untuk memperleh CO_2.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.3 Mekanisme Pemecahan Rantai LAS Pada Air

Pemecahan rantai LAS pada kondisi aerobik melibatkan degradasi dari rantai alkyl lurus, gugus fungsi dan cincin benzena. Pemecahan rantai alkyl dimulai dengan oksidasi dari gugus metil terminal (ω- oksidasi) menjadi alkohol, aldehida dan asam karboksilat. Enzim yang mengkatalis proses ini adalah alkane monooksigase dan 2-dehidrogenase. Asam karboksilat kemudian mengalami β-oksidasi dan pecahan dua karbon memasuki siklus asam trikarboksilat menjadi asetil Ko-A. Pada proses ini muncul masalah dengan biodegradasi rantai alkyl bercabang karena sisi rantai yang mengandung gugus metil ataupun dimetil tidak mengalami β-oksidasi oleh mikroorganisme dan harus didegradasi dengan menghilangkan satu atom karbon (α-oksidasi) (Scott & Jones, 2000).

Tahapan kedua dalam biodegradasi LAS yaitu pemecahan suatu gugus sulfonat. Pemecahan gugus sulfonat tersebut sesuai dengan proses desulfonasi yang memiliki 3 mekanisme seperti desulfonasi hidoksiatif, kaalisis monooksigenase suasana asam dan desulfonasi reduktif. Hasil akhir mekanisme tersebut menghasilkan hasil akhir berupa sulfit yang kemudian mengalami proses oksidasi menjadi sulfat pada lingkungan. Bentuk dari hasil akhir bidegradasi tersebut adalah asam benzoat. Oksidasi mikroorganisme pada senyawa tersebut akan menghasilkan asam fumarat dan asam asetoasetat serta benzena yang dapat dirubah menjadi katekol (Scott & Jones, 2000).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.4 Perbandingan Kondisi Lingkungan Saat Penelitian Dengan Kondisi Optimum Pertumbuhan Tumbuhan Uji

Penelitian ini dilakukan pada rata-rata suhu ruangan sekitar 24-25°C dan kelembaban ruangan sekitar 50-54%. Adapun kondisi lingkungan optimum bagi pertumbuhan jeruju dapat dilihat pada Tabel 4.3 di bawah ini :

Tabel. 4.3 Perbandingan Kondisi Lingkungan Pada Penelitian dengan Kondisi Optimum Pertumbuhan Tumbuhan Uji

Parameter	Kondisi Optimum bagi Tumbuhan Jeruju (*Acanthus ilicifolius*)	Kondisi Pada Saat Penelitian	Terpenuhi/Tidak Terpenuhi
Suhu Udara	>20°C	24-25°C	Terpenuhi
Kelembaban Udara	60-80%	50-54%	Tidak Terpenuhi
pH	7,5-8,5	8,1-,8,4	Terpenuhi
Temperatur air	<35°C	21,6-24,6	Terpenuhi

Dari Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa suhu ruangan/suhu udara memenuhi persyaratan kondisi optimum untuk pertumbuhan tumbuhan Jeruju (*Acanthus ilicifolius*). Selain itu pertumbuhan suatu tumbuhan yang optimum dapa dipengaruhi dari berbagi aspek, seperti kondisi lingkungan dan sumber cahaya yang cukup. Suhu dapat mempengaruhi suatu fotosintesis baik secara langsung maupun tidak langsung (Barus, 2002).

Pada kelembaban udara terlihat kondisi pada saat penelitian tidak memenuhi persyaratan kondisi optimum. Namun pada kenyataannya tumbuhan jeruju (*Acanthus ilicifolius*) masih dapat hidup pada ruangan yang memiliki kelembaban udara sekitar 50-54%. Menurut Fadholi (2013), suatu tempat yang memiliki kelembaban udara yang tinggi maka suhu udaranya rendah. Sebaliknya, apabila suatu tempat memiliki kelembaban udara yang rendah maka suhu udaranya tinggi. Hal ini dikarenakan suhu udara yang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

tinggi dapat mempercepat penguapan air. Banyaknya air didalam udara juga tergantung pada banyak faktor seperti suhu udara maupun tekanan udara.

4.5 Pengamatan Parameter Kualitas Air

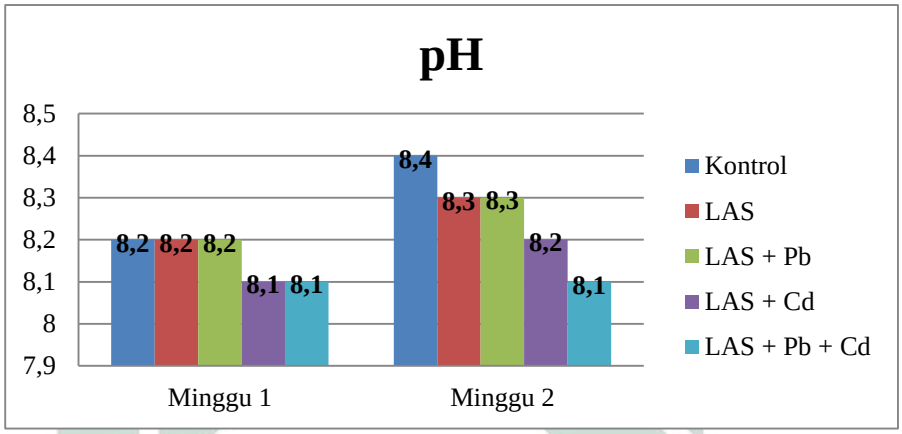
Tujuan pengamatan parameter kualitas air dituliskan untuk mengetahui kemampuan tumbuhan jeruju terhadap pencemaran LAS dan logam berat yang terdapat dalam perairan. Sehingga perairan yang telah tercemar oleh LAS dan logam berat masih dapat digunakan untuk pertumbuhan tumbuhan jeruju. Hasil pegamatan parameter fisika-kimia disajikan dalam bentuk grafik pada waktu detensi dan perlakuan yang berbeda serta secara ringkas masing-masing parameter diuraikan di bawah ini:

4.5.1 pH (Derajat Keasaman)

pH atau derajat keasaman merupakan suatu ion hydrogen dalam suatu perairan yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau basa yang dimiliki oleh suatu zat larutan maupun benda dengan menggunakan pH meter. Perairan yang tergolong produktivitasnya tinggi dan cocok untuk pertumbuhan tumbuhan mangrove adalah pH dengan kisaran 7,5-8,5 (Mardi, 2014). Nilai pH air yang lebih kecil dari 7 menunjukkan sifat korosi yang tinggi. Hal ini dikarenakan semakin rendah suatu pH maka sifat korosinya semakin tinggi yang meningkatkan korosifitas pada benda-benda logam sehingga menyebabkan beberapa bahan kimia menjadi racun dan menganggu kesehatan serta menimbulkan rasa yang tidak enak apabila di konsumsi (Sutrisno, 2006). Nilai pH yang lebih besar dari 7 memiliki

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

kecenderungan untuk membentuk kerak dan kurang efektif dalam membunuh bakteri (Rahmita dan Rofiq, 2009). Hasil pengukuran pH dapat dilihat pada gambar 4.3 :



Gambar 4.3 : Grafik nilai pH
Sumber : Dokumentasi pribadi (2020)
Keterangan : Sumbu x = Waktu detensi; Sumbu y = Nilai pH

Berdasarkan Gambar 4.3 di atas menunjukkan bahwa selama proses fitoremediasi pH air mengalami kenaikan, penurunan maupun tetap dalam waktu dua minggu. Terlihat pada perlakuan kontrol memiliki pH yang tertinggi dari yang lain yaitu 8,4, sedangkan pada perlakuan LAS+Pb+Cd mengalami nilai pH terendah dari minggu ke-1 yaitu 8,1. Perubahan pH ditentukan dari aktivitas fotosintesis dan adanya respirasi. Fotosintesis memerlukan karbondioksida yang diubah menjadi monosakarida sehingga konsentrasi karbondioksida akan berkurang di lingkungan yang pada akhirnya akan menaikkan nilai pH karena membutuhkan banyak ion karbondioksida. Sedangkan tingginya karbondioksida akan menurunkan nilai pH. Hal ini dikarenakan karbondioksida bebas dilepaskan dan bereaksi dengan air yang membentuk asam karbonat (yang kemudian direduksi menjadi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

bikarbonat dan karbonat) yang membuat pH menjadi lebih rendah (Julinda dan Hikmah, 2011). Seperti pada saat terjadi respirasi akan menaikkan karbondioksida dan menyebabkan nilai pH akan menurun karena secara bertahap proses tersebut melepaskan ion H^+. Efek perubahan naik turunnya pH pada perairan adalah berubahnya fungsi fisiologis organisme air termasuk pada pertukaran ion dengan air dan proses respirasi (RBI, 2004).

Penyerapan nutrient oleh suatu tumbuhan yang berlangsung secara terus menerus akan mengakibatkan ion positif yang diserap lebih banyak sehingga mengakibatkan nilai pH meningkat dan sebaliknya (Kholidiyah, 2010). Penurunan nilai pH pada air limbah juga dapat disebabkan oleh terjadinya pelepasan gugus sulfonat dari *Linier Alkylbenene Sulfonate* (LAS) yang kemudian teroksidasi menjadi sulfat. pH air limbah yang pada awalnya basa berubah menjadi netral dikarenakan adanya mekanisme air limbah yang bereaksi dengan OH^- (Caroline dan Moa, 2015). Dari data diatas dapat diketahui bahwa adanya zat pencemar dalam suatu perairan dapat mempengaruhi tinggi rendahnya suatu pH.

Apabila pH menunjukkan angka yang lebih rendah artinya kandungan logam berat pada perairan tersebut tinggi. Namun apabila pH menunjukkan angka yang lebih tinggi maka kandungan logam berat pada suatu perairan itu rendah (Suryani *et. al.*,2014). Hal ini dikarenakan adanya perubahan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada perairan (Yona, 2016).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Sedangkan menurut Yazwar (2008), pH yang rendah dapat disebabkan oleh adanya masukan senyawa organik dalam air. Senyawa organik tersebut di degradasi oleh mikroorganisme dan menghasilkan asam-asam organik sehingga menurunkan pH pada perairan.

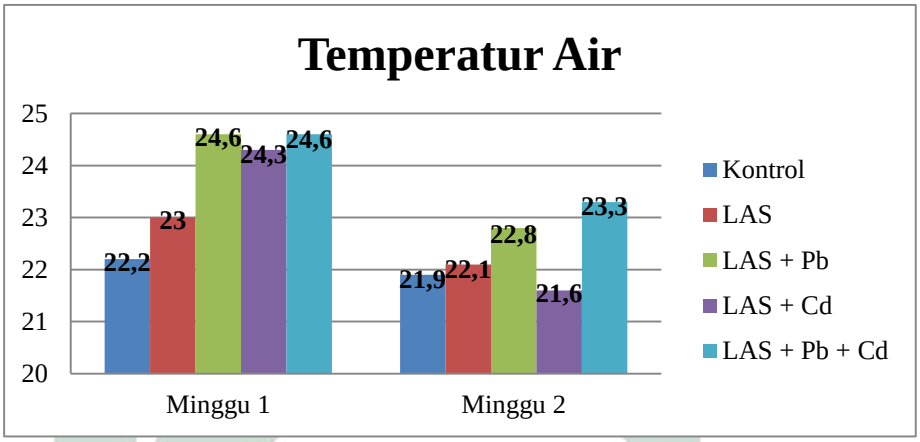
Malik (2013) menyatakan, apabila tumbuhan berada di kondisi lingkungan dengan pH yang rendah (asam) maka tumbuhan tersebut akan mengalami keracunan logam serta kekurangan nutrisi yang dapat menyebabkan warna daun menjadi pucat dan lama kelamaan tumbuhan akan layu. Selain itu, pH asam (antara 3-5) juga dapat menyebabkan pertumbuhan dan penyebaran penyakit yang disebabkan oleh jamur, salah satunya yaitu terjadi pembusukan pada akar tumbuhan. pH dengan nilai di bawah 6 dapat berdampak pada penurunan daya larut terhadap asam fosfat, kalsium dan magnesium. Sedangkan apabila suatu tumbuhan berada pada kondisi lingkungan dengan pH yang tinggi (basa) maka akan tumbuh normal dengan daun yang berwarna hijau tua dan batang yang cukup kokoh tetapi memiliki pertumbuhan yang tidak optimal. Hal ini dikarenakan pH yang tinggi dapat mengurangi ketersediaan zat besi, manganese, tembaga, zinc dan boron.

4.5.2 Temperatur Air

Nilai temperatur air di lapisan permukaan laut yang normal berkisar antara 20-30°C (Hamuna *et al.*, 2015). Menurut Wenno (1981), Adanya variasi temperatur air disebabkan oleh proses-proses alam seperti proses biokimia maupun proses mikrobiologis. Perubahan pola arus yang mendadak juga dapat menurunkan nilai temperatur air (Pond

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dan Pickard, 1978) Hasil pengukuran temperature air dapat dilihat pada gambar 4.4:



Gambar 4.4 : Grafik nilai temperatur air
Sumber : Dokumentasi pribadi (2020)
Keterangan : Sumbu x = Waktu detensi; Sumber y = Nilai Temperatur air

Berdasarkan Gambar 4.4 di atas menunjukkan bahwa selama proses fitoremediasi temperatur air mengalami penurunan. Terlihat pada minggu pertama perlakuan LAS+Cd memiliki temperatur air sekitar 24,6^{o}C dan di minggu kedua turun menjadi 22,8^{o}C. Tingginya suatu temperatur perairan ditentukan oleh beberapa faktor seperti suhu lingkungan dan intensitas cahaya yang menembus air tersebut. Temperature air merupakan faktor penentu kerja suatu enzim perombak *Linier Alkylbenzene Sulfonate* (LAS). Enzim perombak yang berupa protein tersebut bekerja optimal pada temperatur air 28°C. Temperature air yang terlalu tinggi ataupun yang terlalu rendah dapat menyebabkan enzim yang berupa protein mengalami denaturasi. Terjadinya penurunan temperature air dapat disebabkan morfologi tumbuhan jeruju (*Acanthus ilicifolius*) ramping yang memungkinkan oksigen bebas dapat berdifusi dengan media. Berdifusinya suatu

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

oksigen bebas ke dalam media memungkinkan terjadinya penurunan terhadap temperature air limbah (Hermawati *et. al.*, 2005).

Kenaikan temperatur air dapat diakibatkan oleh adanya keberadaan limbah pencemar seperti senyawa organik maupun logam berat. Hal ini dapat berakibat pada peningkatan metabolisme biota perairan dan dapat berdampak pada peningkatan toksisitas logam berat yang ada pada perairan serta menyebabkan jumlah oksigen dalam air akan menurun. Hal ini terjadi karena meningkatnya laju metabolisme dari organisme air (Sari, 2007). Selain itu, meningkatnya temperatur air juga dapat menyebabkan peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba (Effendi, 2003). Air yang memiliki kandungan limbah biasanya akan memiliki temperatur yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan pada limbah terjadi proses biodegradasi. Temperatur pada air akan mempengaruhi kecepatan reaksi kimia. Semakin tinggi suhu, maka reaksi kimia akan semakin cepat. Sedangkan konsentrasi gas semakin menurun termasuk kadar oksigen dalam air (Mukarromah, 2016).

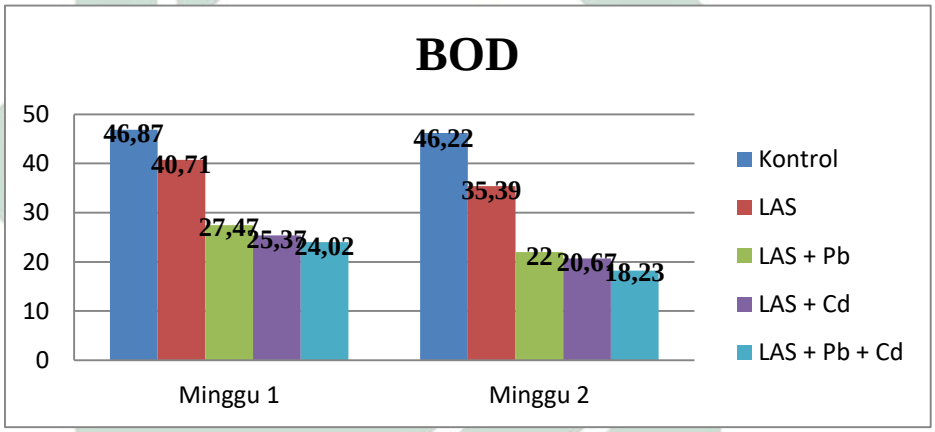
Apabila tumbuhan berada dikondisi lingkungan dengan temperatur air yang tinggi akan menyebabkan denaturasi enzim yang pada akhirnya akan menyebabkan kerusakan pada fotosistem tumbuhan. Selain itu juga dapat meningkatkan laju fotorespirasi yang artinya menurunkan hasil bersih dari fotosintesis. Apabila tumbuhan berada dikondisi lingkungan dengan temperatur yang rendah, maka akan terjadi pengerasan dan berlubangnya membrane sel serta

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

kerusakan pada sistem fotosintesis. Temperatur air yang rendah juga dapat menyebabkan sel mengalami dehidrasi dengan menunjukkan gejala menyusutnya volume protoplasma, proses metabolisme menurun serta perubahan potensial membran (Ruellan and Zachowski, 2010).

4.5.3 BOD (*Bichemical Oxygen Demand*)

BOD menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme hidup untuk menguraikan ataupun mengoksidasi bahan-bahan buangan yang terdapat di dalam air (Kristanto, 2002). Hasil penurunan BOD dapat dilihat pada Gambar 4.5 :



Gambar 4.5 : Grafik nilai BOD
Sumber : Dokumentasi pribadi (2020)
Keterangan : Sumbu x = Waktu detensi; Sumbu y = Nilai BOD

Dapat di lihat pada Gambar 4.5, nilai BOD turun setelah penerapan tumbuhan jeruju selama 2 minggu. Pada perlakuan LAS dalam minggu pertama memiliki nilai BOD sebesar 40,71% dan turun menjadi 35,39% pada minggu ke-2. Pada perlakuan LAS+Pb+Cd dalam minggu ke-2 memiliki nilai BOD terendah dibandingkan dengan yang lainnya. Pada minggu pertama memiliki BOD sebesar 24,02% dan pada minggu ke-2 turun menjadi 18,23%. Dapat diartikan bahwa, adanya

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

logam berat dalam suatu perairan dapat menurunkan nilai BOD. Hal ini menyatakan bahwa banyaknya O_2 yang dibutuhkan untuk menguraikan senyawa organik dalam limbah (Padmaningrum, 2014). Terjadinya penurunan BOD dikarenakan pada tumbuhan tersebut memiliki kemampuan untuk menyerap bahan organik dalam bentuk ion (Suardhana, 2009). Menurut Rukmi (2013), semakin lama waktu kontak suatu tumbuhan, maka dalam batas-batas tertentu akan semakin banyak jumlah bahan organik dalam bentuk ion yang diserap sehingga dapat berpengaruh pada tingkat penurunan BOD.

Tingginya nilai BOD dalam perairan dapat disebabkan karena adanya banyaknya cemaran seperti senyawa organik maupun logam berat (Pudjiastuti *et. al.*, 2013). Hal ini dikarenakan adanya kedua macam limbah tersebut mampu menyebabkan mikroorganisme melakukan aktivitas yang tinggi sehingga mengakibatkan oksigen terlarut dalam air mengalami degradasi. Rahayu dan Tantowi (2009) juga berpendapat bahwa semakin besar nilai BOD maka menandakan peraian tersebut telah tercemar oleh limbah domestik. Secara tidak langsung, nilai BOD yang tinggi juga menunjukkan bahwa terdapat bahan-bahan organik yang tersuspensi dan mencemari badan air (Permadi dan Widyastuti, 2014).

Menurut Oladipo *et. al.* (2017), tingginya nilai BOD juga dapat disebabkan oleh tumbuhan yang terdekomposisi dan berasosiasi dengan air. Zahidin (2008) juga menyebutkan bahwa tingginya nilai BOD menunjukkan indikasi kurang mampunya perairan tersebut untuk

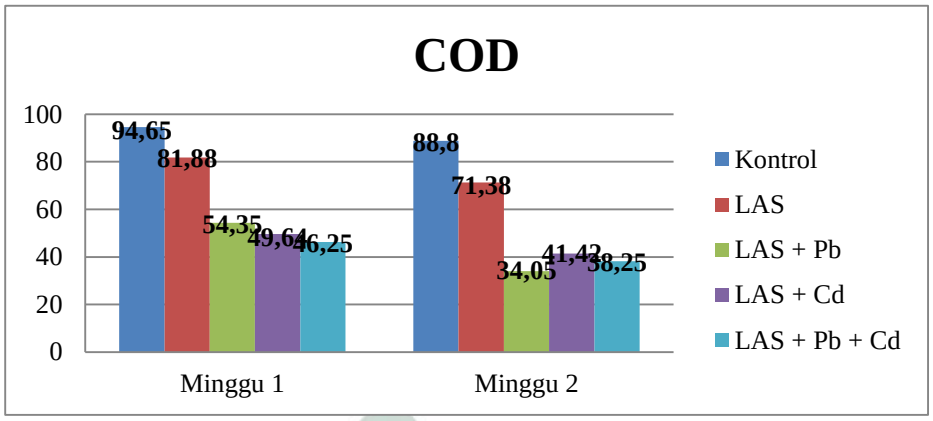
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

memenuhi kebutuhan oksigen bagi organisme air. Sedangkan terjadinya penurunan pada nilai BOD dikarenakan berkurangnya aktivitas organisme untuk menguraikan bahan organik atau dapat dikatan semakin sedikit kandungan bahan organik di perairan tersebut sehingga dapat meningkatkan oksigen terlarut. Selain itu, apabila BOD memiliki nilai yang terlalu rendah maka perairan yang mengandung limbah tersebut terkandung bahan beracun (Wardana, 2011). Menurut Facrurrozi (2010), semakin tinggi aktivitas fotosintesis oleh tumbuhan maka semakin tinggi pula oksigen terlarut yang dihasilkan dan akan memicu kinerja mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik sehingga dapat menurunkan nilai BOD dalam perairan.

4.5.4 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Nilai COD menyatakan banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik dalam limbah secara kimiawi yang terdapat di dalam air. Pada umumnya, nilai COD lebih tinggi dibandingkan dengan nilai BOD, hal ini dikarenakan bahan buangan yang dapat dioksidasi melalui proses kimia lebih banyak daripada bahan buangan yang dapat dioksidasi melalui proses biologis (Nurdin *et. al.*, 2010). Hasil penurunan COD dapat dilihat pada gambar 4.6 :

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.6 : Grafik nilai COD
Sumber : Dokumentasi pribadi (2020)
Keterangan : Sumbu x = Waktu detensi; Sumbu y = Nilai COD

Dapat dilihat pada Gambar 4.6 bahwa tumbuhan jeruju (*Acanthus ilicifolius*) memiliki nilai penurunan COD tertinggi pada perlakuan LAS+Pb minggu ke-2 sebesar 34,05% yang pada minggu pertama memiliki konsentrasi sekitar 54,35% Menurut Rukmi *et. al.* (2013), penurunan COD diduga karena sebagian dari senyawa organik telah diuraikan menjadi senyawa lain yang lebih sederhana sehingga mudah diserap oleh tumbuhan untuk proses metabolismenya. Selain itu penurunan COD juga dapat disebabkan oleh suplai oksigen terlarut cukup banyak terutama dari hasil fotosintesis tumbuhan sehingga menyebabkan dekomposisi bahan organik menjadi lebih efektif.

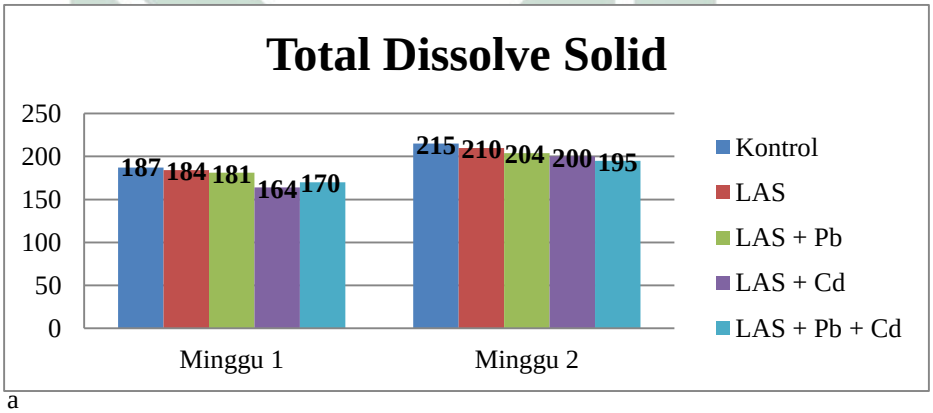
Nilai COD mencakup total keseluruhan dari bahan organik maupun zat-zat kimia yang memiliki sifat memakan oksigen (Permadi dan Widyastuti, 2014). Tingginya nilai COD dapat disebabkan karena banyaknya senyawa organik maupun logam berat yang masuk dalam perairan yang terdegradasi. (Oladipo *et. al.*, 2017). Kandungan COD yang berlebihan sama halnya dengan BOD yaitu akan berpengaruh terhadap oksigen terlarut sehingga akan berpengaruh terhadap

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

penurunan kualitas perairan (Supriyantini *et. al.*, 2017). Sedangkan rendahnya nilai COD menunjukkan adanya limbah anorganik yang bersifat nonbiodegradable sehingga tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme. Berkurangnya nilai COD dalam perairan yaitu bersamaan dengan berkurangnya konsentrasi bahan organik (Simarmata, 2003). Penurunan nilai COD juga dikarenakan adanya suplai oksigen terlarut yang cukup banyak dari hasil fotosintesis tumbuhan sehingga menyebabkan dekomposisi bahan organik menjadi lebih efektif (Haberl and Langergraber, 2002).

4.5.5 TDS (*Total Dissolve Solid*)

TDS merupakan parameter fisika yang menggambarkan jumlah zat terlarut dalam *Part Per Million* (PPM) atau sama dengan milligram per Liter (mg/L). TDS adalah bahan yang terlarut dalam air dan tidak mengendap. Hasil nilai TDS dapat dilihat pada Gambar 4.7 :



a

Gambar 4.7 : Grafik nilai TDS
Sumber : Dokumentasi pribadi (2020)
Keterangan : Sumbu x = Waktu detensi; Sumbu y = Nilai TDS

TDS yang tinggi dapat mempengaruhi kejernihan air, memberikan kontribusi pada penurunan fotosintesis, gabungan dengan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

senyawa beracun dan logam berat serta menyebabkan peningkatan suhu pada air (Sastrawijaya, 2000). Baku mutu TDS dalam suatu perairan yaitu 1000 mg/L. Selain itu, tingginya kadar TDS pada suatu perairan dikarenakan banyaknya kandungan senyawa-senyawa organik maupun anorganik yang larut dalam air, mineral serta garam (Effendi, 2003). Setiari *et. al.* (2012) juga menyatakan bahwa tingginya nilai TDS karena adanya molekul-molekul yang disebabkan oleh sisa-sisa air buangan seperti detergen, surfaktan yang larut dalam air serta molekul sabun. Pada Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa suatu perairan yang hanya mengandung LAS memiliki nilai TDS yang tinggi yaitu 210 mg/L di bandingkan dengan suatu perairan yang mengandung LAS+Pb+Cd yaitu 195 mg/L pada minggu kedua. Hal ini di karenakan berkurangnya senyawa organik pada media tanam. Perlakuan *Acanthus ilicifolius* (Jeruju) serta adanya kandungan logam berat jenis Pb dan Cd mampu menaikkan nilai TDS.

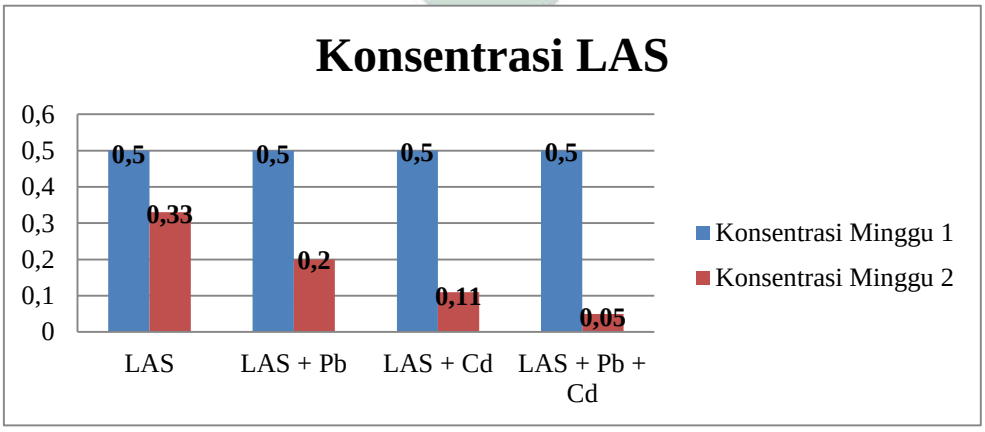
Semakin tinggi nilai TDS mengindikasikan bahwa senyawa organik maupun logam berat belum terdegradasi sempurna menjadi gas. Sedangkan terjadinya penurunan nilai TDS dapat disebabkan oleh partikel yang lebih kecil dan terlarut mengalami fase metanogenik kemudian terkonversi ke dalam bentuk gas yang dikeluarkan sebagai hasil samping dari proses bidegradasi oleh mikroorganisme (Retnosari dan Shovitri, 2013). Mikroorganisme yang terdapat pada akar tumbuhan mampu menguraikan bahan-bahan organik maupun anorganik menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana, sehingga akar lebih mudah

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

untuk menyerap zat-zat pencemar tersebut (Suriawira). Bahan-bahan terlarut yang ada pada perairan tidak bersifat toksik, akan tetapi jika berlebihan dapat meningkatkan nilai kekeruhan yang selanjutnya dapat menghambat penetrasi cahaya matahari ke dalam air dan pada akhirnya berpengaruh terhadap proses fotosintesis pada perairan sehingga menyebabkan kematian pada kehidupan tumbuhan akuatik (Kustiyaningsih dan Irawanto, 2020).

4.6 Penurunan Konsentrasi *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LAS) menggunakan tumbuhan Jeruju (*Acanthus ilicifolius*)

LAS merupakan surfaktan anionik yang banyak digunakan dalam detergen dan merupakan salah satu bentuk surfaktan yang paling biodegradable. LAS akan mudah terdegradasi dalam kondisi aerobik (Scott dan Malcolm, 2000). Konsentrasi kandungan *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LAS) dalam air setelah waktu detensi selama 2 minggu dapat dilihat pada Gambar 4.8 :



Gambar 4.8 : Grafik penurunan LAS
Sumber : Dokumentasi pribadi (2020)
Keterangan : Sumbu x = Jenis perlakuan; Sumbu y = Konsentrasi LAS

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berdasarkan Gambar 4.6 dapat diketahui bahwa adanya logam berat jenis Pb dan Cd mempengaruhi penurunan *Linier Alkylbenzena Sulfonate* (LAS) dalam perairan. Selain itu dapat dilihat bahwa tumbuhan *Acanthus ilicifolius* (Jeruju) mampu mengabsorbsi LAS kurang lebih 25% dalam waktu detensi selama 2 minggu. Sedangkan pada perlakuan LAS+Pb mengalami penurunan sekitar 50% dan LAS+Cd sekitar 75%. Untuk perlakuan LAS dengan adanya dua jenis logam berat yaitu Pb dan Cd mengalami penurunan konsentrasi LAS yang lebih banyak dibandingkan yang lainnya yaitu sekitar 95%.

Menurut Yong *et, al.* (2008), hal ini dapat terjadi dikarenakan adanya ikatan antara LAS dan logam berat seperti terjadinya perubahan permeabilitas (kemampuan yang dimiliki oleh suatu zat maupun membran untuk melewati sejumlah partikel yang melaluinya) oleh LAS yang terkandung dalam air dan adanya pertukaran ion senyawa anionik dan logam berat. Selain itu, penurunan konsentrasi LAS dalam suatu perairan yang juga mengandung logam berat dapat meningkatkan konsentrasi logam berat tersebut dan belum ada penelitian yang lebih mendalam mengenai hal ini. Caoline dan Moa (2015) juga mengatakan bahwa logam berat memiliki sifat yang mudah menyerap bahan organik serta mudah mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen.

Pada dasarnya senyawa LAS (*Linier Alkylbenzene Sulfonate*) memiliki gugus sulfat yang dapat berikatan dengan suatu kation logam. Gugus sulfonat melepaskan hidrogen untuk membentuk SO_{3-} sehingga kation logam akan berikatan dengan oksigen dalam gugus LAS. Logam berat jenis Pb dan Cd

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

memiliki sifat yang dapat berikatan dengan sulfat, sedangkan pada LAS sendiri juga memiliki sulfat. Sehingga adanya kemungkinan bahwa apabila senyawa organik bertemu dengan logam berat, terjadi ikatan antara gugus sulfat yang terdapat pada kedua senyawa tersebut yang menyebabkan terjadinya perombakan pada LAS.

Selain itu, perombakan LAS juga dibantu oleh mikroorganisme yang terdapat pada akar tumbuhan jeruju. Proses perombakan tersebut terjadi dalam 3 tahap, pertama LAS didegradasi oleh O2 dan energi dari mikroorganisme menjadi alkohol yang lebih kecil lagi dan proses oksidasi ini terjadi hingga rantai alkyl hanya memiliki 4-5 atom karbon. Tahapan kedua yaitu proses penghilangan gugus sulfonat yang dikatalis oleh sistem enzim kompleks, koenzim NAD(P)H dan oksigen sehingga terbentuk hidroksi fenolik pada cinci aromatic. Tahapan yang terakhir yaitu pembukaan cincin benzene melalui jalur orto atau meta (Suastuti *et al.,* 2015). Hasil dari perombakan tersebut menyebabkan LAS lebih mudah untuk di serap oleh akar dari tumbuhan jeruju.

4.7 Analisis data

Data yang didapatkan dianalisis secara statistik untuk mengetahui adanya pengaruh logam berat terhadap penurunan konsentrasi LAS dalam air. Berdasarkan hasil uji awal yang dilakukan yaitu uji *Kolgomorov-Smirnov Test* dan uji homogenitas diketahui bahwa data nilai aktivitas emulsifikasi yang diujikan berdistribusi normal namun tidak homogen. Sehingga dilanjutkan dengan uji *Kruskall Wallis* yang memilki derajat signifikan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

(α)0,05. Variansi data yang diperoleh bernilai 0.925 > 0,05 yang artinya tidak ada pengaruh logam berat terhadap penurunan konsentrasi LAS sehingga tidak dlanjutkan dengan uji *Man Withney*.

Sedangkan dapat dilihat pada gambar 4.8 bahwa adanya logam berat jenis Pb maupun Cd sangat berpengaruh terhadap penurunan kadar LAS. Hal ini dikarenakan logam berat sendiri mempunyai sifat yang mudah menyerap bahan organik. Bahan organik sendiri merupakan kumpulan beragam dari senyawa-senyawa organik. Seperti halnya LAS yang merupakan surfaktan berupa senyawa organik yang bersifat amfifil (memiliki gugus hidrofobik maupun hidrofilik) (Dianati, 2018).

Dari penjelasan di atas dapat diketahui bahwa apabila air terus tercemar oleh paparan zat pencemar jenis LAS dapat mengakibatkan pencemaran air serta merusak banyak ekosistem yang terdapat dalam air. Di dalam hadist telah dijelaskan bahwa kita harus tetap menjaga lingkungan yang ada di bumi termasuk tidak merusak lingkungan air. Hadits yang menjelaskan tentang hal tersebut berbunyi :

عَنْ ابى هريرة رضي الله عنه ان رسول الله صلى الله عليه وسلَّم قال : "لايبولَنَّ احَدُكُمْ فِي الْمَاءِ

الدَّائِمِ الذي لايَجْرِى" ثُمَّ يَغْتَسِلُ مِنْهُ . "ولمسلم" لايَغْتَسِلْ اَحَدُكُمْ فِي الماءِ الدَّائِمِ وَهُوَ جُنُب

Artinya: "Dari Abu Hurairah radhiyallahu 'anhu, Rasulullah SAW bersabda: "Janganlah salah seorang dari kalian kencing di air yang diam yaitu air yang tidak mengalir kemudian ia mandi di dalamnya." (HR. Bukhari no. 239 dan Muslim no. 282).

Dari hadist tersebut dijelaskan bahwa Rasulullah SAW memperingatkan kepada manusia untuk tidak melakukan pencemaran pada

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

air. Allah SWT telah memberi limpahan air yang bersih secara terus menerus kepada manusia. Namun, masih banyak pelanggaran ataupun kerusakan lingkungan yang dilakukan oleh tangan-tangan manusia serta merubah air hujan yang telah diturunkan oleh Allah SWT dari langit sebagai sumber air bersih menjadi tidak bermanfaat bagi manusia.

Selain itu, juga telah di jelaskan dalam Al-Qur'an bahwa air adalah sesuatu yang sangat penting untuk makhluk hidup bertahan hidup seperti untuk membuat makanan, memelihara binatang dan sebagainya. Ayat Al-Qur'an yang menjelaskan tentang hal tersebut yaitu QS. At-Thaahaa/20 : 53, berbunyi :

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ مَهْدًا وَسَلَكَ لَكُمْ فِيهَا سُبُلًا وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ أَزْوَاجًا مِنْ نَبَاتٍ شَتَّىٰ

Artinya :"Yang telah menjadikan bagimu bumi sebagai hamparan dan Yang telah menjadikan bagimu di bumi itu jalan-jalan, dan menurunkan dari langit air hujan. Maka Kami tumbuhkan dengan air hujan itu berjenis-jenis dari tumbuh-tumbuhan yang bermacam-macam." (QS. At-Thaahaa/20 : 53).

Dari QS. At-Thaahaa pada ayat 53 memiliki penjelasan yaitu : "Dia (yang telah menjadikan bagi kalian) di antara sekian banyak makhluk-Nya (bumi sebagai hamparan) tempat berpijak (dan Dia memudahkan) mempermudah (bai kalian di bumi itu jalan-jalan) tempat untuk berjalan (dan Dia menurunkan dari langit air hujan) yakni merupakan hujan. Allah berfirman menggambarkan apa yang telah disebutkan-Nya itu sebagai nikmat dari-Nya, kepada Nabi Musa dan dianggap sebagai khithab untuk penduduk Mekah. (Maka Kami tumbuhkan dengan air hujan itu berjenis-berjenis) bermacam-macam (tumbuh-tumbuhan yang beraneka ragam).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Dari ayat diatas dapat diketahui bahwa air merupakan kunci kehidupan, selain itu makna dari ayat tersebut adalah bumi dibentangkan sebagai hamparan untuk kehidupan, dengan tujuan agar mempermudah manusia dalam mendapatkan apa yang dibutuhkan. Allah SWT menurunkan air hujan dari langit kemudian diturunkan ke bumi sehingga terbentuklah sungai-sungai dan mengalir deras, dengan air hujan tumbuhlah bermacam-macam jenis tumbuhan yang beranekan warna, rasa, bau maupun keistimewaan dan kegunaannya.

Menurut Rossidy (2008), tumbuhan dihidupkan oleh Allah SWT dengan air, artinya ada hubungan yang sangat erat antara tumbuhan dan air. Air sangat diperlukan tumbuhan untuk proses pertumbuhan dan tumbuhan tidak akan tumbuh dengan baik jika kekurangan air dan juga sebaliknya. Air juga memerlukan tumbuhan untuk membantu mencegah banyaknya kerusakan pada air terhadap pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh manusia. Karena beberapa tumbuhan yang diciptakan oleh Allah SWT dapat mengurangi zat pencemar yang ada dalam air.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan di atas dapat diambil kesimpulan bahwa :

a) Tumbuhan *Acanthus ilicifolius* mampu mengabsorbsi kandungan LAS dalam air sekitar 25% dalam waktu detensi 2 minggu dengan kondisi tumbuhan tidak mati. Hal ini menunjukkan bahwa tumbuhan jeruju bersifat hiperakumulator, yaitu mampu mengabsorbsi zat pencemar jenis LAS pada perairan

b) Pada perlakuan LAS+Pb mengalami penurunan sekitar 50%, sedangkan pada perlakuan LAS+Cd mengalami penurunan sekitar 75%. Penurunan LAS terbanyak yaitu sekitar 95% pada perlakuan LAS dengan adanya dua jenis logam tersebut. Hal ini menunjukkan terjadinya ikatan antara logam berat dan LAS sehingga logam berat dapat merombak LAS menjadi lebih mudah untuk di serap oleh akar tumbuhan jeruju.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dan perlu dilakukan penelitian menggunakan konsentrasi LAS yang lebih tinggi dan menggunakan jangka waktu yang relatif lebih lama agar mendapatkan hasil yang lebih maksimal. Selain itu, perlu dilakukan penelitian dengan kombinasi antara tumbuhan Jeruju dengan jenis tumbuhan fitoremediator lainnya.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR PUSTAKA

Adistiara, V. Y., Kustiyaningsih, E. and Irawanto, R. 2019 'Phytoremediation of domestic wastewater (detergent) with arrowhead and burhead plants in Purwodadi Botanic Garden', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 259(1). doi: 10.1088/1755-1315/259/1/012002.

Achmad, R. 2004. *Kimia Lingkungan, Edisi kesatu*. Andi. Yogyakarta

Annie Paz-Alberto M and Gilbert C. Sigua. 2013. Phytoremediation : A Green Technology to Remove Environmental Pollutants. *American Journal of Climate Change* (2) : 71 – 86

Anindya, R. Muhyi, E. Suhartono. 2016. Resiko Penyakit Jantung Koroner Akibat Pajanan Kadmium Mealui Pengukuran Kadar Kolesterol dan Circulating Endothelial Cells Darah Tikus Putih. *Berkala Kedokteran*. Vol. 12(2): 153-163.

Apriyani, N. 2017 'Penurunan Kadar Surfaktan dan Sulfat dalam Limbah Laundry', *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 2(1), pp. 37–44. doi: 10.33084/mitl.v2i1.132.

Badan Standardisasi Nasional 2005 'SNI 06-6989.51-2005 Air dan air limbah - Bagian 51 : Cara uji kadar surfaktan dengan spektrofotometer secara biru metilen', p. 9. doi: SNI 06-6989.51-2005.

Barus. 2002. *Pengantar Limnologi*. Direktorat Jendral Perguruan Tinggi. Depdiknas. Jakarta

Baroroh F., Handayanto E. dan Irawanto R. 2018. Fitoremediasi Air Tercemar Tembaga (Cu) Menggunakan *Salvinia molesta* dan *Pistia stratiotes* Serta Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Tanaman *Brassica rapa*. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 5(1): 689-700

Budiawan, Fatisa Y., dan Neera K. 2009. Optimasi Biodegradabilitas dan Uji Toksisitas Hasil Degradasi Surfaktan Linear Alkilbenzena Sulfonat (LAS) Sebagai Bahan Detergen Pembersih. MAKARA SAINS. Vol. 13 No. 2 (125 – 133).

Carolinw J. dan Moa G. A. 2015. Fitoremediasi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Melati (*Echinodorus palaefollius*) Pada Limbah Industri Peleburan Tembaga dan Kuningan. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III*. Institut Teknologi Adbi Tama. Surabaya

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Dewi. 2015. Efisiensi Penyerapan Phospat Limbah Laundry Menggunakan Kangkung Air (*Ipomoea aquatic forsk*) dan Jeringau (*Acorus calamus*). *Jurnal Teknik Kimia USU*. 4(1): 7 – 10

Dianati, R. A. dan Esmaeili, H. 2018 'Penentuan Efisiensi Vetiver Plant di The Artificial Wetland Penghapusan Linear Alkyl Benzene Sulfonate (LAS) Dari Rumah Sakit Laundry Air Limbah', 3(3), pp. 36–47.

Dubinsky, Z. 2004. *Distribution and Biological Effect of Detergent in the Read Sea.* IET Project No. B1.

Dwi Adhi Suastuti, N., Suarsa, I. dan Kurnia Putra R, D. 2015 'Pengolahan Larutan Deterjen Dengan Biofilter Tanaman Kangkungan (Ipomoea Crassicaulis) Dalam Sistem Batch (Curah) Teraerasi', *Jurnal Kimia*, 9(1), pp. 98–104.

Effendi H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan*. Kanisius. Yogyakarta.

Fadholi Akhmad. 2013. Pemanfaatan Suhu Udara Dan Kelembaban Udara Dalam Persamaan Regresi Untuk Simulasi Prediksi Total Hujan Bulanan Di Pangkalpinang. *Jurnal CAUCHY.* Vol 3. No. 1

Fachrurrozi. 2010. Pengaruh Variasi Biomassa *Pistia stratiotes* L. Terhadap Penurunan Kadar BOD, COD, dan TSS Limbah Cair Tahu. *Skripsi.* Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Ahmad Dahlan. Yogyakarta

Garno, Y. S., 2001. Kandungan Beberapa Logam Berat di Perairan Pesisir Timur Pulau Batam. *Jurnal Teknologi Lingkungan.* 2(3): 281-286

Ghiovani, D., Raissa dan B. V. Tangahu. 2017. *Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah Laundry dengan Menggunakan Kayu Apu (Pistia stratiotes L.)*. Jurnal Teknik ITS. Vol. 6. No. 2. ISSN : 2337 – 3539 (2301 – 9271 Print).

Haberl R. and Langergraber H. 2002. Cinstructed Wetlands : A Chance To Solve Wastewater Problems in Developing Countries. *Wat. Sci. Technol.* 40: 11-17

Hamsina, Bohari dan Erwin. 2017. Analisis Kadar Ion Pb^{2+} Pada Kangkung Darat (*Ipomea reptans Poir*) Yang Diberi Air Lindi Dari TPA Sampah Bukit Pinang Samarinda. *Jurnal Kimia Mulawarman.*15(1)

Hamuna B., Paulangan Y. P. dan Dimara L. 2015. Kajian Suhu Permukaan Laut Menggunakan Data Satelit Aqua-MODIS di Perairan Jayapura. Depik. Papua. 4(3): 160-167

HERA 2013 'HERA, Human and Environmental Risk Assessment on ingredients of Household Cleaning Produkts, LAS Linear Alkylbenzene Sulphonate',

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

(68411), p. 7. Available at: http://www.heraproject.com/files/HERA-LAS revised April 2013 Final1.pdf.

Herman, D. Z. 2006. Tinjauan terhadap *tailing* Mengandung Unsur Pencemar Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb) dan Kadium (Cd) Dari Sisa Pengolah Bijih Logam. *Jurnal Geologi Indonesia*. Vol. 1(1): 31-36.

Hermawati, E. 2005. *Fitoremediasi Limbah Detergent Menggunakan Kayu Apu (Pistia stratiotes L.) dan Genjer (Limnocharis flava L.)*. BioSMART. Vol 7. No. 2. Hal. 117

Herni, 2011. Analisis Cemaran Logam Berat Seng (Zn) dan Timbal (Pb) pada Tiram Bakau (Crassostrea cucullata) Asal Kabupaten Takalar dengan Metode Spekrofotometri Serapan Atom (SSA). *Skripsi*. UIN Alauddin Makassar.

Hudori dan P. Soewondo. 2009. Pengolahan Detergen Menggunakan Teknologi Elektrokoagulasi Dengan Elektroda Aluminium. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. 1(2): 117-125

Hutagalung P. H. 1984. *Logam Berat Dalam Lingkungan Laut.* Pewarta Oceana IX. No. 1

Imron. 2018. Perbaikan Kualitas Air Limbah Domestik dengan Fitoremediasi Menggunakan Kombinasi Beberapa Gulma Air: Studi Kasus Kolam Retensi Talang Aman Kota Palembang. *Tesis.*

Irawanto, R. dan S. Mangkoedihardjo. 2015. FITOFORENSIK LOGAM BERAT (PB DAN CD) PADA TUMBUHAN AKUATIK (*Achantus ilicifolius* DAN *Coix lacryma-Jobi*). Jurnal Purifikasi. 15 (1) : 55 - 66.

ITRC. 2009. *Phytotecgnology Techical and Regulartory Guidance and Decision Trees, Resived*. The Interstate Technology & Regulatory Council Phytotechologies Team Tech Reg Update. Washington DC

Jatin, S., Gupta A., and H. Chandra. 2008. Managing Water Quality With Aquatic Macrophytes. *Rev Environ Sci Biotechnol*. 7:255 – 266.

Julinda and S. Hikmah. 2011. *Chemical Oceanography: pH and Alkalinity.* FPIK-UB

Kanchanapoom T., M. S. Kamel, R. Kasai, K. Yamasaki, C. Picheansoonthon and Y. Hiraga. Lignan glucosides from *Acanthus ilicifolius*.Phytochemistry. 56: 369-372

Kristanto P. 2002. *EKologi Industri*. Penerbit Andi. Yogyakarta

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Kristanto P. 2004. *Ekologi Industri*. Andi, Yogyakarta

Kurniadie, Denny. 2011. *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Secara Biologis*. Widya Padjadjaran.

Kustiyaningsih E. dan Irawanto R. 2020. Pengukuran Total Dissolved Solid (TDS) Dalam Fitoremediasi Deterjen Dengan Tumbuhan *Sagittaria lancifolia* . Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan. 7(1): 143-148

Kovendan, K., and K. Murugan. 2011. Effect of Medicinal Plants on The Mosquito Vectors from The Different Agroclimatic Regions of Tamil Nadu, India. *Journal of Enviromental Biology*. 5(2): 335-344

Kholidiyah N. 2010. Respon Biologis Tumbuhan Eceng Gondok Sebagai Biomonitoring Pencemaran Logam Berat Cadmium (Cd) dan Plumbum (Pb) pada Sungai Pembuangan Lumpur Lapindo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo. *Skripsi*. Tidak Dipublikasikan. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang

Lutfi, A. 2009. Soap and Detergen. Accesed 13 Januari 2011. www.chemistry.org

Macek, T. 2004. Phytoremediation: Biological Cleaning of Polluted Environment. *Reviews on Environmental Health*. Vol. 19 (1), pp. 63 – 82.

Maharjan, A. and Pradhanang, S. (2017) 'Potential of Vetiver Grass for Wastewater Treatment', *Environment and Ecology Research*, 5(7), pp. 489–494. doi: 10.13189/eer.2017.050704.

Malik A. 2013. Analisis Kualitas Air Pada Kerapatan Mangrove Yang Berbeda Di Kabupaten Barru. *Octopus.* 2(2): 159-193

Marganof. 2007. Model Pengendalian Pencemaran Perairan Di Danau Maninjau Sumatera Barat. *Disertasi*. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor

Marganingrum dan Dyah. 2013. *Diferensiasi Sumber Pencemar Sungai Menggunakan Pendekatan Metode Indeks Pencemaran (IP) (Studi Kasus: Hulu DAS Citarum)*. Riset Geologi dan Pertambangan. 23(1): 41 – 52

Maryani, Y., Kustiningsih I., Rakhma M. Y., dan H. Nufus. 2010. Seminar Rekayasa Kimia dan Proses "*Uji Aktivitas Beberapa Katalis Pada Proses Degradasi Senyawa Aktif Detergen Secara Fotokatalitik*."

Mardi. 2014. Keterkaitan Struktur Vegetasi Mangrove dengan Keasaman dan Bahan Organik Total Sedimen pada Kawasan Suaka Margasatwa Mampie di Kecamatan Wonomulyo Kabupaten Polewali Mandar. *Skripsi*. Universitas Hasanuddin. Makassar.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, R. I. 2014. *PERMENLH RI No. 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.* Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI. Jakarta

Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 01 Tahun 2010 *Tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air*. Menteri Negara Lingkungan Hidup RI. Jakarta

Menteri Kesehatan R. I. 2017. *PERMENKES R. I. No. 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum.* Menteri Kesehatan RI. Jakarta

Mukarromah R. 2016. Analisis Sifat Fisis Dalam Studi Kualitas Air di Mata Air Sumber Asem Dusun Kalijeruk, Desa Siwuran, Kecamatan Garung, Kabupaten Wonosobo. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang. Semarang

Noor, Y. R., Khazali M., dan I. N. N. Suryadiputra. 2006. *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. Wetlands International. Bogor

Nurfadillah, Warni, D., dan Karina, S. dan 2017 'ANALISIS LOGAM Pb, Mn, Cu, dan Cd PADA SEDIMEN DI PELABUHAN JETTY MEULABOH, ACEH BARAT', *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, 2(April), pp. 246–253.

Nurhasanah, N. 2002. Kualitas Air Di SaluranTarum Barat yang Melintais Daerah Bekasi, SelamaPeriode 1998 – 2000. *Skripsi.*Institut Pertanian Bogor. http://reporsitory.ipb.ac.id (diakses 09 Desember 2013).

Nurdin M., Wibowo W., Supriyono, Febrian, M. B., Surahman, H., Krisnandi, Y. K., dan J. Gunlazuardi. 2009. Pengembangan Metode Baru Penentuan Chemical Oxygen Demand (COD) Berbasis Elektroda Kerja Lapis Tipis TiO/ITO. *Makara, Sains*, 13(1). pp 1-8

Nurdin M., Natsir M., Maulidiyah dan J. Gunlazuardi. 2010. Pengembangan Metode Analisis *Chemical Oxygen Demand* Model Baru. *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah*, ISSN 1410-9565, Vol. 13(2) Desember 2010. Pusat Teknologi Limbah Radioaktif.

Oladipo A. A., deleye O. J., Oladipo A. S. and Aleshinloy A. o. 2017. Bio-derived MgO Nanopowders for Bod and COD Reduction From Tannery Wastewater. *Journal of Water Process Engineering*. 16: 142-148

Palar, H. 2012. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. PT. Rineka Cipta. Jakarta(ID)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Padmaningrum, R. T. 2014. Pengaruh Biomassa Melati Air (*Echinodarus paleafolius*) dan Teratai (*Nymphaea firecrest*) Terhadap Kadar Fosfat, BOD, COD, TSS dan Derajat Keasaman Limbah Cair Laundry. *Jurnal Penelitian Saintek*, 19(2): 64 – 74.

Plantamor. 2016. *Daruju (Acanthus ilicifolius) [internet]*. Diunduh pada 03 April 2016. Tersedia pada: http://www.plantamor.com/index.php?plant=16.

Permadi L. N. dan M. Widyastuti. 2014. *Studi Kualitas Air Di Sungai Donan Sekitar Area Pembuangan Limbah Industri Pertamina RU IV CILACAP*. CILACAP

Pudjiastuti P., Ismail B. dan Pranoto. 2013. Kualitas dan Beban Pencemaran Perairan Waduk Gajah Mungkur. *Jurnal Ekosains*. Vol 5(1): 239-250

Purnamasari, E. N. 2014 'Karakteristik Kandungan Linear Alkyl Benzene Sulfonat (Las) pada Limbah Cair Laundry', *Jurnal Media Teknik*, 11(1), pp. 32–36.

Purnobasuki, H. 2004. Potensi Mangrove Sebagai Tanaman Obat. *Jurnal Biota*. Vol. 9(2): 125-126

Purwani J. 2010. *Remediasi Tanah Dengan Menggunakan Tanaman Akumulator Logam Berat Akar Wangi* (*Vetiveria Zizanioides* L.). Balai Penelitian Tanah. Bogor. 287-289

Rahayu S. dan Tantowi. 2009. *Penelitian Kualitas Air Bengawan Solo Pada Saat Musim Kemarau*. Jurnal Sumber Daya Air. 5: 127-136

Rahmita Astari dan Rofiq Iqbal. 2009. *Kualitas Air Dan Kinerja Unit Pengolahan Di Instalasi Pengolahan Air Minum ITB.* Laporan Penelitian

Retnosari A. dan M. Shovitri. 2013. Kemampuan Isolat Bacillus sp. Dalam Mendegradasi Limbah Tangki Septik. *Jurnal Sains dan Seni Pomits.* 2(1): 7-11

Rifai, M. 2013. *Kajian Adsorpsi Linier Alkylbenzene Sulfonate (LAS)Dengan Bentonit Alam. UIN Sunan Kalijaga. Yogyakarta*

Rochman, Faidur. 2009. Pembuatan Ipal Mini Untuk Limbah Detergen Domestik. *Jurnal Penelitian Eksakta*, 8(2): 134 – 142.

Rosariawari, F. 2008 'Penurunan konsentrasi limbah deterjen menggunakan Furnace Bottom Ash (FBA)', *Rekayasa Perencanaan*, 4(3). doi: 10.1529/biophysj.104.044933.

Rossidy, I. 2008. *Fenomena Flora dan Fauna Dalam Prespektif Al-Qur'an*. UIN Malang Press. Malang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Ruellan E. and Zachowski A. 2010. How Plants Sense Temperature. *Environmental and Experimental Botany*. 69: 225-232

Rukmi D.P., Ellyke dan S.P. Rahayu. 2013. Efektifitas Eceng Gondok (*Echihornia crassipes*) dalam Menurunkan Kadar Deterjen, BOD, COD pada Air Limbah Laundry (Studi di Laundry X di Kelurahan Jember Lor Kecamatan Patrang Kabupaten Jember). *Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa 2013* : Universitas Jember.

[RBI] Robertson-Bryan, Inc. 2004. *pH Requirements of Freshwater Aquatic Life*. California (US).

Sanusi, H. S., dan S. Putranto. 2009. *Kimia Laut & Pencemaan*. IPB. Bogor(ID)

Sari, S. P. 2017 'Bioakumulasi timbal (Pb) dan cadmium (Cd) pada Lamun Cymodocea serrulata di Perairan Bangka Selatan', *Depik*, 6(2), pp. 128–137. doi: 10.13170/depik.6.2.7783.

Sari S. G. 2007. Kualitas Air Sungai Maron Dengan Perlakuan Keramba Ikan di Kecamatan Trawas. Kabupaten Mojokerto Jawa Timur. *Jurnal Bioscientiae.* 4(1): 29-35

Sasongko, E. B., Widyastuti, E. dan Priyono, R. E. (2014) 'Kajian Kualitas Air Dan Penggunaan Sumur Gali Oleh Masyarakat Di Sekitar Sungai Kaliyasa Kabupaten Cilacap', *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 12(2), pp. 72. doi: 10.14710/jil.12.2.72-82.

Scott, Matthew J. and N. J. Malcolm. 2000. The Biodegradation of Surfactant In The Environment. *Bhiochimica et Biophysica Acta*. 235-251

Setiari M., Mahendra M. S. dan W. Suyasa. 2012. Identifikasi Sumber Pencemar dan Analisis Kualitas Air Tukad Yeh Sungi di Kabupaten Tabanan dengan Metode Indeks Pencemaran. *Jurnal Ilmu Lingkungan.*7(1):40-16

Sinulingga, N., Nurtjahja K., dan Karim A. 2015. Fitoremediasi Logam Merkuri (Hg) Pada Media Air oleh Kangkung Air *(Ipomoea Aquatic Forsk)*. *BioLink*. 2(1): 75 – 81

Simarmata H. A. 2003. Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Peredupan Intensitas Cahaya Matahari Pada Cichild, hemichromis Fasciatus from Ogba River in Benin City, Nigeria. *African Journal Of General Agriculture.* 4(3) : 30-36

Siswandari, A. M., Hindun, I. dan Sukarsono 2016 'Echinodorus Paleafolius Sebagai Tanaman Fitoremedian Dalam Menurunkan Phospat Limbah Cair Laundry', (2014), pp. 102–107.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Soemirat, J. 2002. *Kesehatan Lingkungan.* UGM Press. Yogyakarta

Solanum, L. and Lycopersicon, L. (2017) 'Pengaruh Deterjen pada perbenihan dan Pertumbuhan Amaranthus', 16(1), pp. 100–108.

Sopiah, N. 2011. Laju Degradasi *Surfaktan Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LAS) Pada Limbah Detergen Secara Anaerob Pada Reaktor Lekat Diam Bermedia Sarang Tawon. *Jurnal Teknologi Lingkungan.* Vol. 7(3)

Sutrisno C. T. 2006. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Cetakan Keenam. Rineka Cipta. Jakarta

Suastuti, D. A., N., Suarsa, I. dan Kurnia Putra R, D. 2015 'Pengolahan Larutan Deterjen Dengan Biofilter Tanaman Kangkungan (Ipomoea Crassicaulis) Dalam Sistem Batch (Curah) Teraerasi', *Jurnal Kimia*, 9(1), pp. 98–104.

Suardhana I. W. 2009. Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichorria crassipes (Mart) Solm*) Sebagai Teknik Alternatif Dalam Pengolahan Biologis Air Limbah Asal Rumah Pemotongan Hewan (RPH) Pesanggaran. Denpasar Bali. *Jurnal Biologi*. 9(6): 759-760

Sugiharto. 2008. *Dasar – Dasar Pengelolahan Air Limbah*. Penerbit Universitas Indonesia. UI Press. Jakarta

Sundari, D., Hananto, M. dan Suharjo. 2016 'Kandungan Logam Berat dalam Bahan Pangan di Kawasan Industri Kilang Minyak, Dumai (Heavy Metal In Food Ingredients In Oil Refinery Industrial Area, Dumai)', *Buletin Penelitian Sistem Kesehatan*, 19(1), pp. 55–61.

Suriawira U. 2005. *Mikrobiologi Dasar*. PT. Sinar Sinanti. Jakarta

Suryani M., Nursal dan E. Febrita. 2014. *Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Pada Anadara granosa Di Pantai Nongsa Kota Batam Untuk Penyusunan Lembar Tugas Siswa Pada Konsep Pencemaran Air Di SMA*. Progam Studi Pendidikan Biologi. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Riau

Susana, T. 2003 'Air Sebagai Sumber Kehidupan', *Oseana*, XXVIII(3), pp. 17–25. Available at: www.oseanografi.lipi.go.id

Suharjono. 2008. *Keanekaragaman dan Potensi Pseudomonas Strain indigenous Pendegradasi Surfaktan Anionik di Ekosistem Sungai tercemar Detergen.* Disertasi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Sutrisno, T. 2006. *Teknologi Penyediaan air bersih.* Rineka Cipta, Jakarta

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Suriawira, U. 2005. *Air dalam Kehidupan dan Lingkungan yang Sehat.* Penerbit PT. Alumni. Bandung.

Supriyantini E., Nuraini R. A. T., dan A. P. Fadmawati. 2017. Studi Kandungan Bahan Organik Pada Beberapa Muara Sungai Di Kawasan Ekosistem Mangrove, Di Wilayah Pesisir Pantai Utara Kota Semarang, Jawa Tengah. *Buletin Oseanografi Marina.* 1: 29-38

Syahminan S., Raini E., Anwar S. dan Rifardi. 2015 'Telaahan Logam Berat Pb dan Cd Pada Sedimen di Perairan Barat Laut Dumai-Riau', *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 5(2), pp. 133–140. doi: 10.19081/jpsl.5.2.133.

Tangahu B.V, Siti RSA, Hassan B., Mushrifah I., Nurinan A. dan M. Muhammad. 2011. A review on heavy metals (As, Pb and Hg) Uptake by Plants Through Phytoremediation. *International Journal of Chemical Engineering*.

Wahwakhi, S. 2017. Potensi *Acanthus ilicifolius* Sebagai Agen Fitoremediasi dan Fitomining Pada Logam Cu di Kelurahan Wonorejo, Kota Surabaya. *Tesis*. IPB. Bogor

Wardana. 2001. *Dampak Pencemaran Lingkungan.* Yogyakarta

Widaningrum, Miskiyah dan Suismono. 2007. Bahaya Kontaminasi Logam Berat Dalam Sayuran dan Alternatif Pencegahan Cemarannya. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*. 3. pp. 16-27

Wostmann R. and G. Liebezeid. 2008. *Chemical Composition of The Mangrove Holly Acanthus ilicifolius (Acanthaceae)-Review and Additional Data.*Senckenbergiana Maritima. 38(1): 31-37

Yazwar., 2008. Keanekaragaman Plankton dan Keterkaitannya dengan Kualitas Air di Parapat Danau Toba. *[Tesis]*. Universitas Sumatera Utara. Medan

Yona D. 2016. *Sebaran Konsentrasi Logam Berat Cu (Tembaga) dan Cd (Kadmium) Pada Air dan Sedimen di Perairan Pelabuhan Pasuruan, Jawa Timurr.* Seminar Nasional Perikanan dan Kelautan VI. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya. Malang

Yudhoyono A. dan D. G. Sukarya. 2013. 3500 Plant Species of The Botanic Gardens of Indonesia. PT. Sukarya dan Sukarya Pendetema. Jakarta

Yong Z., Bo-Han L., Qing-Ru Z., Min Z. 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

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Zahidin M., 2008. Kajian Kualitas air di Muara Sungai Pekalongan Ditinjau dari Indeks Keanekaragaman Makrobentthos dan Indeks Saprobitas Plankton. *Tesis*. Program Pascasarjana. Universitas Diponegoro. Semarang

Zulkoni, A., Rahyuni D., dan Nasirudin. 2017. Pengaruh Pemangkasan Akar Jati dan Inokulasi Jamur Mikori. *J. Manusia dan Lingkungan*. 24(1):

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id