



**EFEKTIVITAS BEBERAPA JENIS *MACROPHYTA* SEBAGAI
FITOREMEDIATOR AIR IRIGASI TERCEMAR DI
SEKITAR TPA TAMAN KROCOK BONDOWOSO**

SKRIPSI

Oleh:
M. Rizky Maulana
NIM 191510501072

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2023**



**EFEKTIVITAS BEBERAPA JENIS *MACROPHYTA* SEBAGAI
FITOREMEDIATOR AIR IRIGASI TERCEMAR DI
SEKITAR TPA TAMAN KROCOK BONDOWOSO**

SKRIPSI

diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan
Program Sarjana pada Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Jember

Oleh:
M. Rizky Maulana
NIM 191510501072

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2023**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Keluarga saya, yaitu Bapak Fathorrozi Hermawan, Ibu Heny Yuliasuti, Kedua Adik Lucky Lubby Rohmatillah dan Kaffa Bihi Fahrurruozi yang telah menjadi sumber penyemangat saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
2. Dosen Pembimbing saya Bapak Agung Sih Kurnianto, S.Si., M.Ling, Dosen Penguji Utama Mohammad Ubaidillah S.Si., M.Agr., Ph.D., dan Dosen Penguji Anggota Suci Ristiyana, S.T.P., M.Sc. yang sudah memberikan arahan, kritikan dan masukan terkait penelitian ini.
3. Pimpinan dan staf TPA Taman Krocok yang sudah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian tugas akhir ini
4. Rekan-rekanita akademisi UKMO VIVA dan BEM FAPERTA UNEJ yang turut membantu dalam memberikan saran masukan penelitian ini dapat berjalan dengan baik.
5. Saudara Pandu Winata dan saudari Shella Amalia atas dorongan semangat dan sharing ilmu terkait bioremediasi dipenelitian ini.
6. Segenap civitas akademika program studi Agroteknologi 2019 Fakultas Pertanian Universitas Jember yang telah membantu memperlancar penyusunan, penyediaan fasilitas, dan ilmu selama perjalanan memperoleh gelar sarjana.
7. Saudari Delia Agustina Rachmawati yang selalu memberikan semangat dan dukungan penuh dalam menyelesaikan tulisan ini.

MOTTO

“Bagaikan padi, semakin berisi semakin merunduk”

“Kuliah prioritas, organisasi totalitas”

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan”

(Q.S Al-Insyirah : 5)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M. Rizky Maulana

NIM : 191510501072

Program Studi : S1 Agroteknologi

Fakultas : Pertanian

Universitas : Universitas Jember

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “**Efektivitas Beberapa Jenis *Macrophyta* sebagai Fitoremediator Air Irigasi Tercemar di sekitar TPA Taman Krocok Bondowoso**” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan skripsi ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

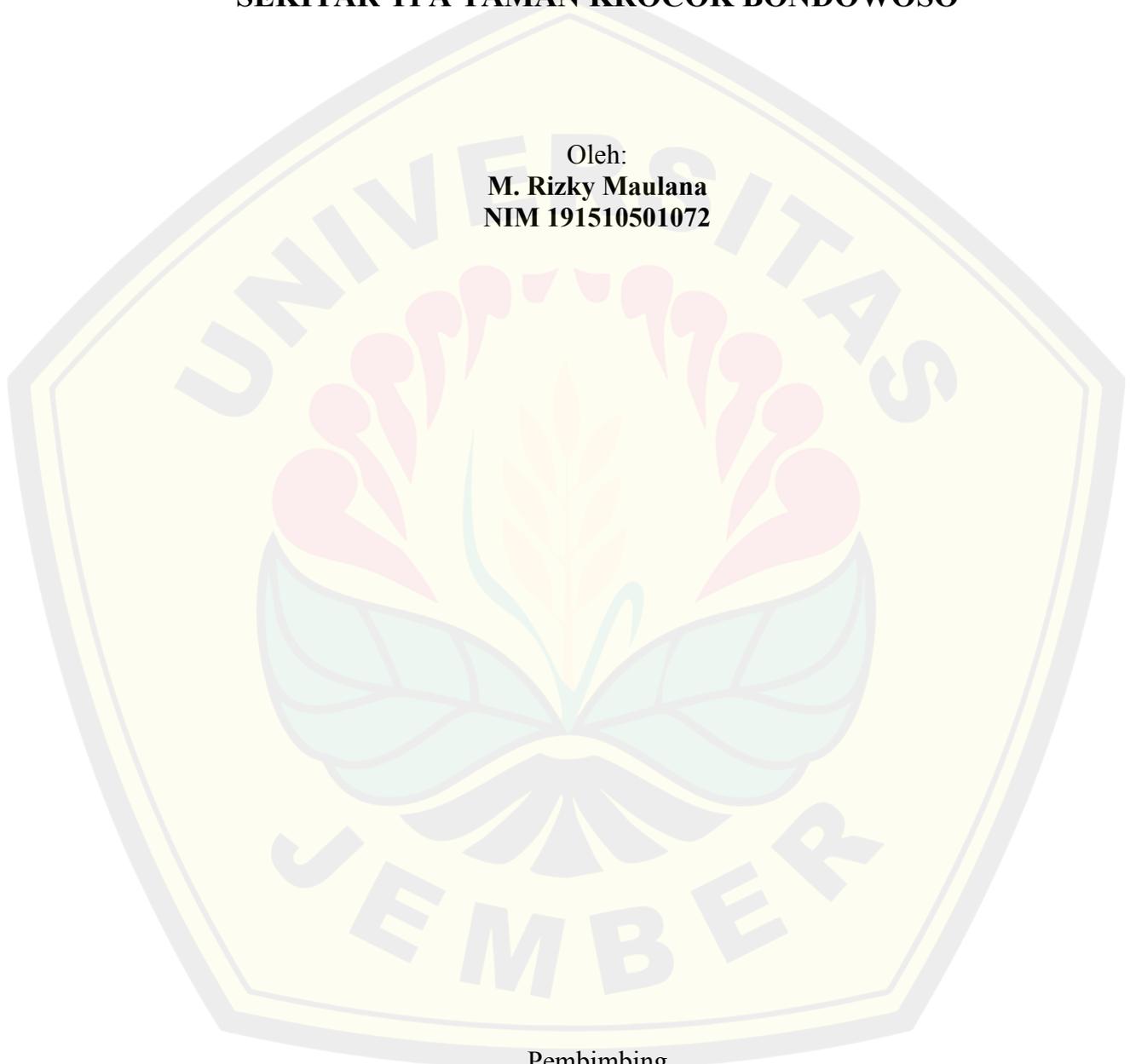
Jember, 27 Juni 2023
Yang menyatakan,

M. Rizky Maulana
NIM. 191510501072

SKRIPSI

**EFEKTIVITAS BEBERAPA JENIS *MACROPHYTA* SEBAGAI
FITOREMEDIATOR AIR IRIGASI TERCEMAR DI
SEKITAR TPA TAMAN KROCOK BONDOWOSO**

Oleh:
M. Rizky Maulana
NIM 191510501072



Pembimbing

Dosen Pembimbing Skripsi : Agung Sih Kurnianto, S.Si., M.Ling.
NIP 196606141992011001

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Efektivitas Beberapa Jenis *Macrophyta* sebagai Fitoremediator Air Irigasi Tercemar di sekitar TPA Taman Krocok Bondowoso” telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Selasa

Tanggal : 27 Juni 2023

Tempat : Ruang Sidang B/lt 2 Fakultas Pertanian

Dosen Pembimbing Skripsi

Agung Sih Kurnianto, S.Si., M.Ling.
NIP 199009172019031012

Dosen Penguji Utama

Dosen Penguji Anggota

Mohammad Ubaidillah, S.Si., M.Agr., Ph.D.
NIP 198612112019031008

Suci Ristiyana, S.T.P., M.Sc
NIP 198801212019032011

Mengesahkan,
Dekan

Prof. Dr. Ir. Soetriono, MP.
NIP 196403041989021001

RINGKASAN

Efektivitas Beberapa Jenis *Macrophyta* sebagai Fitoremediator Air Irigasi Tercemar di sekitar TPA Taman Krocok Bondowoso; M. Rizky Maulana; 191510501072; Program Studi Agroteknologi; Fakultas Pertanian; Universitas Jember

TPA Taman Krocok merupakan satu-satunya TPA yang berada di Kabupaten Bondowoso dengan luas lahan 1.6 Ha. Keterbatasan lahan tersebut menimbulkan masalah pencemaran yang dihasilkan seperti pencemaran air tanah yang disebut air lindi. Air lindi merupakan cemaran yang dihasilkan dari proses penyaringan saat air hujan masuk ke TPA. Air lindi yang tidak mengalami pengelolaan secara baik dapat berdampak buruk terhadap lahan pertanian karena banyak mengandung bahan organik dan non organik. Fitoremediasi bisa menjadi solusi pencemaran air lindi karena dapat meremediasi atau mengurangi polutan yang mencemari perairan. Beberapa jenis tanaman *macrophyta* seperti eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), amazon frogbit (*Limnobium laevigatum*) dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dapat digunakan sebagai agen fitoremediator dalam proses fitoremediasi. Tanaman eceng gondok, kayu apu, dan amazon frogbit merupakan jenis tanaman air yang memiliki kemampuan untuk menyerap kontaminan dalam proses pemurnian air lindi.

Penelitian ini dilakukan di *greenhouse* Prodi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 ulangan pada setiap perlakuan T0 (kontrol air irigasi), T1 (tanaman eceng gondok dan Air Irigasi), T2 (kayu apu dan air irigasi), T3 (amazon frogbit dan air irigasi) dan uji uji laboratorium meliputi kandungan DO, BOD, TDS, Konduktivitas, Suhu, dan pH air di Laboratorium Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember. Pengambilan tanaman dilakukan sebelum penelitian dilakukan karena harus melalui proses aklimatisasi yang bertujuan untuk adaptasi tanaman terhadap lingkungan baru. Pengambilan sampel air lindi dilakukan pada saluran pembuangan pertama pada saluran irigasi yang selanjutnya diaplikasikan pada reaktor penelitian dengan masing-masing reaktor diberikan 10L sampel air irigasi. Analisis data dilakukan pada H0, H+7, dan H+14 menggunakan sidik ragam pada taraf 5%. Apabila ada pengaruh terhadap perlakuan maka dilanjutkan dengan uji lanjut menggunakan DMRT (Duncan's Multiple Range Test) dengan taraf 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketiga tanaman memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kualitas air. Tanaman kayu apu dan tanaman amazon frogbit memberikan pengaruh terbaik dalam penurunan nilai *Total Dissolved Solid* (TDS), penurunan nilai *Biological Oxygen Demand* (BOD), penurunan nilai konduktivitas, serta menstabilkan nilai pH air irigasi.

SUMMARY

The Effectiveness of Several Types of Macrophyta as Phytoremediators of Polluted Irrigation Water around the Krocok Bondowoso Park Landfill; M. Rizky Maulana; 191510501072; Agrotechnology Study Program; Faculty of Agriculture; University of Jember

Taman Krocok Landfill is the only landfill located in Bondowoso Regency with a land area of 1.6 Ha. The limitation of the land causes the resulting pollution problems such as groundwater pollution called leachate water. Leachate water is a contaminant produced from the filtration process when rainwater enters the landfill. Leachate water that is not well managed can have a negative impact on agricultural land because it contains a lot of organic and non-organic matter. Phytoremediation can be a solution to leachate water pollution because it can remediate or reduce pollutants that pollute waters. Some types of macrophyta plants such as Hyacinth (*Eichhornia crassipes*), Amazon Frogbit (*Limnobium laevigatum*) and Apu Wood plant (*Pistia stratiotes*) can be used as phytoremediator agents in phytoremediation processes. Hyacinth plants, apu wood, and amazon frogbit are types of aquatic plants that have the ability to absorb contaminants in the leachate water purification process.

This research was conducted in the greenhouse of the Agrotechnology Study Program, Faculty of Agriculture, University of Jember using the Complete Randomized Design (RAL) method with 4 repeats in each treatment T0 (irrigation water control), T1 (water hyacinth plants and irrigation water), T2 (apu wood and irrigation water), T3 (Amazon frogbit and irrigation water) and laboratory tests including the content of DO, BOD, TDS, Conductivity, Temperature, and pH of water at the Agrotechnology Laboratory, Faculty of Agriculture, Jember University. Plant harvesting is carried out before research is carried out because it must go through an acclimatization process aimed at plant adaptation to the new environment. Leachate water sampling was carried out in the first drain in the irrigation canal which was then applied to the research reactor with each reactor given 10L of irrigation water samples. Data analysis was carried out on H0, H + 7, and H + 14 using various fingerprints at the level of 5%. If there is an effect on the treatment, it is continued with further tests using DMRT (Duncan's Multiple Range Test) with a level of 5%. Data analysis was carried out on H0, H + 7, and H + 14 using various fingerprints at the level of 5%. If there is an effect on the treatment, it is continued with further tests using DMRT (Duncan's Multiple Range Test) with a level of 5%.

The results showed that the three plants exerted a significant influence on water quality. Apu Wood Plant and Amazon Frogbit Plant have the best influence in decreasing Total Dissolved Solid (TDS) value, decreasing Biological Oxygen Demand (BOD) value, decreasing conductivity value, and stabilizing the pH value of irrigation water.

PRAKATA

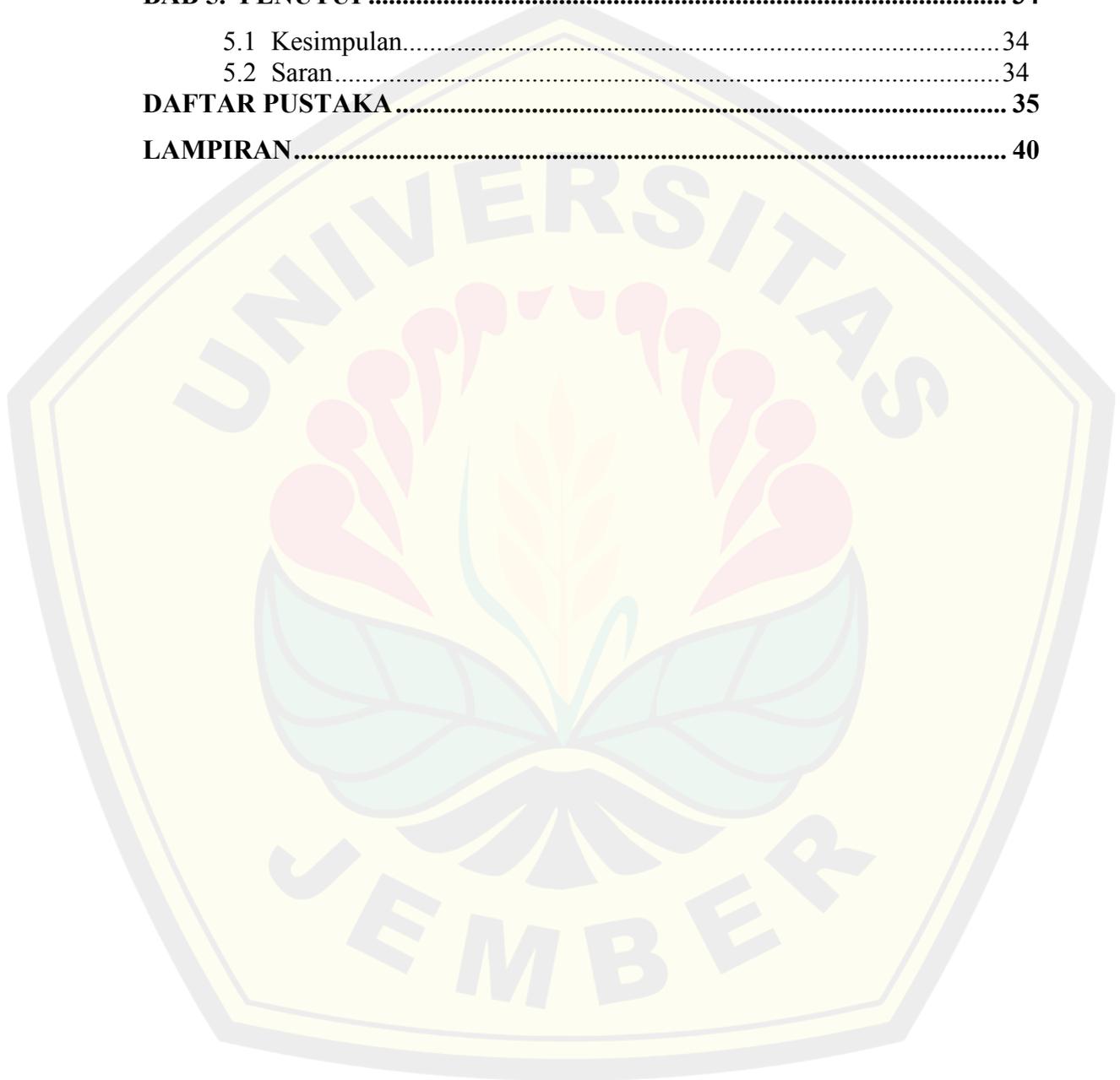
Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas limpahan rahmat dan karunianya, pembuatan skripsi dengan judul **“Efektivitas Beberapa Jenis *Macrophyta* sebagai Fitoremediator Air Irigasi Tercemar di sekitar TPA Taman Krocok Bondowoso”** dapat terselesaikan dengan baik. Dalam penulisan skripsi tentu dapat diselesaikan dengan beberapa dukungan oleh beberapa pihak. Saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Soetriono, MP. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jember;
2. Bapak Drs. Yagus Wijayanto, M.A., Ph.D. selaku Koordinator Program Studi Agroteknologi dan Bapak Agung Sih Kurnianto S.Si., M.Ling selaku dosen pembimbing skripsi yang senantiasa memberikan arahan, kritikan, masukan serta saran sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini;
3. Bapak Mohammad Ubaidillah S.Si., M.Agr., Ph.D. selaku dosen penguji utama dan dosen penguji anggota Ibu Suci Ristiyana, S.T.P., M.Sc. yang memberikan banyak sekali masukan dan pertimbangan dalam kelancaran menjalankan kegiatan skripsi;
4. Bapak Agung Sih Kurnianto S.Si., M.Ling. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan banyak masukan dan motivasi selama perkuliahan;
5. Seluruh Dosen Fakultas Pertanian Universitas Jember yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas ilmu yang telah diberikan selama ini;
6. Staf Akademik dan Kemahasiswaan Fakultas Pertanian Universitas Jember;
7. Pimpinan dan staf PT. Tempurejo yang sudah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian dan membantu menyelesaikan tugas akhir ini;
8. Keluarga besar saya, Bapak Fathorrozi Hermawan, Ibu Heny Yuliasuti, Kedua Adik Lucky Lubby Rohmatillah dan Kaffa Bihi Fahrurruozi yang selalu memberikan dukungan, doa, dan motivasi demi kelancaran selama perkuliahan saya;
9. Serta seluruh pihak yang telah membantu selama perkuliahan.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN.....	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN.....	iv
SKRIPSI.....	v
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	viii
PRAKATA.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Air Lindi.....	4
2.2 Fitoremediasi.....	5
2.3 Amazon Frogbit (<i>Limnobium laevigatum</i>).....	6
2.4 Eceng Gondok	7
2.5 Kayu Apu	9
2.6 Hipotesis.....	9
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	10
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	10
3.2 Alat dan Bahan	10
3.3 Pelaksanaan Penelitian	10
3.4 Analisis Data	13
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	14
4.1 Rangkuman Sidik Ragam.....	14
4.2 Pengaruh Tanaman Macrophyta pada Parameter Total Dissolved Solid (TDS).....	15

4.3 Pengaruh Tanaman Macrophyta terhadap Parameter pH.....	20
4.4 Pengaruh Tanaman Macrophyta pada Parameter Dissolved Oxygen (DO) 24	
4.5 Pengaruh Tanaman Macrophyta pada Parameter Biological Oxygen Demand (BOD)	29
4.6 Pengaruh Tanaman Macrophyta terhadap Parameter Konduktivitas	32
4.7 Pengaruh Tanaman Macrophyta terhadap Parameter Kandungan Pb	36
BAB 5. PENUTUP.....	34
5.1 Kesimpulan.....	34
5.2 Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN.....	40

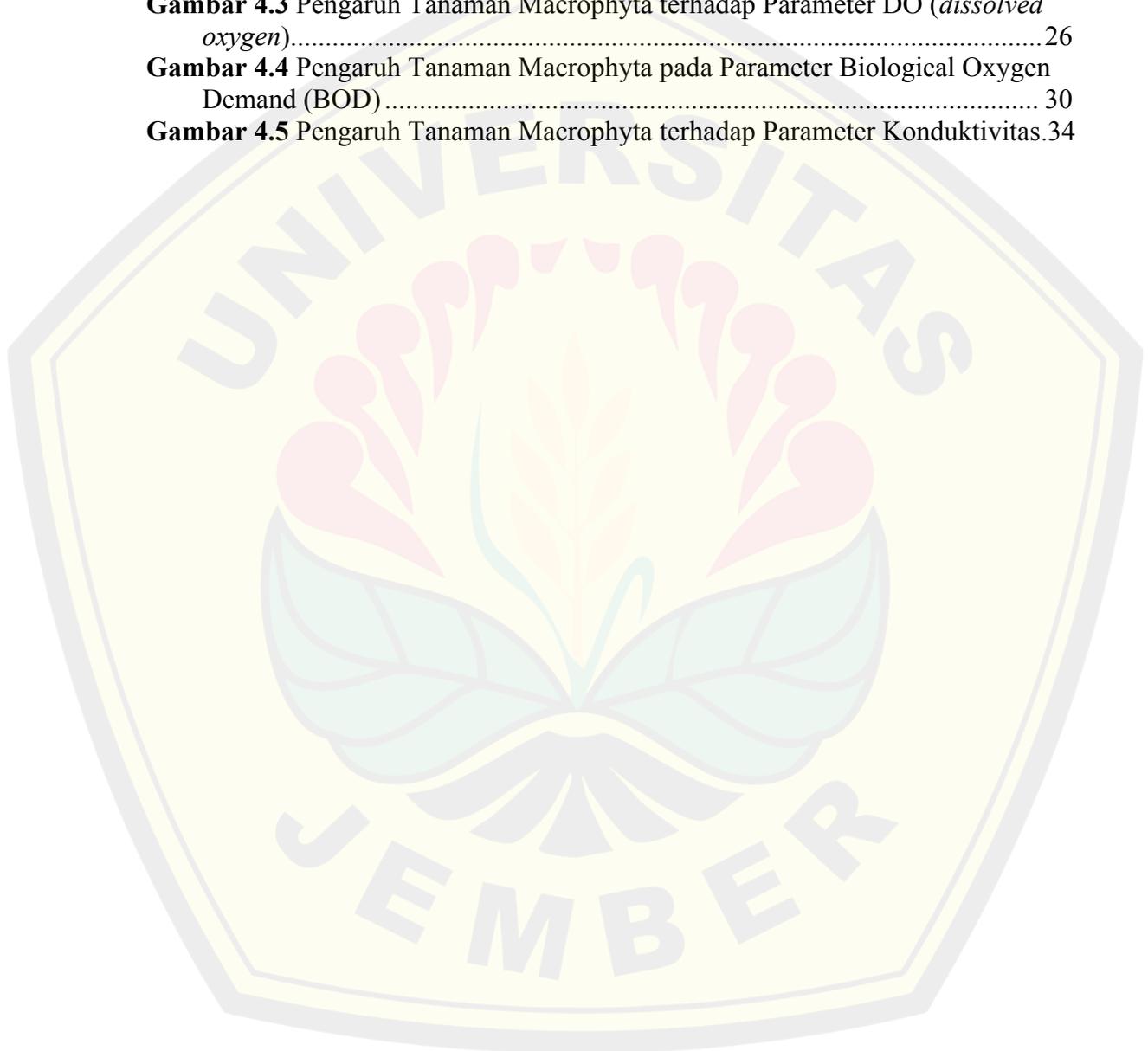


DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Perlakuan Pelaksanaan Penelitian.....	11
Tabel 3. 2 Denah Pengacakan Satuan Percobaan.....	11
Tabel 4. 1 Rangkuman Sidik Ragam.....	14
Tabel 4.2 Rangkuman Nilai Variabel Pengamatan Sebelum dan Setelah Perlakuan.....	14
Tabel 4.3 Pengaruh Tanaman Macrophyta pada Parameter Total Dissolved Solid (TDS).....	15
Tabel 4. 4 Pengaruh Tanaman Macrophyta terhadap Parameter pH.....	20
Tabel 4.5 Pengaruh Tanaman Macrophyta terhadap Parameter DO (<i>dissolved oxygen</i>).....	25
Tabel 4.6 Pengaruh Tanaman Macrophyta pada Parameter Biological Oxygen Demand (BOD).....	29
Tabel 4.7 Pengaruh Tanaman Macrophyta terhadap Parameter Konduktivitas.....	33
Tabel 4.8 Klasifikasi Air Irigasi Berdasarkan Nilai Konduktivitas	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Amazon frogbit.....	7
Gambar 2.2 Tanaman Eceng Gondok.....	8
Gambar 2.3 Tanaman Kayu Apu.....	9
Gambar 4.1 Pengaruh Tanaman Macrophyta pada Parameter Total Dissolved Solid (TDS).....	16
Gambar 4.2 Pengaruh Tanaman Macrophyta terhadap Parameter pH.....	21
Gambar 4.3 Pengaruh Tanaman Macrophyta terhadap Parameter DO (<i>dissolved oxygen</i>).....	26
Gambar 4.4 Pengaruh Tanaman Macrophyta pada Parameter Biological Oxygen Demand (BOD).....	30
Gambar 4.5 Pengaruh Tanaman Macrophyta terhadap Parameter Konduktivitas.....	34



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Aklimatisasi tanaman	40
Lampiran 2. Pengambilan sampel di TPA Taman Krocok	40
Lampiran 3. Peletakan tanaman pada reaktor penelitian	40
Lampiran 4. Penempatan sampel sesuai denah pengacakan	40
Lampiran 5. Pengambilan sampel air lindi	40
Lampiran 6. Uji Laboratorium sampel air lindi	40
Lampiran 7. Kerontokan pada akar tanaman	41
Lampiran 8. Penguapan sampel air lindi	41
Lampiran 9. Hasil Pengujian Kandungan Pb Pengamatan H-0	42
Lampiran 10. Hasil Pengujian Kandungan Pb Pengamatan H-14	43
Lampiran 11. Nilai Konduktivitas	44
Lampiran 12. Nilai TDS	45
Lampiran 13. Nilai pH	46
Lampiran 14. Nilai DO	47
Lampiran 15. Nilai BOD	48
Lampiran 16. Hasil annova dan uji lanjut parameter penelitian H+7	49
Lampiran 17. Hasil annova dan uji lanjut parameter penelitian H+14	51

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

TPA Taman Krocok merupakan satu-satunya TPA di Kabupaten Bondowoso dan hanya memiliki luas lahan 1,6 Ha. TPA Taman Krocok setiap harinya dapat menampung 4,2 ton sampah dari 25 kecamatan disekitar Kabupaten Bondowoso. Sistem pengolahan sampah yang digunakan oleh TPA Taman Krocok adalah *controlled landfill* dimana sampah ditumpuk dan dipadatkan menggunakan alat berat. Menurut Isni dkk., (2019) sistem *controlled landfill* menggunakan rancangan untuk mengurangi bau, menghambat perkembangan organisme pengerat, dan mengurangi pelepasan gas. Sampah yang hanya ditumpuk hingga menggunung dan keterbatasan lahan yang tidak optimal mengakibatkan pengolahan sampah pada TPA Taman Krocok tidak berjalan secara efektif. Pengolahan sampah yang tidak maksimal dapat menghasilkan cemaran, salah satunya pencemaran air tanah yang disebut lindi. Lindi merupakan limbah cair yang dihasilkan saat air hujan masuk ke TPA yang mengandung bahan organik dan non organik (Ali dan Ratno, 2018). Air lindi yang dibiarkan atau tidak mengalami pengelolaan dengan baik dan benar akan mencemari air permukaan maupun air tanah karena adanya kontaminasi (Rezagama dkk., 2016). Lindi dapat berdampak buruk pada lahan pertanian jika mengalir dan mencemari ke saluran irigasi karena banyak mengandung logam berat dan bersifat racun yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman di sekitarnya.

Air lindi mengandung bahan organik terlarut yang berasal dari dekomposisi sampah. Ketika bahan organik terlarut terlepas ke dalam lingkungan, mereka dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut dalam air (DO) dan meningkatkan Biological Oxygen Demand (BOD). Penurunan DO dapat menghambat kehidupan akuatik dan mengganggu ekosistem perairan. Tingginya nilai BOD menunjukkan adanya kehadiran mikroorganisme pengurai yang mengkonsumsi oksigen secara besar-besaran, sehingga menyebabkan kondisi anaerobik yang tidak mendukung kehidupan organisme air (Rezagama dkk., 2016).

Air lindi dapat mengandung logam berat seperti timbal (Pb), merkuri (Hg), kadmium (Cd), dan lainnya. Logam berat memiliki sifat toksik dan dapat menumpuk dalam jaringan organisme hidup, termasuk tanaman dan hewan. Menurut Sarie (2019), logam berat Pb dapat terakumulasi pada tanaman akibat pencemaran lingkungan dan berbahaya apabila dikonsumsi manusia yang akan menumpuk pada gigi, gusi, dan tulang manusia. Dampak lanjutan akibat keracunan logam berat Pb yaitu kerusakan fungsi otak. Ketika air lindi mencemari saluran irigasi atau air tanah, logam berat tersebut dapat diserap oleh tanaman dan masuk ke rantai makanan. Akibat dari akumulasi logam berat pada tanaman menyebabkan tanaman tidak memiliki ketahanan dan mengalami perubahan secara fisik seperti perubahan warna dan kerontokan akar (Hanapi, 2019). Logam berat Pb yang terakumulasi dalam tanaman menghambat proses metabolisme sebab kation Pb menjadi inhibitor pembentukan enzim dan apabila terjadi secara terus menerus berdampak pada penurunan kualitas pertumbuhan tanaman (Amelia dkk, 2015). Air lindi juga dapat mengandung senyawa kimia sintetis, seperti pestisida, bahan kimia industri, dan bahan berbahaya lainnya yang terlepas dari sampah. Senyawa-senyawa ini memiliki efek toksik dan dapat menyebabkan dampak jangka panjang terhadap organisme hidup yang terpapar.

Mengingat potensi bahaya air lindi, parameter-parameter seperti Total Dissolved Solids (TDS), pH, konduktivitas, DO, dan BOD digunakan untuk mengukur dan mengamati kualitas air lindi. TDS memberikan indikasi tentang jumlah total zat terlarut dalam air, termasuk logam berat dan senyawa berbahaya lainnya. pH menggambarkan tingkat keasaman atau kebasaan air, yang dapat mempengaruhi kelarutan dan perilaku zat-zat beracun. Konduktivitas mengukur kemampuan air untuk menghantarkan arus listrik, yang berkaitan dengan konsentrasi zat terlarut di dalamnya. DO mencerminkan kadar oksigen terlarut dalam air, sementara BOD mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air. Dengan memantau parameter-parameter tersebut diharapkan dapat mengevaluasi tingkat pencemaran dan bahaya air lindi serta mengidentifikasi potensi dampaknya terhadap ekosistem dan kesehatan manusia.

Fitoremediasi adalah upaya meremediasi atau mereduksi atau mengurangi kontaminan polusi baik udara, air, maupun tanah dengan menggunakan tanaman dan bagian – bagian tanaman (Laily *et al*, 2017). Fitoremediasi bisa menjadi salah satu cara yang dapat dilakukan mengatasi permasalahan lindi di TPA Taman Krocok. Fitoremediasi adalah upaya pemanfaatan tanaman untuk dekontaminasi limbah cair yang mencemari perairan. Beberapa tanaman air yang dapat digunakan menjadi agen fitoremediasi diantaranya adalah tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), amazon frogbit (*Limnobium laevigatum*) dan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*). Tanaman tersebut merupakan tanaman air yang memiliki kemampuan untuk memperbaiki kualitas air di daerah yang tercemar seperti disaluran irigasi TPA Taman Krocok. Beberapa tanaman yang dapat menyerap zat kontaminan di perairan yaitu amazon frogbit, kayu apu, dan eceng gondok.

Amazon frogbit (*Limnobium laevigatum*) diketahui mampu untuk menyerap dan meremediasi logam berat pada cecaran air (San Juan *et al* 2018). Eceng gondok (*Eichhornia Crassipes*) adalah tanaman yang sangat mudah untuk tumbuh, tanaman ini kerap kali tumbuh pada perairan dangkal dan juga rawa – rawa, tanaman ini juga terkenal dengan adaptasi yang sangat baik walupun di daerah ekstrem. Eceng gondok sering kali dianggap sebagai tanaman pengganggu atau gulma namun tanaman ini mampu untuk membuktikan bahwa mampu untuk menyerap logam berat atau kontaminan di perairan (Khaer dan Evi, 2017). Kayu apu (*Pistia Stratiotes*) memiliki kemampuan yang istimewa yaitu mampu untuk mengolah kontaminan, baik itu berupa logam berat maupun zat organik dan anorganik. Tanaman kayu apu untuk berkembang dengan cepat sehingga sangat mudah ditemukan di beberapa rawa dan perairan dangkal (Billah dan Prehatin, 2020). Berdasarkan fakta-fakta tersebut sangat diperlukan sebuah penelitian terkait potensi dari efektivitas beberapa *macrophyta* air yang dapat memperbaiki kualitas air irigasi di sekitar TPA Taman Krocok Bondowoso.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh tanaman amazon frogbit (*Limnobium laevigatum*), eceng gondok (*Eichornia Crassipes*), dan kayu apu (*Pistia Stratiotes*) sebagai agen fitoremediasi dalam perbaikan kualitas air irigasi di kawasan pertanian sekitar TPA Taman Krocok Bondowoso ?
2. Bagaimana *macrophyta* yang memiliki efektivitas terbaik dalam berperan sebagai agen fitoremediasi dalam perbaikan kualitas air irigasi di kawasan pertanian sekitar TPA Taman Krocok Bondowoso ?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui pengaruh tanaman amazon frogbit (*Limnobium laevigatum*), eceng gondok (*Eichornia Crassipes*), dan kayu apu (*Pistia Stratiotes*) sebagai agen fitoremediasi dalam perbaikan kualitas air irigasi di kawasan pertanian sekitar TPA Taman Krocok Bondowoso
2. Mengetahui beberapa *macrophyta* yang memiliki efektivitas terbaik dalam berperan sebagai agen fitoremediasi dalam perbaikan kualitas air irigasi di kawasan pertanian sekitar TPA Taman Krocok Bondowoso

1.4 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi dan rekomendasi terkait peran agen fitoremediasi dan tanaman yang paling berpotensi untuk menjadi agen fitoremediasi dalam meningkatkan kualitas air irigasi di kawasan TPA Taman Krocok Kabupaten Bondowoso.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Lindi

Air Lindi merupakan cairan yang mengandung bahan atau zat organik dan zat non organik yang terbentuk akibat air hujan yang masuk ke dalam limbah (Ali dan Ratni, 2018). Lindi merupakan cairan berbahaya karena banyak mengandung bahan organik hasil dari penguraian pembuangan sampah dan mengandung unsur logam berat. Lindi yang tidak diolah dengan cara yang baik dapat menyebabkan pencemaran yang dapat mencemari dari air permukaan maupun dari air tanah (Rezagama dkk., 2016).

Lindi terbentuk di setiap tempat pembuangan sampah. Lindi dibentuk oleh penyaringan dan perluasan kelembaban di tanah oleh air hujan yang mengalir melalui tempat pembuangan akhir. Lindi memiliki karakteristik tertentu karena sampah yang dibuang ke TPA berasal dari sumber dan jenis sampah yang berbeda (Nagarajan et al., 2012). Sifat lindi juga dipengaruhi oleh proses-proses yang berlangsung di dalam limbah tersebut, antara lain proses fisik, kimia dan biologi (Larasari et al., 2016). Air lindi yang tidak diolah dengan baik dapat mengganggu kesehatan manusi, mencemari lingkungan dan organisme perairan karena lindi mengandung bahan pencemar yang bersifat racun. Air lindi mengandung mikroorganisme parasit seperti kutu air (*Sarcoptes sp*) yang dapat menyebabkan gatal-gatal pada kulit manusia (Susanto dkk., 2004). Logam berat yang terdapat pada air lindi yang apabila diserap oleh tanaman akan mengurangi kandungan gizi terhadap tanaman dan apabila dikonsumsi akan menyebabkan keracunan bagi manusia (Juhri, 2017).

Limbah sampah mengandung bahan zat organik dan zat anorganik yang berbahaya dan beracun dalam konsentrasi yang tinggi. Logam berat non esensial merupakan logam berat yang berada dalam tubuh dapat menimbulkan sifat racun seperti Hg yang banyak terkandung didalam lampu listrik bekas, Cd yang banyak terkandung didalam sampah plastik dan bekas cat, Pb yang terkandung di dalam sampah baterai, dan Cr yang banyak terkandung didalam sampah atau limbah pewarna pakaian (Irhamni dkk., 2017). Keberadaan logam non esensial ini juga

banyak ditemukan pada air lindi yang dapat menimbulkan racun apabila tidak dilakukan pengolahan dengan baik dan akan mencemari air tanah apabila air lindi merembes ke dalam tanah.

2.2 Fitoremediasi

Fitoremediasi merupakan upaya untuk memurnikan cemaran limbah dan pencemaran dengan menggunakan tanaman baik secara *ex situ* menggunakan kolam buatan maupun secara *in situ* yang dilakukan secara langsung di daerah yang terkontaminasi (Juhriah dan Alam, 2016). Beberapa metode fitoremediasi yang telah digunakan yaitu metode berdasarkan kemampuan tanaman dalam mengakumulasi kontaminan, kemampuan untuk menyerap dan mengalirkan air dari dalam tanah, dan kemampuan akar untuk menyerap kontaminan di dalam jaringan. Menurut Corseuil dan Moreno (2020), tumbuhan dalam menghadapi cemaran memiliki beberapa mekanisme, antara lain:

1. **Penghindaran fenologis.** Mekanisme ini dilakukan ketika tanaman semusim dan tanaman dapat menyelesaikan siklus hidupnya pada musim yang bersangkutan.
2. **Ekslusi.** Ekslusi yaitu tanaman yang dapat mengenali ion beracun dan dapat mencegah penyerapan sehingga tidak menyebabkan keracunan.
3. **Penanggulangan.** Penanggulangan dilakukan dengan tanaman menyerap ion, tetapi berusaha meminimalkan pengaruhnya. Penanggulangan ini dapat dilakukan dengan pembentukan klelat, pengenceran, lokalisasi, dan ekskresi.
4. **Toleransi.** Adanya bantuan enzim, tanaman dapat mengembangkan sistem metabolisme yang berfungsi pada konsentrasi racun tertentu.

Metode yang digunakan tanaman *macrophyta* untuk memperbaiki area yang terkontaminasi melalui beberapa mekanisme. Mekanisme tanaman *macrophyta* dalam penyerapan kontaminan mencakup proses fitoekstraksi, rizofiltrasi, dan fitovolatilisasi. Fitoekstraksi adalah suatu proses dimana tanaman menarik atau menyerap zat kontaminan atau logam berat sehingga akan terakumulasi di bagian akar tanaman atau dapat disalurkan ke bagian tanaman yang lain. Fitoekstraksi

menyerap, berkonsentrasi, mengendapkan, dan mengakumulasi logam berat atau zat kontaminan menggunakan bagian tanaman seperti daun, pucuk, batang, dan bagian lainnya (Handayanto dkk., 2017).

Rhizofiltrasi merupakan proses pemulihan yang sering digunakan pada air limbah yang tercemar logam berat. Prinsip pada rhizofiltrasi memanfaatkan kemampuan akar tanaman untuk menyerap, mengendap, dan mengakumulasi logam berat (Zulkoni dkk., 2017). Fitovolatilisasi hampir sama dengan mekanisme fitoremediasi yang lain, dimana memanfaatkan akar untuk proses penyerapan limbah dan ditranslokasikan kedalam tubuh tanaman. Perbedaan fitovolatilisasi dengan mekanisme lain ialah ketika limbah terkumpul akan diubah menjadi senyawa yang tidak berbahaya dengan sifat volatil dan menjadi gas yang menguap dari daun (Astuti dan Titah. 2020).

2.3 Amazon Frogbit (*Limnobium laevigatum*)

Amazon Frogbit (*Limnobium laevigatum*) termasuk jenis tanaman hidrofit air. Tanaman Hidrofit merupakan tanaman yang hidupnya mengapung dan mampu menyesuaikan diri di permukaan air (Sukamadewi, 2022). Tanaman amazon frogbit memiliki ciri-ciri daun, bunga, batang, dan akar. Daun tanaman memiliki warna hijau cerah dengan lebar hingga 4 cm dan panjang 1 cm. Daun amazon frogbit memiliki lapisan tebal dengan jaringan spons berisi udara dan bunga berwarna putih. Batang pada tanaman ini tidak bercabang dan berbentuk bulat dengan ukuran diameter 1-2 mm, kulit batang memiliki warna putih kehijauan hingga kecoklatan, sedangkan untuk akarnya memiliki sistem akar serabut yang mengapung. Menurut Kabutey *et al* (2020) tanaman muda amazon frogbit ketika tumbuh berbentuk mawar daun yang mengambang dan berada pada permukaan air, sedangkan tanaman dewasa dapat tumbuh mencapai tinggi hingga 50 cm. Tanaman ini lebih menyukai iklim tropis dan menjadi tanaman alami di daerah bendungan, danau, dan air tawar. Tanaman amazon frogbit sering dianggap tanaman gulma karena pertumbuhannya yang sangat cepat. Hal ini dikarenakan amazon frogbit dapat berkembang tanpa adanya sinar matahari. Amazon frogbit memiliki klasifikasi sebagai berikut :

Kingdom : Plantae
 Divisi : Magnoliophyta
 Kelas : Liliopsida
 Ordo : Hydrocharitales
 Famili : Hydrocharitaceae
 Genus : Limnobium
 Spesies : *Limnobium laevigatum*.



Gambar 2. 1 Amazon frogbit

Pertumbuhan tanaman amazon frogbit yang sangat cepat mengakibatkan tanaman ini dimanfaatkan sebagai tanaman hias kolam ikan dan aquarium untuk menjadi pelindung bagi hewan ikan. Tanaman amazon frogbit memiliki kemampuan sebagai agen fitoremediator karena termasuk dalam jenis tanaman hiperkumulator. Menurut San Juan *et al* (2018) tanaman amazon frogbit merupakan *makrophyta* yang dapat dipilih dalam proses meremediasi kandungan logam berat pada perairan tercemar. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Aran *et al* (2017) bahwa tanaman amazon frogbit mampu mengakumulasi zat logam seperti Pb, Cr, Ni, dan Zn pada akar dan daun. Tanaman amazon frogbit juga mampu menyisihkan kandungan logam berat Uranium sebesar 0,026 mmol g⁻¹ pada proses biosorpsi (De Araujo *et al.*, 2022).

2.4 Eceng Gondok (*Eichhoenia crassipes*)

Eceng gondok (*Eichhoenia crassipes*) merupakan tumbuhan yang hidup dengan cara mengapung di permukaan air. Eceng gondok memiliki tinggi mencapai 0,4-0,8 meter dan tergolong tanaman yang masa pertumbuhannya sangat pesat, sehingga di beberapa daerah perairan dianggap sebagai gulma. Karena adanya vakuola dan struktur seluler pada tangkai daun, Eceng gondok memiliki sifat menyerap banyak air. Menurut Sembel (2015) berpendapat bahwa salah satu

faktor pesatnya perkembangan Eceng gondok adalah terjadinya eutrofikasi. Eutrofikasi adalah peningkatan kandungan mineral dan pengayaan unsur hara di wilayah perairan yang disebabkan oleh pencemaran atau aktivitas yang masuk ke perairan (Piranti dkk., 2012). Eceng gondok dapat beradaptasi dengan cepat di daerah perairan dengan perubahan ketinggian air, laju aliran, dan perubahan ekstrim dalam ketersediaan nutrisi, pH, suhu, dan racun di dalam air. Menurut Sasaqi dkk (2016) eceng gondok diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom : Plantae
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Liliopsida
Ordo : Alismatales
Famili : Butomaceae
Genus : Eichhornia
Spesies : *Eichhoenia crassipe*



Gambar 2.2 Tanaman Eceng Gondok
(Sumber Vidyawati dan Fitrihidajati, 2019)

Eceng gondok dapat tumbuh dimana saja tergantung kandungan unsur hara dan daya serap dari tanaman tersebut. Tanaman eceng gondok terkenal dengan sebutan tanaman gulma, namun tanaman ini juga termasuk agen fitoremediator. Tanaman eceng gondok merupakan tanaman hiperakumulator karena tanaman eceng gondok memiliki kemampuan untuk mengakumulasi logam berat dan polutan yang terlarut di dalam air sehingga dapat dijadikan sebagai tanaman fitoremediasi. Eceng gondok juga sudah terbukti mampu untuk menurunkan BOD pada limbah cair sebesar 42,86 % (Djo dkk, 2017). Menurut Putra dkk., (2017), tanaman eceng gondok juga mampu menurunkan nilai BOD, TDS, COD, dan TSS pada air irigasi yang tercemar oleh limbah. Ujung akar eceng gondok dapat menyerap zat rganik dalam limbah yang kemudian masuk ke dalam.

2.5 Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*)

Kayu apu (*Pistia Stratiotes*) adalah salah satu tanaman yang sering digunakan untuk hiasan aquarium atau aquascape, kayu apu juga bisa menjadi tempat untuk budidaya ikan misalnya ikan cupang karena tanaman ini juga sebagai tempat menempelkan telur ikan. Klasifikasi dari kayu apu (*Pistia Stratiotes*) yaitu :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Kelas	: Liliopsida
Ordo	: Arales
Famili	: Araceae
Genus	: Pistia
Spesies	: <i>Pistia Stratiotes</i>



Gambar 2.3 Tanaman Kayu Apu
(Sumber Muryani, 2018)

Kayu apu adalah tanaman air yang hidupnya mengapung di atas permukaan air. Kayu apu sendiri memiliki dua jenis daun, yaitu yang pertama daun yang tumbuh di atas permukaan air memiliki bentuk melingkar seperti cacing, berwarna hijau dan memiliki klorofil, juga ditumbuhi dengan rambut – rambut tipis (Muryani, 2018). Daun kayu apu tumbuh di bawah permukaan air, memiliki bentuk menyirip seperti akar dan tidak memiliki klorofil. Daun kayu apu yang tumbuh di bawah permukaan air memiliki fungsi yaitu untuk menangkap hara. Kayu apu dapat menyerap bahan radioaktif pada air atau bahan asing akan diserap oleh akar tanaman selanjutnya akan ditranslokasi ke dalam tanaman dan dialokasikan pada jaringan (Billah dan Prehatin, 2020).

2.6 Hipotesis

Terdapat efektivitas yang berbeda dari beberapa tanaman *macrophyta* untuk memperbaiki kualitas air irigasi di sekitar TPA Taman Krocok Bondowoso.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tentang “Efektivitas Beberapa Jenis *Macrophyta* sebagai Fitoremediator Air irigasi tercemar di sekitar TPA Taman Krocok Bondowoso” akan dilaksanakan pada bulan Desember 2022 - Februari 2023. Penelitian dilaksanakan di Green house Agroteknologi Fakultas Pertanian dan uji laboratorium meliputi kandungan DO, BOD, TDS, Konduktivitas, Suhu, dan pH air di Laboratorium Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu timba 20 liter, botol penampung, sampel, bak, kamera digital, alat tulis, beaker glass, aquacombo HM3070, dan botol winkler.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan yaitu air limbah dari TPA Taman Krocok Bondowoso, kertas label, aquades, tanaman eceng gondok, tanaman amazon frogbit, dan tanaman kayu apu, dan sampel air irigasi

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Rancangan Percobaan

Percobaan dirancang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dengan 4 perlakuan. Adapun perlakuan yang digunakan sebagai berikut :

T0 = Kontrol (air irigasi)

T1 = Tanaman eceng gondok dan air irigasi

T2 = Tanaman kayu apu dan air irigasi

T3 = Tanaman amazon frogbit dan air irigasi

Terdapat 4 perlakuan dan setiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali, sehingga diperoleh 16 percobaan.

Tabel 3. 1 Perlakuan Pelaksanaan Penelitian

Perlakuan	U1	U2	U3	U4
T0	T0U1	T0U2	T0U3	T0U4
T1	T1U1	T1U2	T1U3	T1U4
T2	T2U1	T2U2	T2U3	T2U4
T3	T3U1	T3U2	T3U3	T3U4

Tabel 3. 2 Denah Pengacakan Satuan Percobaan

T0U1	T2U1	T3U2	T1U1
T3U1	T0U2	T1U2	T2U2
T2U4	T1U3	T0U3	T3U3
T1U4	T3U4	T2U3	T0U4

3.3.2 Prosedur Penelitian

3.3.2.1. Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan meliputi alat dan bahan yang sudah ditentukan. Pengadaan alat dan bahan disesuaikan dengan kebutuhan. Persiapan kebutuhan alat dan bahan dilakukan baik di green house maupun laboratorium.

3.3.2.2. Pengambilan tanaman

Pengambilan tanaman ini untuk eceng gondok, kayu apu, dan amazon frogbit dengan kriteria yang digunakan yaitu seluruh organ yang meliputi akar, batang, daun yang berwarna hijau, dan memastikan bahwa tanaman dalam kondisi baik dan sehat. Jumlah tanaman yang digunakan dapat diketahui melalui perbandingan berat tanaman 10 g untuk 250 mL limbah cair (Soheti dkk., 2020)

3.3.2.3 Aklimatisasi tanaman

Tanaman yang sudah diambil selanjutnya diaklimatisasi kurang lebih 4 hari untuk memastikan tanaman dapat beradaptasi dengan baik di lingkungan yang berbeda dengan cara memindahkan tanaman pada bak berisi air biasa.

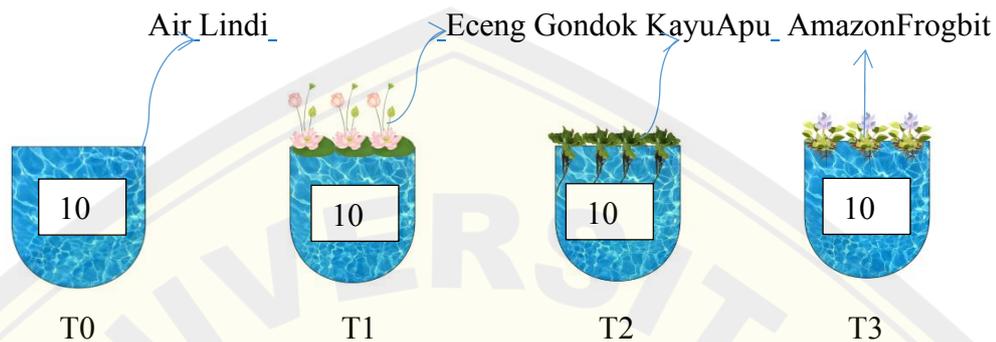
3.3.2.4 Pengambilan sampel air lindi

Pengambilan air lindi dilakukan di TPA Taman Krocok Kabupaten Bondowoso. Pengambilan air lindi dilakukan pada pembuangan pertama saluran

irigasi menggunakan ember dengan jumlah 16 ember atau reactor dimana masing-masing setiap ember diisi dengan 10 L air lindi.

3.3.2.5 Penempatan air dan tanaman pada reaktor

Air yang telah diambil dari saluran irigasi dipindahkan ke tempat reaktor yang telah disediakan, kemudian tanaman dipindahkan ke tempat reaktor.



Gambar 3. 1 Skema Reaktor Penelitian

3.3.2.6 Pengambilan sampel untuk diuji

Sampel akan diambil setiap hari hingga hari terakhir pengujian dengan cara mengambil sampel air pada reaktor dan dipindahkan sebanyak 200 ml pada botol. Pengambilan sampel dilakukan setiap hari agar mengetahui perbedaan hasil disetiap harinya selama 14 hari.

3.3.2.7 Analisis Laboratorium

Sampel kemudian dilakukan pengujian pada laboratorium untuk mengetahui nilai DO (*Dissolved Oxygen*), BOD (*Biological Oxygen Demand*), konduktivitas, TDS (*Total Dissolved Solid*) dan pH air. Nilai DO, konduktivitas, dan pH air diuji menggunakan multiparameter water. Nilai BOD didapatkan dari selisih antara DO awal dengan DO hari ke-5. Nilai TDS didapatkan dari konversi nilai konduktivitas ke ppm 700 scale.

3.3.3 Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan dalam penelitian ini adalah DO, BOD, TDS, Konduktivitas, suhu, dan pH air. Nilai BOD didapatkan dari selisih antara DO awal sampel dan DO setelah hari kelima (Atima dkk., 2015). Nilai variabel pengamatan TDS didapatkan dari konversi nilai konduktivitas ke *part per million* 700 scale. Pengukuran akan dilakukan selama hari ke 0, 7, dan 14.

3.4 Analisis Data

Berdasarkan data yang diperoleh nantinya akan dianalisis menggunakan sidik ragam pada taraf 5%. Apabila ada pengaruh terhadap perlakuan maka dilanjutkan dengan uji lanjut menggunakan DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) dengan taraf 5%.



BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Rangkuman Sidik Ragam

Hasil penelitian efektivitas beberapa jenis *macrophyta* sebagai fitoremediator air irigasi tercemar di sekitar TPA Taman Krocok Bondowoso disajikan pada Tabel 4.1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa jenis *macrophyta* sebagai fitoremediator berpengaruh nyata terhadap variabel pengamatan konduktivitas, TDS, Ph, pada pengamatan H+7 dan H+14. Beberapa jenis *macrophyta* sebagai fitoremediator berpengaruh nyata terhadap variabel pengamatan DO pada pengamatan H+7 dan BOD pada pengamatan H+14.

Tabel 4. 1 Rangkuman Sidik Ragam

No	Variabel Pengamatan	Nilai F hitung		
		H0	H+7	H+14
1	Konduktivitas	0,00ns	32,78**	16,47**
2	TDS	0,00ns	31,66**	15,77**
3	pH	0,00ns	115,9**	86,64**
		H0	H+7	H+14
4	BOD	0,00ns	-	190,88**
5	DO	0,00ns	4,47*	0,54ns

Keterangan: ** berbeda sangat nyata; * berbeda nyata; (ns) berbeda tidak nyata pada uji lanjut Duncan level signifikan 0,05

Tabel 4.2 Rangkuman Nilai Variabel Pengamatan Sebelum dan Setelah Perlakuan

No	Variabel Pengamatan	Sebelum Perlakuan			
		T0	T1	T2	T3
1	Konduktivitas (µmhos/cm)	998	998	998	998
2	TDS (mg/L)	698,6	698,6	698,6	698,6
3	pH	7,58	7,58	7,58	7,58
4	BOD (mg/L)	3,12	3,11,	3	3,2
5	DO (mg/L)	5,73	5,73	5,73	5,73
No	Variabel Pengamatan	Setelah Perlakuan			
		T0	T1	T2	T3
1	Konduktivitas (µmhos/cm)	952,75 a	1811,75 b	937,5 a	968,75 a
2	TDS (mg/L)	666,92 a	1268,22 b	656,25 a	678,12 a
3	pH	8,77 b	7,65 a	7,59 a	7,61 a
4	BOD (mg/L)	3,2 b	1,12 a	1,75 a	0,27 a
5	DO (mg/L)	7,5 a	7,5 a	7,6 a	7,55 a

4.2 Pengaruh Tanaman *Macrophyta* pada Parameter Total Dissolved Solid (TDS)

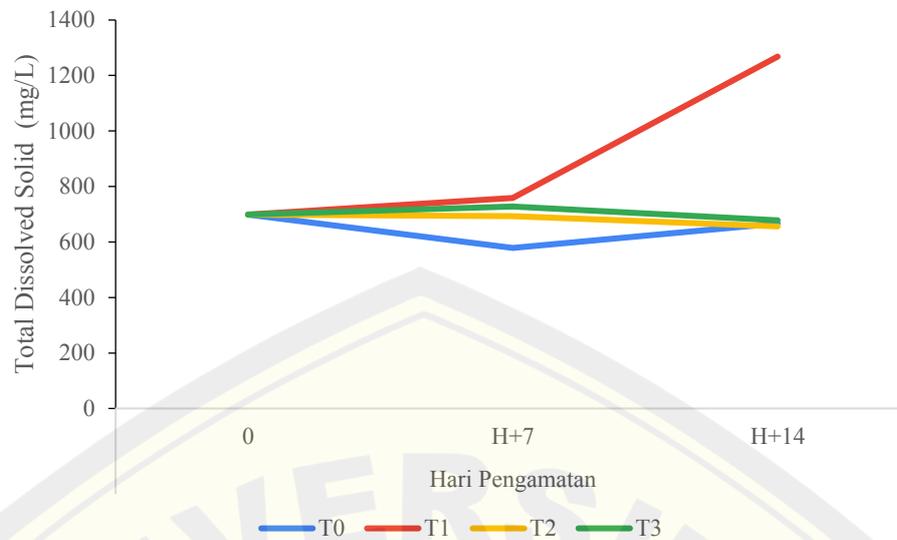
TDS atau *Total Dissolved Solid* adalah suatu parameter yang umumnya digunakan untuk mengukur jumlah total dari semua senyawa terlarut yang terdapat dalam air, termasuk mineral, garam, dan logam. Nilai TDS dapat memberikan informasi penting tentang kualitas air yang diukur. Nilai TDS digunakan untuk mengetahui tingkat tercemarnya air irigasi di sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Taman Krocok Bondowoso. Efektivitas beberapa jenis *macrophyta* diuji sebagai fitoremediator untuk mengurangi kandungan senyawa terlarut dalam air dan meningkatkan kualitas air irigasi di sekitar TPA, maka dengan mengetahui nilai TDS sebelum dan sesudah perlakuan fitoremediasi dapat memberikan informasi efektivitas dari setiap jenis *macrophyta* dalam mengurangi kandungan senyawa terlarut dalam air irigasi tercemar. Hasil penelitian pada parameter pengamatan nilai TDS ditampilkan melalui Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengaruh Tanaman *Macrophyta* pada Parameter Total Dissolved Solid (TDS)

Perlakuan	Hari Pengamatan		
	0	H+7	H+14
T0 (Kontrol/air irigasi)	698,6	578,55 a	666,92 a
T1 (Tanaman eceng gondok)	698,6	758,8 d	1268,22 b
T2 (Tanaman kayu apu)	698,6	692,65 b	656,25 a
T3 (Tanaman mazon frogbit)	698,6	727,82 c	678,12 a

Keterangan : Angka – angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf 5% pada uji DMRT.

Berdasarkan hasil penelitian (Tabel 4.3) menunjukkan bahwa pengamatan pada hari 0 tidak menunjukkan perbedaan signifikan pengaruh tanaman *macrophyta* terhadap parameter *Total Dissolved Solid* (TDS) antara perlakuan T0, T1, T2, dan T3. Pengamatan pada hari ke 7 dan ke 14 menunjukkan perbedaan signifikan antara perlakuan T0, T1, T2, dan T3. Berdasarkan hasil penelitian, nilai TDS pada air irigasi tercemar yang diberi perlakuan dengan tanaman *macrophyta* menunjukkan variasi pada setiap hari pengamatan. Pada hari ke-7 dan ke-14, nilai TDS pada perlakuan T1 memiliki nilai yang paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya.



Gambar 4.1 Pengaruh Tanaman *Macrophyta* pada Parameter Total Dissolved Solid (TDS)

Nilai TDS yang semakin besar menunjukkan konsentrasi padatan terlarut dalam air yang semakin tinggi. Semakin tinggi nilai TDS maka menunjukkan semakin tinggi kandungan padatan terlarut dalam air tersebut. Semakin tinggi nilai TDS pada air irigasi, semakin buruk kualitas air tersebut untuk digunakan dalam berbagai keperluan seperti irigasi tanaman atau konsumsi manusia. Pada hasil pengamatan TDS pada air irigasi tercemar dengan perlakuan tanaman *macrophyta*, terdapat anomali data pada pengamatan hari ke-7 dan ke-14 dimana nilai TDS pada perlakuan kontrol (T0) menunjukkan hasil terbaik dibandingkan dengan perlakuan lainnya (Gambar 4.1). Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti perubahan suhu, curah hujan, atau faktor lingkungan lainnya yang dapat mempengaruhi konsentrasi TDS pada air. Salah satu kemungkinan peningkatan nilai TDS perlakuan T1 pada pengamatan hari ke-7 dan ke-14 adalah adanya penurunan atau kematian tanaman eceng gondok dalam periode pengamatan H+7 hingga H+14. Tanaman yang mengalami kematian maka tidak dapat mengambil nutrisi dan zat terlarut dari air secara efektif, sehingga zat-zat tersebut dapat terakumulasi dan meningkatkan nilai TDS. Penyebab kematian tanaman eceng gondok dapat bervariasi, seperti kurangnya nutrisi yang tersedia, tekanan lingkungan yang tidak sesuai, atau adanya faktor penyakit atau serangan hama.

Faktor-faktor lain yang dapat menyebabkan peningkatan nilai TDS dalam air irigasi pada perlakuan yaitu proses dekomposisi bahan organik. Lingkungan air yang terdapat sumber bahan organik seperti daun, serasah, atau sisa-sisa tanaman lainnya, proses dekomposisi bahan organik tersebut dapat melepaskan zat-zat terlarut ke dalam air dan menyebabkan peningkatan nilai TDS. Faktor selanjutnya yaitu terdapat reaksi kimia antara nutrien dan senyawa dalam air. Adanya interaksi kimia antara nutrien yang terdapat dalam air irigasi dengan senyawa lain, seperti mineral atau garam-garam anorganik dapat menyebabkan pembentukan senyawa baru yang lebih larut dan berkontribusi pada peningkatan nilai TDS. Faktor lain yang dapat menyebabkan peningkatan nilai TDS dalam air irigasi pada perlakuan T1 yaitu penguapan air. Air irigasi yang mengalami penguapan yang signifikan, konsentrasi zat terlarut dalam air akan meningkat karena volume air berkurang, hal ini dapat menyebabkan peningkatan nilai TDS (Arshad dan Shakoor, 2017).

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa penanaman tanaman *macrophyta* dapat mempengaruhi nilai TDS dalam air irigasi. Tanaman tersebut dapat menyerap mineral dan nutrisi yang terlarut dalam air, sehingga mengurangi nilai TDS pada air irigasi. Sebaliknya, jika tanaman tersebut mati atau terdekomposisi, nilai TDS dalam air irigasi dapat meningkat. Penelitian Kustiyaningsih dan Irawanto (2020) mengenai penggunaan tumbuhan *Sagittaria lancifolia* sebagai fitoremediasi menunjukkan bahwa nilai TDS fluktuatif setiap harinya. Fitoremediasi dengan tumbuhan pada konsentrasi 10 ppm dan waktu detensi 7 hari menunjukkan hasil terbaik dengan rerata nilai TDS sebesar 174 mg/L. Febrianda *et al.* (2018) menyatakan bahwa biofilter dengan proses anaerob, aerob, eceng gondok efektif dalam menurunkan TDS pada limbah cair laundry dengan persentase penurunan sebesar 82,18%. Tumbuhan seperti *H. verticillata*, *L. minor*, dan *Sagittaria lancifolia* memanfaatkan akar mereka untuk menyerap TSS dan TDS dalam proses fitoremediasi. Akar yang lebat pada *Sagittaria lancifolia* berperan sebagai tempat mikroorganisme berkembang biak sehingga aktivitas perombakan mikroorganisme pun juga tinggi dalam menurunkan TDS. Proses penurunan TDS memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dalam media tanam,

yang mampu menguraikan bahan-bahan organik maupun anorganik menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana, sehingga akar lebih mudah menyerap bahan-bahan tersebut.

Berdasarkan hasil penelitian data TDS pada air irigasi paling tinggi yaitu 1540 mg/L. Nilai tersebut menunjukkan bahwa air irigasi yang digunakan memiliki kandungan mineral dan ion yang cukup tinggi, namun masih dalam batas aman sesuai dengan standar Permentan LH-5/2014 yaitu sebesar 2000 mg/L. Meskipun nilai TDS air irigasi masih dalam batas aman, namun kandungan mineral dan ion yang tinggi dalam jangka panjang dapat memberikan dampak negatif pada tanaman maupun lingkungan sekitar. Kandungan mineral dan ion yang tinggi dalam air irigasi dapat mempengaruhi ketersediaan nutrisi dan penyerapan air oleh tanaman. Jika kandungan TDS terlalu tinggi, dapat mengakibatkan tanaman mengalami stres akibat adanya ion-ion yang bersifat toksik seperti Na⁺, Cl⁻, atau F⁻. Toksisitas yang terjadi dapat menghambat proses fotosintesis dan pertumbuhan tanaman, serta menyebabkan klorosis atau gangguan pertumbuhan lainnya (Chen *et al.*, 2017). Ghavam (2021) menyatakan bahwa nilai TDS yang tinggi pada air irigasi dapat menghambat pertumbuhan mawar Damask. Tanaman mawar Damask yang ditanam dengan menggunakan air irigasi yang memiliki nilai TDS di atas 2400 mg/L menunjukkan tingkat pertumbuhan yang lebih rendah dibandingkan dengan tanaman yang ditanam dengan menggunakan air irigasi yang memiliki nilai TDS di bawah 2000 mg/L.

Tanaman yang ditanam pada air dengan nilai TDS yang tinggi, konsentrasi ion-ion di dalam air akan lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi ion-ion di dalam tanaman. Selanjutnya akan menyebabkan air yang terdapat di dalam tanaman bergerak keluar untuk mencapai keseimbangan osmosis. Penambahan ion organik dapat meningkatkan nilai TDS di dalam air. Penambahan ion organik dapat terjadi ketika tanaman yang tercemar oleh mineral atau senyawa kimia mengalami kematian dan kemudian menghasilkan ion organik yang meningkatkan nilai TDS di dalam air. Oleh karena itu, perlakuan dengan tanaman yang memiliki nilai TDS tinggi seperti eceng gondok (T1) pada H+7 dan H+14 perlu dilakukan pemantauan agar tidak terjadi peningkatan yang signifikan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kedua perlakuan, yaitu tanaman kayu apu (T2) dan amazon frogbit (T3) terjadi penurunan nilai TDS yang dapat dilihat dari selisih nilai H0 dan H14 yang semakin rendah. Penurunan TDS yang terjadi pada tanaman kayu apu (T2) lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman amazon frogbit (T3). Perbedaan penurunan tersebut dapat disebabkan oleh perbedaan mekanisme pengurangan TDS antara kedua tanaman tersebut. Kayu Apu diketahui memiliki kemampuan untuk menyerap ion-ion logam seperti besi, mangan, dan aluminium, yang biasanya menjadi penyebab meningkatnya nilai TDS dalam air (Joko *et al.*, 2015). Sedangkan amazon frogbit memiliki kemampuan untuk mengambil nutrisi dan mineral dari air, sehingga dapat membantu mengurangi kandungan TDS (Mustafa dan Hayder, 2021).

Berdasarkan hasil penelitian (Gambar 4.1) terdapat peningkatan dan penurunan nilai TDS dari H0 ke H+14 pada setiap perlakuan. Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 4.2 perlakuan kontrol (T0) terjadi penurunan nilai TDS sebesar 4,5%. Sedangkan pada perlakuan tanaman eceng gondok (T1), terjadi peningkatan sebesar 81,7%. Perlakuan tanaman kayu apu (T2) dan tanaman amazon frogbit (T3) terjadi penurunan nilai TDS masing-masing sebesar 5,9% dan 2,9%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan tanaman *macrophyta* dapat mempengaruhi nilai TDS pada air irigasi. Perlakuan terbaik yang mampu menurunkan nilai TDS adalah perlakuan T2 dengan penurunan sebesar 5,9%. Hasil penelitian konsisten dengan temuan yang dilakukan oleh penelitian Elisa dan Irawanto (2020) yang menyatakan bahwa pengukuran TDS juga mengalami penurunan pada kurun waktu 14 hari sebesar 746-779 mg/L dengan rentang persentase penurunan sebesar 2,09%-4,02%. Penurunan persentase TDS tersebut dapat dijelaskan oleh adanya aktivitas tanaman dalam menyerap unsur-unsur terlarut di dalam air yang dapat menurunkan nilai TDS. Selain itu, faktor lain seperti adanya interaksi antara tanaman dan mikroorganisme dalam tanah juga dapat berkontribusi terhadap penurunan nilai TDS. Perbedaan rentang nilai penurunan TDS pada penelitian Elisa dan Irawanto (2020) dan hasil pengamatan pada penelitian ini dapat disebabkan oleh perbedaan sumber air dan jenis tanaman yang digunakan dalam penelitian.

4.3 Pengaruh Tanaman *Macrophyta* terhadap Parameter pH

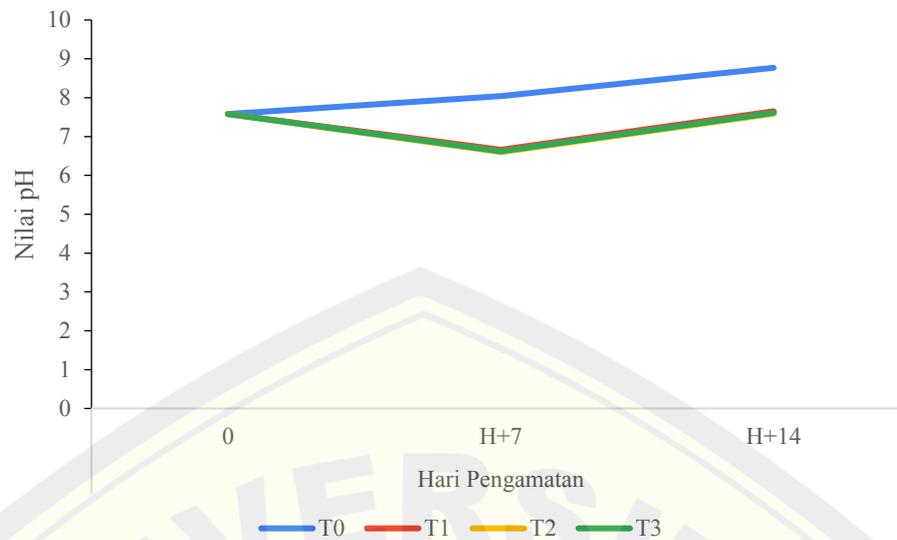
Parameter penting dalam pengamatan pengaruh tanaman *macrophyta* sebagai fitoremediator yaitu nilai pH. Nilai pH adalah salah satu parameter penting dalam memantau kualitas air. Nilai pH dapat mempengaruhi keberadaan organisme dalam air serta proses-proses kimia dalam lingkungan air. Parameter pH air irigasi yang tercemar di sekitar TPA Taman Krocok Bondowoso diamati pada setiap perlakuan yang menggunakan tanaman *macrophyta* sebagai fitoremediasi. Hasil pengamatan nilai pH pada masing-masing perlakuan pada tiap-tiap hari pengamatan disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 4 Pengaruh Tanaman *Macrophyta* terhadap Parameter pH

Perlakuan	Hari Pengamatan		
	0	H+7	H+14
T0 (Kontrol/air irigasi)	7,58	8,04 b	8,77 b
T1 (Tanaman eceng ondok)	7,58	6,66 a	7,65 a
T2 (Tanaman kayu apu)	7,58	6,60 a	7,59 a
T3 (Tanaman amazon frogbit)	7,58	6,62 a	7,61 a

Keterangan : Angka – angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf 5% pada uji DMRT

Berdasarkan hasil penelitian (Tabel 4.4) menunjukkan bahwa terdapat pengaruh signifikan tanaman *macrophyta* (Eceng Gondok, Kayu Apu, dan Amazon Frogbit) terhadap parameter pH dalam air irigasi pada hari ke-7 dan ke-14. Pengamatan hari ke-7, kontrol (T0) dan ketiga perlakuan memiliki pH awal yang sama, yaitu 7,58. Namun, pada hari ke-7 dan ke-14, ketiga perlakuan dengan tanaman *macrophyta* menunjukkan penurunan pH yang signifikan dibandingkan dengan kontrol. Perlakuan tanaman eceng gondok (T1) menunjukkan penurunan pH terbesar pada kedua hari pengamatan, diikuti oleh perlakuan kayu apu (T2) dan amazon frogbit (T3). Meskipun terjadi penurunan pH, namun nilai pH pada ketiga perlakuan masih berada dalam rentang pH yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman yaitu antara 6-7,5. Data penelitian secara umum menunjukkan bahwa tanaman *macrophyta* dapat mempengaruhi tingkat keasaman (pH) pada air irigasi dan memiliki potensi untuk digunakan dalam menjaga kualitas air untuk pertanian.



Gambar 4.2 Pengaruh Tanaman *Macrophyta* terhadap Parameter pH

Nilai pH merupakan salah satu parameter penting dalam analisis kualitas air, tanah, dan lingkungan. Nilai pH merupakan ukuran keasaman atau kebasaan suatu larutan, yang diukur dalam skala 0-14. Nilai pH 7 dianggap netral, pH kurang dari 7 dianggap asam, dan pH lebih dari 7 dianggap basa. Nilai pH pada suatu lingkungan dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti sumber air, keberadaan tumbuhan, suhu, dan keberadaan bahan-bahan kimia tertentu. Berdasarkan hasil penelitian (Gambar 4.2) ketiga perlakuan masih berada dalam rentang pH yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman yaitu antara 6-7.5. Menurut Nastiti dkk., (2019), pH netral pada perairan memiliki nilai antara 7,07-7,77. Jika pH di luar rentang tersebut, maka dapat menyebabkan dampak buruk bagi lingkungan dan organisme hidup di dalamnya. Junaidi dkk. (2021) menyatakan bahwa curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan pH dalam air menjadi asam, karena air hujan yang turun dapat mengandung asam sulfat atau asam nitrat.

Tiga jenis perlakuan tanaman *macrophyta* yang digunakan sebagai perlakuan yaitu eceng gondok, kayu apu, dan amazon frogbit mempunyai pengaruh dari masing-masing perlakuan terhadap pH yang diamati dari nilai pH pada waktu pengamatan H+7 dan H+14 (Tabel 4.2). Berdasarkan data penelitian, nilai pH pada kontrol (T0) pada H+7 adalah 7,58. Sedangkan pada perlakuan T1, T2, dan T3 masing-masing adalah 6,66, 6,60, dan 6,62. Nilai pH tersebut

menunjukkan bahwa penggunaan tanaman *macrophyta* pada penelitian ini memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan nilai pH. Penggunaan tanaman eceng gondok sebagai perlakuan T1 memberikan pengaruh yang paling signifikan terhadap penurunan nilai pH, dengan nilai pH pada H+7 sebesar 6,66. Hal ini dapat dikaitkan dengan kemampuan eceng gondok untuk menyerap unsur-unsur hara dari air, sehingga limbah yang mengandung unsur-unsur tersebut akan mengalami penurunan pH (Vidyawati dan Fitrihidajati, 2019).

Penggunaan kayu apu sebagai perlakuan T2 juga memberikan pengaruh terhadap penurunan nilai pH pada H+7 sebesar 6,60. Pada penelitian lain penggunaan tanaman kayu apu memberikan hasil nilai pH pada hari ke 7 pengamatan adalah sebesar 5,8 – 6,6 (Ayani, 2022). Hal ini dapat dikaitkan dengan mekanisme biosorpsi yang dilakukan oleh kedua jenis tanaman tersebut. Dalam mekanisme ini, tanaman akan menyerap limbah melalui akar dan mengubahnya menjadi senyawa organik yang tidak beracun (Abou-Shanab et al., 2017). Pengaruh perlakuan terhadap pH pada H+14 juga menunjukkan hasil yang serupa dengan pengamatan pada H+7. Namun, pengaruh perlakuan tidak sebesar pada pengamatan pada H+7. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya pengaruh faktor lingkungan lain seperti interaksi antara tanaman dengan bakteri dan mikroorganisme di dalam media tanam (Mandira et al., 2019).

Hasil penelitian secara umum menunjukkan bahwa penggunaan tanaman *macrophyta* sebagai agen fitoremediasi mampu memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan nilai pH pada limbah cair. Nilai pH air irigasi yang dipengaruhi oleh perlakuan dalam penelitian masih memenuhi baku mutu standar air limbah yang ditetapkan oleh Permen LHK no 59 tahun 2016. Penggunaan tanaman sebagai agen fitoremediasi memiliki potensi untuk menghasilkan air irigasi yang aman dan memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan. Standar baku mutu air limbah tersebut dibuat untuk memastikan bahwa air limbah yang dibuang ke lingkungan tidak merusak kualitas lingkungan dan kesehatan manusia. Nilai pH air limbah yang stabil pada rentang 6-9 dapat dianggap netral dan tidak berbahaya bagi lingkungan.

Perubahan pH dalam air irigasi menjadi netral merupakan proses alami yang dapat terjadi karena adanya aktivitas mikroorganisme dan tanaman. Mikroorganisme menggunakan bahan organik dalam air sebagai sumber nutrisi dan energi, sehingga menghasilkan produk sampingan seperti CO₂, NH₃, dan ion H⁺. Ion H⁺ yang dilepaskan oleh mikroorganisme dan hasil respirasi tanaman dapat menyebabkan penurunan pH dalam air. Namun, tanaman juga melakukan aktivitas fotosintesis untuk mengambil karbon dioksida (CO₂) dalam air. Proses ini menghasilkan O₂, yang dapat meningkatkan pH dalam air. Oleh karena itu, perubahan pH dalam air irigasi dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu aktivitas mikroorganisme dan fotosintesis tanaman. Mikroorganisme dapat mempercepat degradasi bahan organik dalam air irigasi dan mengurangi konsentrasi polutan, termasuk senyawa organik beracun dan logam berat. Selain itu, tanaman juga dapat memperbaiki kualitas air melalui aktivitas fitoremediasi, yaitu proses pengambilan dan pengurangan polutan dalam air oleh tanaman (Ojha *et al.*, 2021).

Pengukuran pH air irigasi dilakukan sekaligus dengan pengukuran suhu dalam waktu yang bersamaan, hal ini dilakukan karena suhu air dapat berpengaruh terhadap perubahan nilai pH. Perubahan suhu air berhubungan dengan kenaikan atau penurunan nilai pH (Supriatna dkk., 2020). Kenaikan suhu menyebabkan peningkatan aktivitas molekul-molekul air, sehingga konsentrasi ion hidrogen (H⁺) bertanggung jawab terhadap keasaman dalam air menjadi lebih tinggi. Pengukuran suhu air yang dilakukan secara bersamaan dengan pengukuran pH memberikan informasi yang lebih lengkap mengenai hubungan antara suhu dan nilai pH dalam air irigasi. Hubungan nilai pH dan suhu dapat memberikan informasi mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan pH serta memberikan dasar yang lebih kuat dalam interpretasi hasil pengamatan pH yang diperoleh.

Penjelasan sebelumnya telah dibahas terkait TDS sebagai parameter kualitas air. Tingkat keasaman atau kebasahan air, yang dikenal sebagai pH, dan Total Dissolved Solids (TDS) adalah dua parameter yang saling terkait dalam analisis kualitas air. TDS mengacu pada jumlah total zat terlarut dalam air, termasuk mineral, garam, logam, dan senyawa organik. Sementara itu, pH

mengukur tingkat keasaman atau kebasaan dalam air, yang ditentukan oleh konsentrasi ion hidrogen (H^+) dalam larutan. Hubungan antara TDS dan pH dapat bervariasi tergantung pada komposisi kimia air dan jenis zat terlarut yang dominan. Peningkatan TDS dalam air dapat mempengaruhi pH secara signifikan (Astuti, 2014). Suatu keadaan dimana zat terlarut yang dominan dalam air adalah karbonat atau bikarbonat, konsentrasi yang tinggi dapat berperan sebagai penyangga dan meningkatkan pH air. Sebaliknya, jika air mengandung zat terlarut yang menghasilkan ion hidrogen, seperti asam sulfat, konsentrasi TDS yang tinggi dapat menurunkan pH air (Sari dan Huljana, 2019). Hubungan antara TDS dan pH tidak selalu sederhana. Komposisi mineral air, sumber air, dan proses kimia yang terjadi dalam sistem air tertentu juga dapat mempengaruhi hubungan ini. Misalnya, dalam beberapa kasus, TDS tinggi yang disebabkan oleh konsentrasi tinggi ion natrium dan klorida dapat mengindikasikan pH air yang netral atau sedikit basa (Pratiwi dan Agustiorini, 2023).

4.4 Pengaruh Tanaman Macrophyta pada Parameter Dissolved Oxygen (DO)

Kandungan oksigen terlarut atau *dissolved oxygen* (DO) juga merupakan salah satu parameter penting dalam memantau kualitas air. Kandungan DO dalam air sangat penting bagi keberlangsungan hidup organisme air, karena oksigen diperlukan dalam proses respirasi dan pertumbuhan. Hasil penelitian terkait kandungan DO diamati pada setiap perlakuan yang menggunakan tanaman *macrophyta* sebagai fitoremediasi pada air irigasi yang tercemar di sekitar TPA Taman Krocok Bondowoso. Hasil pengamatan nilai DO pada masing-masing perlakuan pada tiap-tiap hari pengamatan disajikan pada Tabel 4.4.

Berdasarkan hasil penelitian (Tabel 4.5), terdapat pengaruh yang signifikan dari tanaman *macrophyta* terhadap parameter DO (*dissolved oxygen*) dalam air irigasi pada hari ke-7 dan ke-14. Pengamatan hari ke-7, kontrol (T0) dan ketiga perlakuan memiliki nilai DO awal yang sama, yaitu 5,73 mg/L. Namun, pada hari ke-7 dan ke-14, ketiga perlakuan dengan tanaman *macrophyta* menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam nilai DO dibandingkan dengan

kontrol. Perlakuan tanaman eceng gondok (T1) menunjukkan peningkatan tertinggi dalam nilai DO pada kedua hari pengamatan, diikuti oleh perlakuan kayu apu (T2) dan amazon frogbit (T3). Meskipun terjadi peningkatan nilai DO, namun nilai DO pada ketiga perlakuan masih berada dalam rentang yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman yaitu antara 5-10 mg/L. Data penelitian secara umum menunjukkan bahwa tanaman *macrophyta* dapat mempengaruhi kadar DO dalam air irigasi dan dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas air untuk pertanian.

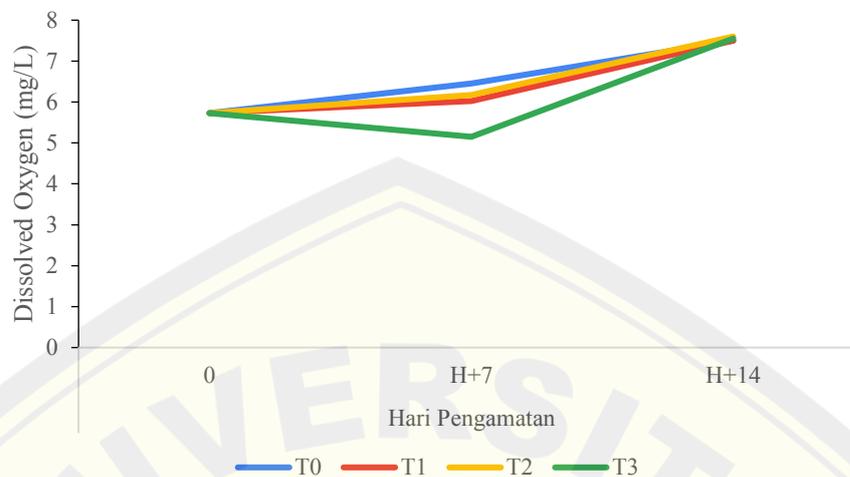
Tabel 4.5 Pengaruh Tanaman *Macrophyta* terhadap Parameter DO (*dissolved oxygen*)

Perlakuan	Hari Pengamatan		
	0	H+7	H+14
T0 (Kontrol/air irigasi)	5,73	6,45 a	7,5
T1 (Tanaman eceng gondok)	5,73	6,02 a	7,5
T2 (Tanaman kayu apu)	5,73	6,17 a	7,6
T3 (Tanaman amazon frogbit)	5,73	5,15 b	7,55

Keterangan : Angka – angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf 5% pada uji DMRT

Parameter DO (*dissolved oxygen*) merupakan salah satu indikator penting dalam mengevaluasi kualitas air. Kandungan oksigen terlarut dalam air sangat penting bagi organisme hidup di dalamnya, seperti ikan dan hewan air lainnya. Berdasarkan hasil penelitian (Gambar 4.3), kontrol (T0) dan ketiga perlakuan menunjukkan nilai DO awal yang sama pada hari ke-0 yaitu sebesar 5,73 mg/L. Namun, pada hari ke-7 dan ke-14, terdapat perbedaan signifikan antara kontrol dan ketiga perlakuan. Perlakuan dengan tanaman amazon frogbit (T3) menunjukkan penurunan signifikan dalam nilai DO pada hari ke-7, sedangkan perlakuan dengan tanaman eceng gondok (T1) menunjukkan peningkatan signifikan dalam nilai DO pada hari ke-14. Menurut Dhote dan Dixit (2009), tanaman air makrofit memiliki peran penting dalam menjaga kualitas air, karena mampu mempengaruhi kandungan oksigen terlarut dan mengurangi pencemaran air. Tanaman air makrofit dapat membantu meningkatkan kandungan oksigen terlarut dalam air dengan cara mempercepat laju fotosintesis dan menghasilkan oksigen dalam jumlah yang cukup untuk memenuhi kebutuhan organisme hidup

di dalam air. Namun, pada saat yang sama, proses dekomposisi materi organik dari tanaman air juga dapat mengurangi kandungan oksigen terlarut dalam air.



Gambar 4.3 Pengaruh Tanaman *Macrophyta* terhadap Parameter DO (*dissolved oxygen*)

Hasil penelitian menunjukkan perlakuan dengan tanaman eceng gondok (T1) dan kayu apu (T2) menunjukkan nilai DO yang tidak berbeda signifikan dengan kontrol pada kedua hari pengamatan. Sedangkan perlakuan dengan tanaman amazon frogbit (T3) menunjukkan penurunan signifikan dalam nilai DO pada hari ke-7. Salah satu pengaruh rendahnya kadar DO pada perlakuan eceng gondok (T1) dan kayu apu (T2) sebab tanaman tersebut lebih cenderung menyerap oksigen dibandingkan menghasilkan oksigen. Pada hasil penelitian lain menunjukkan kadar DO dengan perlakuan kayu apu sebesar 4,87 lebih rendah dibandingkan kontrol sebesar 5,65 (Setyawati dkk., 2021). Meskipun demikian, nilai DO pada ketiga perlakuan masih berada dalam rentang yang sesuai untuk kehidupan organisme hidup di dalam air, yaitu antara 4-15 mg/L (Chaurasia, 2022). Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air menetapkan baku mutu air limbah yang berbeda-beda tergantung pada jenis penggunaan air limbah. Baku mutu air limbah untuk irigasi adalah minimal 3 mg/L untuk DO. Berdasarkan standar tersebut nilai DO dalam sampel air irigasi masih memenuhi baku mutu dan dapat digunakan untuk irigasi tanaman.

Perubahan nilai DO dalam air irigasi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk suhu, tekanan atmosfer, kandungan bahan organik, dan kandungan nutrisi seperti nitrogen dan fosfor. Suhu tinggi dapat menyebabkan oksigen lebih mudah terlepas dari air dan nilai DO cenderung menurun. Tekanan atmosfer juga dapat mempengaruhi nilai DO, dimana semakin tinggi tekanan atmosfer maka semakin tinggi pula nilai DO. Kandungan bahan organik dalam air juga dapat mempengaruhi nilai DO, dimana semakin tinggi kandungan bahan organik maka semakin rendah nilai DO (Kale, 2016). Hal ini sejalan dengan penelitian lain bahwa semakin sedikit kandungan bahan organik menunjukkan nilai oksigen terlarut semakin tinggi (Sari, 2020). Perubahan nilai DO juga bisa disebabkan oleh *Blooming* atau adanya penambahan alga. Penambahan alga dalam air dapat meningkatkan nilai DO karena alga melakukan fotosintesis yang menghasilkan oksigen sebagai produk sampingan. Proses fotosintesis alga menggunakan karbon dioksida dan cahaya matahari untuk menghasilkan oksigen dan gula sebagai sumber energi. Kondisi terlalu banyak alga yang tumbuh dalam air mengakibatkan penurunan nilai DO dikarenakan terjadi peningkatan konsumsi oksigen oleh alga pada malam hari ketika tidak terjadi fotosintesis (Hasan *et al.*, 2023). Selain itu, jika terdapat kelebihan nutrisi yang menyebabkan pertumbuhan alga berlebihan dan menghasilkan eutrofikasi, berdampak pada penurunan nilai DO karena alga yang tumbuh dalam jumlah besar akan mengonsumsi lebih banyak oksigen yang tersedia di dalam air (Wang *et al.*, 2021).

Suhu air dapat berpengaruh terhadap parameter lain dalam kualitas air irigasi termasuk *Dissolved Oxygen* (DO). Penelitian Sidabutar dkk. (2019) menjelaskan bahwa terdapat hubungan signifikan antara perubahan suhu terhadap nilai DO. Pengukuran suhu, DO dan tingkat keasaman pada air digunakan untuk mengetahui reaksi kimia dan proses biologi serta informasi penyebaran organisme perairan, dan respirasi biota perairan yang berpengaruh terhadap proses dekomposisi. Suhu yang ekstrem dapat mempengaruhi ketersediaan nutrisi, kecepatan metabolisme, reproduksi, dan distribusi organisme perairan. Suhu air juga dapat mempengaruhi kelarutan zat-zat kimia dalam air dan proses reaksi kimia yang terjadi di dalamnya. Suhu air dapat mempengaruhi kadar oksigen

terlarut (DO) dalam air. Pada umumnya, air yang lebih dingin memiliki kapasitas untuk menampung lebih banyak oksigen daripada air yang lebih hangat (Kaswinarni, 2007). Penjelasan terkait hubungan invers antara suhu dan DO, di mana peningkatan suhu dapat mengurangi kelarutan oksigen dalam air. Konsep solubilitas oksigen dalam air menjadi dasar dalam faktor yang dipengaruhi oleh suhu.

Dissolved Oxygen (DO) dan pH adalah dua parameter penting yang saling terkait dalam analisis kualitas air. DO mengacu pada jumlah oksigen yang terlarut dalam air, yang sangat penting bagi kelangsungan hidup organisme akuatik, seperti ikan dan makhluk air lainnya. Sementara itu, pH menggambarkan tingkat keasaman atau kebasaan dalam air, yang dapat mempengaruhi berbagai proses biologis dan kimia di dalam ekosistem perairan. Hubungan antara DO dan pH sangat kompleks karena pH air dapat mempengaruhi kelarutan oksigen dalam air (Pratiwi dan Agustiorini, 2023). Ketika pH air meningkat (lebih basa), kelarutan oksigen dalam air menurun. Sebaliknya, ketika pH air menurun (lebih asam), kelarutan oksigen meningkat. Proses ini terjadi karena pH mempengaruhi ion-ion yang ada dalam air, yang pada gilirannya mempengaruhi daya serap oksigen (Aladkk., 2018).

Beberapa faktor yang memengaruhi hubungan DO dan pH di dalam air meliputi temperatur air, tekanan atmosfer, dan aktivitas biologis. Peningkatan suhu air dapat menurunkan kelarutan oksigen, sementara penurunan suhu dapat meningkatkannya. Tekanan atmosfer juga mempengaruhi kelarutan oksigen dalam air, di mana tekanan yang lebih rendah mengurangi kelarutan oksigen. Pemantauan kedua parameter ini secara bersamaan menjadi penting karena tingkat oksigen terlarut yang adekuat sangat penting bagi organisme akuatik dan proses-proses ekologi perairan. Kondisi pH yang ekstrem, baik terlalu tinggi atau terlalu rendah, dapat mengganggu keseimbangan ekosistem perairan dan mengakibatkan kerugian pada biota perairan. Pengukuran DO dan pH harus dilakukan secara bersamaan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih lengkap tentang kondisi kualitas air. Informasi ini sangat relevan untuk memantau kesehatan lingkungan perairan, mengevaluasi dampak aktivitas manusia, dan memastikan keberlanjutan

ekosistem akuatik. Sebagai contoh, studi oleh Supriatna dkk. (2020) menyelidiki hubungan antara DO dan pH dalam lingkungan perairan suatu wilayah dan menunjukkan bahwa keasaman air dapat berpengaruh pada kelarutan oksigen dalam air.

4.5 Pengaruh Tanaman Macrophyta pada Parameter Biological Oxygen Demand (BOD)

Kandungan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) merupakan salah satu parameter penting dalam memantau kualitas air. Kandungan BOD dalam air merupakan indikator tingkat pencemaran organik dan tingkat konsumsi oksigen oleh mikroorganisme dalam air. Semakin tinggi kandungan BOD dalam air, semakin rendah tingkat oksigen terlarut dalam air dan semakin besar kemungkinan terjadinya eutrofikasi pada lingkungan air tersebut. Kandungan BOD diamati pada setiap perlakuan yang menggunakan tanaman *macrophyta* sebagai fitoremediasi pada air irigasi yang tercemar di sekitar TPA Taman Krocok Bondowoso. Hasil penelitian nilai BOD pada masing-masing perlakuan pada tiap-tiap hari pengamatan disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 merupakan data pengaruh tanaman *macrophyta* terhadap parameter *Biological Oxygen Demand* (BOD) pada air irigasi. Pengamatan pada hari ke 14, nilai BOD pada perlakuan kontrol (T0) adalah 3,2 mg/L, sedangkan pada perlakuan dengan tanaman eceng gondok (T1) dan kayu apu (T2), nilai BOD menurun signifikan menjadi 1,12 mg/L dan 1,75 mg/L secara berturut-turut. Sedangkan pada perlakuan dengan tanaman amazon frogbit (T3), nilai BOD menurun paling banyak menjadi 0,27 mg/L. Data pada pengamatan hari ke 14 menunjukkan pengaruh signifikan antar perlakuan dibandingkan pada hari ke 0 pengamatan yang tidak ada pengaruh signifikan semua perlakuan.

Tabel 4.6 Pengaruh Tanaman *Macrophyta* pada Parameter Biological Oxygen Demand (BOD)

Perlakuan	Hari Pengamatan	
	0	H+14
T0 (Kontrol/air irigasi)	3,12	3,2 b
T1 (Tanaman eceng gondok)	3,11	1,12 a

T2 (Tanaman kayu apu)	3	1,75 a
T3 (Tanaman amazon frogbit)	3,2	0,27 a

Keterangan : Angka – angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf 5% pada uji DMRT

Hasil pengukuran BOD menunjukkan bahwa terdapat penurunan nilai BOD pada semua perlakuan yang diamati pada hari ke-14 dibandingkan dengan nilai awal pada hari ke-0. Penurunan ini menunjukkan bahwa tingkat bahan organik dalam sampel air irigasi juga telah menurun, sehingga jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk proses penguraian bahan organik juga menurun. Penurunan nilai BOD yang terjadi pada perlakuan tanaman eceng gondok, kayu apu, dan amazon frogbit dapat dijelaskan oleh adanya proses fitoremediasi. Tanaman eceng gondok dikenal sebagai tanaman yang efektif dalam menyerap zat-zat organik, sedangkan kayu apu dan amazon frogbit mampu menyerap nutrisi seperti nitrogen dan fosfor. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman eceng gondok memiliki pengaruh yang paling signifikan dalam menurunkan nilai BOD, yaitu sebesar 63,90%. Sedangkan tanaman kayu apu memiliki pengaruh penurunan BOD sebesar 41,70%, dan tanaman amazon frogbit memiliki pengaruh penurunan BOD paling tinggi yaitu 91,60%. Hasil ini sesuai dengan penelitian Audiyanti dkk. (2019), di mana ditemukan bahwa tanaman eceng gondok mampu menurunkan nilai BOD pada limbah sungai sebesar 16,25 mg/L dalam waktu 14 hari dengan penurunan mencapai 8,96%.



Gambar 4.4 Pengaruh Tanaman *Macrophyta* pada Parameter Biological Oxygen Demand (BOD)

Berdasarkan hasil penelitian (Gambar 4.4), terdapat pengaruh signifikan tanaman *macrophyta* (Eceng Gondok, Kayu Apu, dan Amazon Frogbit) terhadap parameter *Biological Oxygen Demand* (BOD) dalam air irigasi pada hari ke-14. Pada pengamatan hari ke-14, kontrol (T0) memiliki nilai BOD tertinggi yaitu 3,2 mg/L, sementara ketiga perlakuan menunjukkan penurunan nilai BOD yang signifikan. Perlakuan dengan tanaman eceng gondok (T1) menunjukkan penurunan BOD terbesar yaitu menjadi 1,12 mg/L, diikuti oleh perlakuan kayu apu (T2) dengan nilai 1,75 mg/L, dan amazon frogbit (T3) dengan nilai 0,27 mg/L. Data tersebut menunjukkan bahwa ketiga tanaman *macrophyta* memiliki kemampuan untuk mengurangi nilai BOD dalam air irigasi, dengan nilai BOD terendah terdapat pada perlakuan tanaman amazon frogbit (T3).

Hasil penelitian (Tabel 4.2) menunjukkan pada pengamatan hari ke 14 perlakuan dengan tanaman eceng gondok (T1) dan kayu apu (T2) menunjukkan nilai BOD yang lebih rendah dibandingkan dengan kontrol, meskipun perbedaannya tidak signifikan. Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian Muryani dan Widiarti (2019) bahwa tanaman kayu apu dapat menurunkan kadar BOD dibandingkan kontrol dengan perbedaan yang relatif kecil. Sedangkan perlakuan dengan tanaman amazon frogbit (T3) menunjukkan penurunan yang signifikan dalam nilai BOD pada hari ke-14. Berdasarkan Kep. MENLH Nomor 51/2004, baku mutu BOD untuk perairan bagi keperluan wisata bahari adalah 10 mg/L, sedangkan bagi biota laut baku mutu BOD adalah 20 mg/L. Meskipun demikian, baku mutu BOD tersebut tidak berlaku untuk air irigasi. Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air menetapkan baku mutu air limbah yang berbeda-beda tergantung pada jenis penggunaan air limbah. Baku mutu air limbah untuk irigasi adalah maksimal 3 mg/L untuk DO (Atima, 2015). Berdasarkan standar tersebut, nilai BOD pada sampel air irigasi pada ketiga perlakuan masih jauh di bawah baku mutu dan dapat digunakan untuk irigasi tanaman.

Tingkat keasaman atau kebasaaan air (pH) dan BOD (*Biological Oxygen Demand*) adalah dua parameter penting yang saling terkait dalam menganalisis kualitas air. Kedua parameter ini memiliki pengaruh yang signifikan terhadap

lingkungan perairan dan dapat memberikan informasi penting tentang kondisi ekologis suatu perairan. BOD mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam proses menguraikan bahan organik yang terkandung dalam air. Semakin tinggi konsentrasi bahan organik, semakin tinggi juga BOD, karena mikroorganisme membutuhkan lebih banyak oksigen untuk proses penguraian tersebut. Bahan organik dalam air dapat berasal dari sumber-sumber seperti limbah domestik, industri, atau sisa-sisa organisme yang membusuk.

Kondisi pH pada air dapat mempengaruhi nilai BOD (Santoso, 2018), sebagai contoh pH yang lebih rendah (asam) dapat mempengaruhi aktivitas mikroorganisme pengurai, mengurangi efisiensi proses penguraian, dan pada akhirnya meningkatkan nilai BOD (Shah dan Joshi, 2017). Di sisi lain, kondisi pH yang lebih tinggi (basa) juga dapat mengurangi laju penguraian bahan organik oleh mikroorganisme, yang kemudian dapat meningkatkan nilai BOD. Tingginya nilai BOD dalam suatu perairan menandakan adanya tingkat pencemaran organik yang signifikan. Peningkatan BOD dapat mengakibatkan penurunan kualitas air dan menyebabkan masalah ekologis, seperti penurunan konsentrasi oksigen terlarut dalam air (DO) yang dapat berdampak buruk pada organisme akuatik. Pemantauan dan pengendalian BOD adalah penting dalam upaya menjaga kualitas air yang baik. Pengelolaan limbah yang tepat dan pengurangan bahan organik dalam sumber pencemar dapat membantu mengurangi nilai BOD dan meningkatkan kondisi ekologis perairan (Devi *et al.*, 2017). Selain itu, pengukuran pH secara berkala juga perlu dilakukan untuk memahami hubungannya dengan nilai BOD dan dampaknya pada proses dekomposisi bahan organik dalam air.

4.6 Pengaruh Tanaman Macrophyta terhadap Parameter Konduktivitas

Konduktivitas listrik adalah parameter yang mengukur kemampuan air dalam menghantarkan arus listrik. Nilai konduktivitas air dipengaruhi oleh kandungan ion dalam air, semakin banyak ion dalam air, semakin tinggi nilai konduktivitasnya. Penelitian yang telah dilaksanakan nilai konduktivitas diamati pada setiap perlakuan yang menggunakan tanaman *macrophyta* sebagai

fitoremediasi pada air irigasi yang tercemar di sekitar TPA Taman Krocok Bondowoso. Nilai konduktivitas air yang tinggi dapat mengindikasikan terjadinya pencemaran yang disebabkan oleh bahan-bahan yang mudah terionisasi dalam air. Hasil penelitian nilai konduktivitas pada masing-masing perlakuan pada tiap-tiap hari pengamatan disajikan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Pengaruh Tanaman *Macrophyta* terhadap Parameter Konduktivitas

Perlakuan	Hari Pengamatan		
	0	H+7	H+14
T0 (Kontrol/air irigasi)	998	826,5 a	952,75 a
T1 (Tanaman eceng gondok)	998	1084 d	1811,75 b
T2 (Tanaman kayu apu)	998	989,5 b	937,5 a
T3 (Tanaman amazon frogbit)	998	1039,75 c	968,75 a

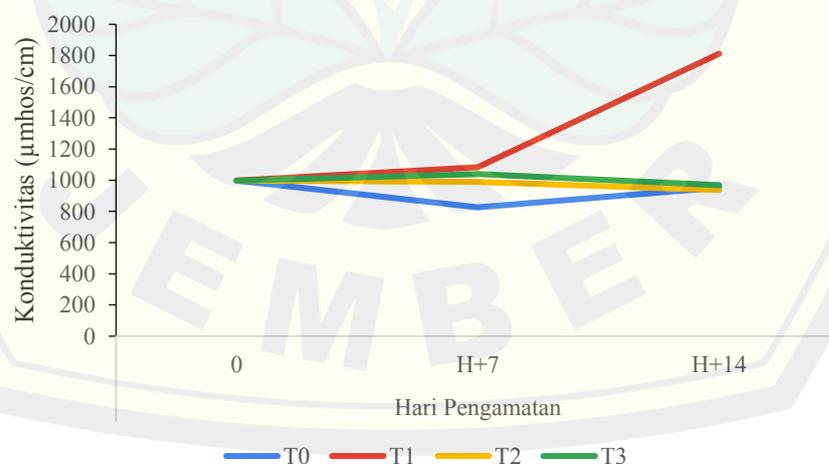
Keterangan : Angka – angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf 5% pada uji DMRT

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan dalam pengaruh tanaman makrofitanya terhadap konduktivitas air pada semua perlakuan pada hari ke-7 dan hari ke-14 (Tabel 4.7). Pengamatan pada H-0 tidak menunjukkan perbedaan signifikan pada semua perlakuan. Perlakuan dengan tanaman eceng gondok (T1) menunjukkan nilai konduktivitas yang paling tinggi pada kedua hari pengamatan, sedangkan perlakuan dengan tanaman kayu apu (T2) menunjukkan nilai konduktivitas yang paling rendah pada hari ke-7 dan kontrol (T0) menunjukkan nilai konduktivitas yang paling rendah pada hari ke-14.

Berdasarkan hasil penelitian (Gambar 4.5) menunjukkan terdapat pengaruh tanaman makrofitanya terhadap parameter konduktivitas air irigasi pada tiga perlakuan (T1, T2, dan T3) dibandingkan dengan kontrol (T0) selama 14 hari. Pengamatan hari ke 0 menunjukkan nilai konduktivitas yang sama pada semua perlakuan yaitu 998 $\mu\text{s/cm}$. Hasil pengamatan pada hari ke-7 pengamatan, nilai konduktivitas air irigasi pada keempat perlakuan berada pada rentang antara 826,5 $\mu\text{s/cm}$ hingga 1197 $\mu\text{s/cm}$. Nilai konduktivitas antara kontrol (826,5 $\mu\text{s/cm}$) dan tiga perlakuan, yaitu T1 (1084 $\mu\text{s/cm}$), T2 (989,5 $\mu\text{s/cm}$), dan T3 (1039,75 $\mu\text{s/cm}$). Pengamatan pada hari ke-14 nilai konduktivitas air irigasi pada keempat perlakuan mengalami penurunan. Perbedaan signifikan terlihat antara kontrol

(952,75 $\mu\text{s/cm}$) dan ketiga perlakuan, yaitu T1 (1811,75 $\mu\text{s/cm}$), T2 (937,5 $\mu\text{s/cm}$), dan T3 (968,75 $\mu\text{s/cm}$). Perlakuan dengan tanaman eceng gondok (T1) menunjukkan kenaikan nilai konduktivitas yang signifikan pada hari ke-14 dibandingkan dengan hari ke-7, sedangkan perlakuan dengan tanaman kayu apu (T2) menunjukkan penurunan nilai konduktivitas yang signifikan pada hari ke-14 dibandingkan dengan hari ke-7 (Tabel 4.2).

Peningkatan nilai konduktivitas pada perlakuan dengan tanaman eceng gondok (T1) dapat disebabkan oleh peningkatan kandungan nutrisi dan mineral dalam air akibat adanya aktivitas metabolisme dan dekomposisi tumbuhan. Pada penelitian semakin lama pengaplikasian tanaman eceng gondok terjadi kenaikan kadar TDS dari 368 ppm menjadi 407 ppm yang berkaitan dengan kenaikan nilai konduktivitas (Widiyanti dkk., 2020). Hal ini berkaitan dengan titik jenuh tanaman dimana tanaman tersebut tidak mampu menyerap kontaminan secara maksimal (Nurfitriana, 2019). Sedangkan pada perlakuan dengan tanaman kayu apu (T2) dan kontrol (T0), tanaman tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada kandungan nutrisi dan mineral dalam air, sehingga nilai konduktivitas relatif stabil. Nilai konduktivitas pada semua perlakuan masih berada dalam kisaran yang sesuai untuk kehidupan organisme hidup di dalam air. Nilai konduktivitas untuk irigasi yang diizinkan berkisar antara 640-2700 $\mu\text{S/cm}$ (Peraturan Menteri Pertanian No. 70/Permentan/SR.140/10/2011).



Gambar 4.5 Pengaruh Tanaman *Macrophyta* terhadap Parameter Konduktivitas

Berdasarkan klasifikasi air irigasi pada Tabel 4.8 (Colorado State University dalam Fitriyah, 2012), nilai konduktivitas air irigasi pada semua perlakuan pada hari ke-7 dan ke-14 berada pada kelas III, yang menunjukkan air tersebut masih dikategorikan sebagai air irigasi yang agak baik (Tabel 4.7). Perlakuan T1 (tanaman eceng gondok) pada hari ke-14 memiliki nilai konduktivitas yang paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya, namun dikategorikan pada klasifikasi yang sama yaitu di kelas III. Nilai tersebut menunjukkan bahwa terdapat peningkatan ion dalam air irigasi yang dapat mempengaruhi kualitas tanaman dan keberhasilan produksi. Perlakuan lainnya pada hari ke-14 juga menunjukkan pada kelas yang sama dengan perlakuan T2 (tanaman kayu apu) memiliki nilai konduktivitas yang paling rendah.

Tabel 4.8 Klasifikasi Air Irigasi Berdasarkan Nilai Konduktivitas

Kelas	DHL ($\mu\text{mhos/cm}$)	Keterangan
I	$0 > 250$	Sangat baik
II	$>250 - 750$	Baik
III	$>750 - 2000$	Agak baik
IV	$>2000 - 3000$	Kurang baik
V	>3000	Kurang sesuai

Sumber: Colorado State University dalam Fitriyah (2012)

Terdapat hubungan antara TDS dan konduktivitas air yang mana keduanya saling mempengaruhi. TDS mencerminkan jumlah total zat terlarut dalam air, termasuk garam, mineral, logam, dan senyawa kimia lainnya. Ketika zat-zat ini terlarut dalam air, mereka memecah menjadi ion-ion yang dapat menghantarkan arus listrik. Konduktivitas air merupakan tolak ukur kemampuan air untuk menghantarkan arus listrik. Semakin tinggi konsentrasi zat terlarut dalam air, semakin banyak ion yang ada di dalamnya, dan semakin baik air tersebut menghantarkan arus listrik. Oleh karena itu, konduktivitas air akan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi TDS (Toruan dkk., 2023).

Kenaikan konduktivitas air akibat peningkatan TDS memiliki implikasi penting dalam analisis kualitas air. Konsentrasi TDS yang tinggi dapat menunjukkan adanya pencemaran atau kontaminasi dalam air, terutama jika zat terlarut tersebut berasal dari sumber-sumber buatan manusia seperti limbah

industri, pertanian, atau domestik (Pratiwi dan Agustiorini, 2023). Pengukuran TDS dan konduktivitas air menjadi penting dalam memantau kualitas air dan mengevaluasi tingkat pencemaran. Parameter ini memberikan indikasi tentang tingkat kepadatan zat terlarut dan kemampuan air untuk menghantarkan arus listrik. Selain itu, pengukuran konduktivitas juga dapat digunakan sebagai alat untuk memperkirakan kandungan TDS dalam air. Pengukuran konduktivitas sering digunakan sebagai metode yang lebih cepat dan praktis untuk memperoleh perkiraan nilai TDS (Kaswinarni, 2007).

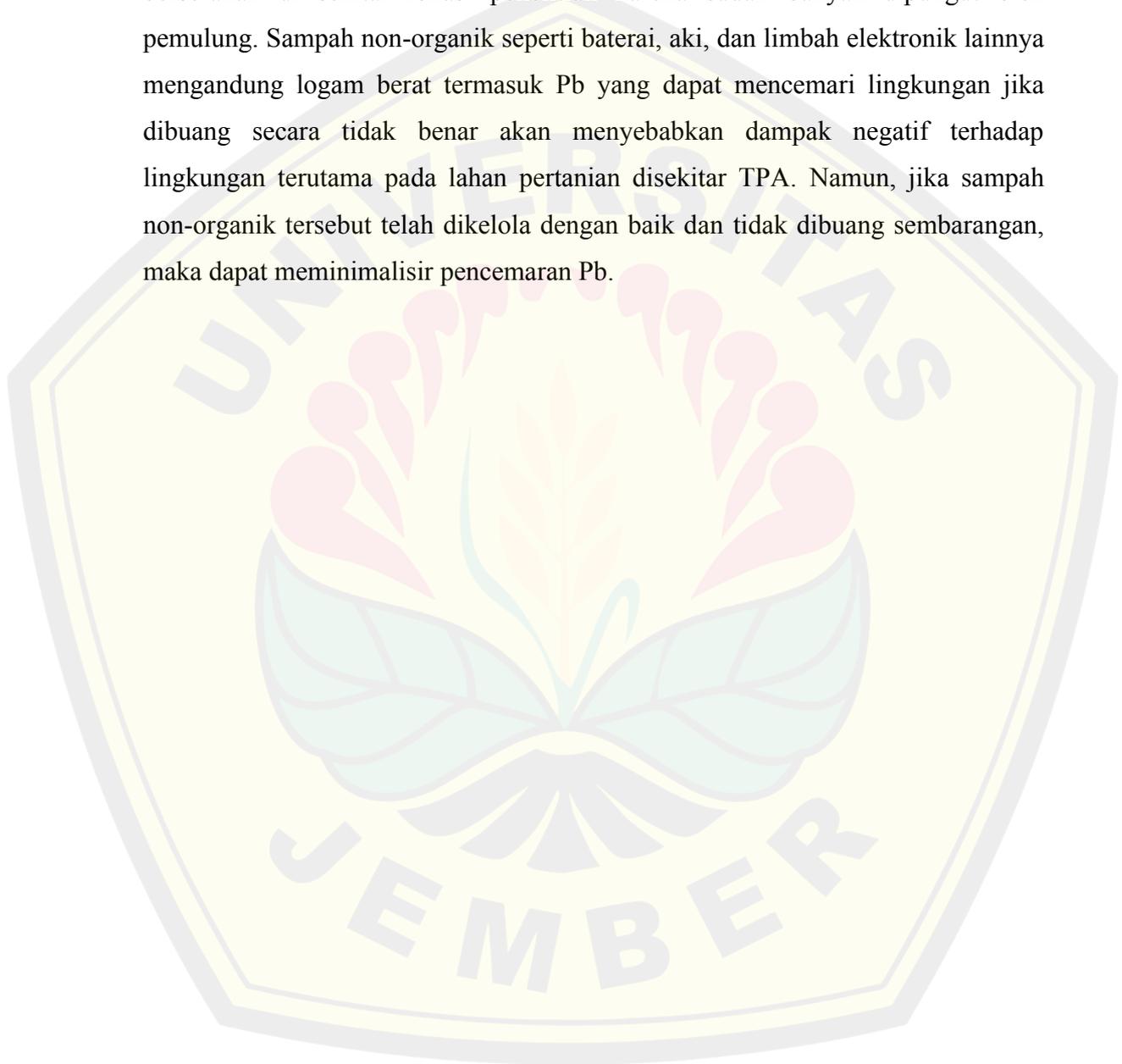
4.7 Pengaruh Tanaman Macrophyta terhadap Parameter Kandungan Pb

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak terdapat kandungan Pb (timbal) yang terdeteksi pada semua perlakuan yang dilakukan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa air irigasi yang digunakan pada penelitian ini tidak mengandung Pb atau kandungan Pb pada air irigasi sangat rendah sehingga tidak terdeteksi pada hasil analisis. Pencemaran Pb dapat dideteksi menggunakan analisis laboratorium dengan berbagai metode, seperti spektrometri massa, spektrofotometri, atau voltametri. Namun, batas deteksi (*detection limit*) Pb bervariasi tergantung pada metode yang digunakan dan sensitivitas alat yang dipakai. Umumnya, batas deteksi yang umum digunakan pada analisis Pb berkisar antara 0,01 hingga 1 ppm (*part per million*) (Wu *et al.*, 2023).

Pb digunakan dalam pembuatan baterai dan soldering pada alat elektronik seperti komputer dan televisi. Ketika baterai atau alat elektronik dibuang, Pb dapat terlepas dan masuk ke dalam tanah dan air, sehingga mencemari lingkungan. Selain itu, Pb juga dapat terlepas dari cat, pembuangan limbah industri, dan bahan bakar kendaraan bermotor. Pb atau timbal adalah zat beracun yang dapat meracuni air irigasi dan berdampak buruk bagi organisme hidup yang mengkonsumsinya. Pb dapat terakumulasi dalam jaringan tumbuhan dan hewan, serta dapat masuk ke dalam sistem pencernaan manusia jika air yang terkontaminasi Pb dikonsumsi (Fadillah *et al.*, 2022).

Lokasi penelitian di sekitar TPA Taman Krocok Bondowoso memiliki potensi tinggi untuk tercemar oleh logam berat, termasuk Pb. Keberadaan TPA di

sekitar lokasi penelitian dapat menjadi sumber pencemaran Pb (timbal). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kandungan Pb pada semua perlakuan tidak terdeteksi. Beberapa faktor yang menyebabkan tidak ada pencemaran Pb yaitu banyaknya pemulung yang cukup efektif memilah sampah elektronik di sekitar lokasi penelitian. Hasil pengamatan secara visual jarang ditemukan sampah yang berserakan di sekitar lokasi penelitian karena sudah banyak dipungut oleh pemulung. Sampah non-organik seperti baterai, aki, dan limbah elektronik lainnya mengandung logam berat termasuk Pb yang dapat mencemari lingkungan jika dibuang secara tidak benar akan menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan terutama pada lahan pertanian disekitar TPA. Namun, jika sampah non-organik tersebut telah dikelola dengan baik dan tidak dibuang sembarangan, maka dapat meminimalisir pencemaran Pb.



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat pengaruh tanaman *macrophyta* sebagai fitoremediator pada air irigasi di sekitar TPA Taman Krocok Bondowoso. Tanaman kayu apu, eceng gondok dan tanaman amazon frogbit mampu memberikan pengaruh nyata terhadap nilai *Total Dissolved Solid* (TDS), Konduktivitas, pH, *Dissolved Oxygen* (DO), dan *Biological Oxygen Demand* (BOD)
2. Secara spesifik, tanaman kayu apu dan amazon frogbit memberikan pengaruh terbaik dalam penurunan nilai *Total Dissolved Solid* (TDS), nilai *Biological Oxygen Demand* (BOD), nilai konduktivitas, meningkatkan nilai *Dissolved Oxygen* (DO) serta menstabilkan nilai pH air irigasi. Hasil ini menunjukkan bahwa Tanaman kayu apu dan Tanaman amazon frogbit memiliki efektivitas yang tinggi sebagai agen fitoremediasi dalam memperbaiki kualitas air irigasi di kawasan pertanian sekitar TPA Taman Krocok Bondowoso. Sedangkan untuk kandungan PB dari hasil penelitian tidak ditemukan pada semua perlakuan yang diuji.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, saran yang dapat diberikan untuk menyempurnakan penelitian berikutnya antara lain:

1. Melakukan uji multilokasi untuk mengetahui apakah hasil dari penerapan tanaman *macrophyta* sebagai fitoremediator dapat diterapkan secara luas.
2. Menggunakan lebih banyak parameter penelitian seperti kandungan nitrat atau kandungan fosfat dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh tanaman *macrophyta* pada parameter lingkungan lainnya.
3. Bagi pengelola TPA Taman Krocok Bondowoso dapat menggunakan kayu apu dan amazon frogbit untuk menurunkan nilai *Total Dissolved Solid* (TDS), konduktivitas, *Biological Oxygen Demand* (BOD), menstabilkan pH air dan meningkatkan nilai *Dissolved Oxygen* (DO).

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, R. A., F. Rachmadiarti, dan Yuliani. 2015. Analisis Kadar Logam Berat Pb dan Pertumbuhan Tanaman Padi di Area Persawahan Dusun Betas, Desa Kapulungan, Gempol-Pasuruan. *Lentera Bio*, 4(3): 187-191.
- Ala, A., Mariah, Y., Zakiah, D., & Fitriah, D. 2018. Analisa Pengaruh Salinitas Dan Derajat Keasaman (pH) Air Laut Di Pelabuhan Jakarta Terhadap Laju Korosi Plat Baja Material Kapal. *Meteor STIP Marunda*, 11(2), 33-40.
- Aran, D. S., Harguinteguy, C. A., Fernandez-Cirelli, A., & Pignata, M. L. 2017. Phytoextraction of Pb, Cr, Ni, and Zn using the aquatic plant *Limnobium laevigatum* and its potential use in the treatment of wastewater. *Environmental Science and Pollution Research*, 24: 18295-18308.
- Arshad, M. dan A. Shakoor. 2017. *Irrigation Water Quality*. Faisalabad: Department of Irrigation and Drainage, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan.
- Astuti, A. D. 2014. Kualitas air irigasi ditinjau dari parameter DHL, TDS, pH pada lahan sawah Desa Bulumanis Kidul Kecamatan Margoyoso. *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan dan IPTEK*, 10(1), 35-42.
- Astuti, A. D., & Titah, H. S. 2021. Studi Fitoremediasi Polutan Minyak Bumi di Wilayah Pesisir Tercemar Menggunakan Tumbuhan Mangrove (Studi Kasus: Tumpahan Minyak Mentah Sumur YYA-1 Pesisir Karawang Jawa Barat). *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), F111-F116.
- Ayani, S. 2022. Efisiensi pengolahan limbah cair tailing bauksit menggunakan tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes*). *JURLIS: Jurnal Rekayasa Lingkungan Tropis Teknik Lingkungan Universitas Tanjungpura*, 3(1), 45-55.
- Billah, A. R., Moelyaningrum A. D., dan Prehatin Trirahayu N. 2020. *Phytheremediasi Chromium Total (Cr-T) Menggunakan Kayu Apu (Pistia Stratiotes L.) pada Limbah Cair Batik*. *Jurnal Biologi Udayana*. 24(1): 47-54.
- Chen, W., Jin, M., Xian, Y., & Ferré, T. P. 2017. Combined effect of sodium chloride and boron in irrigation water on cotton growth. *Agronomy Journal*, 109(4), 1388-1396.
- De Araujo, L. G., Vieira, L. C., Canevesi, R. L. S., da Silva, E. A., Watanabe, T., de Padua Ferreira, R. V., & Marumo, J. T. 2022. Biosorption of uranium

from aqueous solutions by *Azolla* sp. and *Limnobium laevigatum*. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(30), 45221-45229.

Devi, P. A., Padmavathy, P., Aanand, S., & Aruljothi, K. 2017. Review on water quality parameters in freshwater cage fish culture. *International Journal of Applied Research*, 3(5), 114-120.

Dhote, S., & Dixit, S. 2009. Water quality improvement through macrophytes—a review. *Environmental monitoring and assessment*, 152, 149-153.

Djo, Y. H. W., Suastuti, D. A., Suprihatin, I. E., dan Wahyu D. S. 2017. Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Untuk Menurunkan COD dan Kandungan Cu dan Cr Limbah Cair Laboratorium Analitik Universitas Udayana. *Cakra Kimia*. 5(2): 137-144.

Fadillah, M., Andarwulan, N., & Faridah, D. N. 2022. Consumption of Drinking Water and Its Contribution to Lead (Pb) Exposure in Toddlers Nutritional Status in Indonesia. *Jurnal Mutu Pangan: Indonesian Journal of Food Quality*, 9(1): 36-44.

Febrianda, E., Harahap, S., & Purwanto, E. 2018. Efektivitas penggunaan biofilter dengan proses anaerob, aerob, eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) untuk menurunkan kadar TSS, TDS pada limbah cair laundry. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Perikanan dan Ilmu Kelautan*, 5(1), 1-10.

Fitriyah, A. 2012. Dampak Limbah Cair Pabrik Gula dan Pabrik Spiritus (PGPS) Madukismo Terhadap Produktivitas Padi di Desa Tirtonirmolo Kecamatan Kasihan Kabupaten Bantul. *Skripsi*. Program Studi Pendidikan Geografi. Fakultas Ilmu Sosial. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.

Ghavam, M. 2021. Relationships of irrigation water and soil physical and chemical characteristics with yield, chemical composition and antimicrobial activity of Damask rose essential oil. *PLoS One*, 16(4), e0249363.

Hanapi, N. A. 2019. Pengaruh Masa Panen Terhadap Kadar Vitamin C Kangkung Air (*Ipomea aquatica*) yang Terpapar Logam Berat Cd (Cadmium) Untuk Pembuatan LKPS Biologi: The Effects of Harvesttime on Vitamin-c Levels of Water Exposed to Heavy Metal Cd for the Manufacture of Biological LKPS. *BIODIK*, 5(3), 250-261.

Handayanto, E., Y. Nuaraini, N. Syam, dan A. Fiqri. 2017. *Fitoremediasi dan Phytomoning Logam Berat Pencemar Tanah*. Malang: UB. Press.

- Hasan, R., M. S. Islam, Kundu, dan U. K. Mallick. 2023. Modeling the Effects of Algal Bloom on Dissolved Oxygen in Eutrophic Water Bodies. *Journal of Mathematics*, 1(1): 1-10.
- Irhamni., A. Pandia, E. Purba, dan W. Hasan. 2017. Kandungan Logam Berat pada Air Lindi tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Kota Banda Aceh. Prosiding Seminar Nasional Pasca Sarjana Unsyiah: 14-22.
- Isni, N. N., A. Sungkowo, dan I. W. Widiarti. 2019. Upaya Teknis Rehabilitasi TPA Sampah Kopi Luhur dengan Sistem Lahan Urug Terkendali. *Ilmiah Lingkungan Kebumihan*, 2(1): 24-33.
- Joko, T., Dangiran, H. L., & Dewanti, N. A. Y. 2015. The Effectiveness of plant *Pistia stratiotes* weight to reduction of heavy metal content Chromium (Cr) waste at batik home industry in Regency of Pekalongan. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)*, 24(2), 45-54.
- Juhri, D. A. 2017. Pengaruh Logam Berat (Kadmium, Kromium, Dan Timbal) Terhadap Penurunan Berat Basah Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica* Forsk) Sebagai Bahan Penyuluhan Bagi Petani Sayur. Lentera Pendidikan Pusat Penelitian LPPM UM Metro. 2(2): 219-229.
- Juhriah, dan M. Alam. 2016. Fitoremediasi Logam Berat Merkuri (Hg) pada Tanah dengan Tanaman *Celosia Plumosa* (Voss) Burv. *Biologi Makassar*, 1(1): 1-8.
- Kabutey, T. F., J. Ding., Q. Zhao., P. Antwi., dan F. Koblah. Q. 2020. Electrical current generation from a continuous flow macrophyte biocathode sediment microbial fuel cell (mSMFC) during the degradation of pollutants in urban river sediment. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09812-y>
- Kale, V. S. 2016. Consequence of temperature, pH, turbidity and dissolved oxygen water quality parameters. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, 3(8), 186-190.
- Kaswinarni, F. 2007. *Kajian teknis pengolahan limbah padat dan cair industri tahu studi kasus industri tahu tandang semarang, sederhana kendal dan gagal sipat boyolali* (Doctoral dissertation, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro).
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2016. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 59 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Jakarta.

- Khaer, Ain., dan Evi Nursyafitri. 2017. Kemampuan Metode Kombinasi Filtrasi Fitoremediasi Tanaman Teratai dan Eceng Gondok dalam menurunkan Kadar BOD dan COD Air Limbah Industri Tahu. *Jurnal Sulolipu*. 17(2): 11-18.
- Kustiyaningsih, E., & Irawanto, R. 2020. Pengukuran Total Dissolved Solid (TDS) Dalam Fitoremediasi Deterjen Dengan Tumbuhan *Sagittaria lancifolia*. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 7(1), 143-148.
- Laily, S., Yanuwiyadi, B., dan Catur R. 2017. *The Role of Local Hydromacrophytes in Leachate Phytoremediation Performed Using Constructed Wetland System*. *J.Exp. Life Sci*. 7(1): 32-38.
- Muryani, E., & Widiarti, I. W. 2019. Kadar BOD dan COD Air Lindi dengan Perlakuan Fitoremediasi Tanaman Teratai (*Nymphaea Sp.*) dan Apu-Apu (*Pistia stratiotes L.*)(Studi Kasus TPA Jetis Purworejo). *Jurnal Mineral, Energi, dan Lingkungan*, 2(2), 72-86.
- Mustafa, H. M., & Hayder, G. 2021. Recent studies on applications of aquatic weed plants in phytoremediation of wastewater: A review article. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 355-365.
- Nagarajan, R., S. Thirumalaisamy, and E. Lakshumanan. 2012. Impact of leachate on groundwater pollution due to non-engineered municipal solid waste landfill sites of erode city, Tamil Nadu, India. *Research Article*, 9(35): 1-12
- Nurfitriana, F. 2019. *Fitoremediasi Air Tercemar Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Apu-Apu (Pistia stratiotes) dengan Sistem Kontinyu*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.
- Ojha, N., Karn, R., Abbas, S., & Bhugra, S. 2021. Bioremediation of industrial wastewater: A review. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 796(1): 012012.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. 2014. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.20/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2014 tentang Baku Mutu Air Untuk Irigasi.
- Peraturan Menteri Pertanian. 2011. Peraturan Menteri Pertanian No. 70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang Pedoman Teknis Pengendalian Mutu dan Pengujian Laboratorium dalam Pengendalian Mutu Benih. Kementerian Pertanian.

- Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Piranti, A. S., Sudarmadji, A. Maryono, S. Hadisusanto. 2012. Penentuan Kriteria Nutrien untuk Penilaian Status Trofik Perairan Waduk Mrica Banjarnegara, Indonesia. *Manusia dan Lingkungan*, 19(2): 184-192.
- Pratiwi, I., & Agustiorini, I. 2023. Penurunan Nilai pH, COD, TDS, TSS Pada Air Sungai Menggunakan Limbah Kulit Jagung Melalui Adsorben. *Jurnal Redoks*, 8(1): 55-62.
- Putra, A. F. A., I. W. Diara, dan Wiyanti. 2017. Fitoremediasi Air Irigasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) dan Teratai (*Nymphae sp.*) di Subak Sembung Kelurahan Peguyangan Denpasar Utara. *Agroekoteknologi Tropika*, 6(2): 206-217.
- Rezagama, A., M. Hadiwidodo, P. Purwono, N. F. Ramadhani, dan M. Yustika. 2016. Penyisihan Limbah Organik Air Lindi TPA Jatibarang menggunakan Koagulasi-Flokulasi Kimia. *Teknik*, 37(2): 78-83.
- San Juan MRF, Alborno CB, Larsen K, Najle R. 2018. Bioaccumulation of heavy metals in *Limnium laevigatum* and *Ludwigia peploides*: their phytoremediation potential in water contaminated with heavy metals. *Environ Earth Sci* 77:1–8. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7566-4>
- Santoso, A. D. 2018. Keragaan Nilai DO, BOD dan COD di Danau Bekas Tambang Batu bara. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(1).
- Sari, M., & Huljana, M. 2019. Analisis bau, warna, TDS, pH, dan salinitas air sumur gali di tempat pembuangan akhir. *ALKIMIA: Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*, 3(1), 1-5.
- Sari, S. V. 2020. Pengaplikasian Kayu Apu (*Pistia stratiotes L*) Dalam Menurunkan Kadar BOD, COD dan TSS Pada Limbah Cair Laboratorium Di RSUD Besuki Kabupaten Situbondo. *Jurnal Keperawatan Profesional*, 8(1), 26-39.
- Sarie, H. 2019. Potensi bahaya kontaminasi logam berat di lahan bekas tambang batubara yang digunakan sebagai lahan pertanian. *Bul. Loupe*, 15(02), 37-41.
- Sasaqi, D., Yahdi, dan L. Krismayanti. 2016. Pengaruh Tingkat Ph, Fosfat, Nitrat, dan Ammonium Terhadap Pertumbuhan Eceng Gondok Di Perairan Bendungan Batujai, Kabupaten Lombok Tengah. *Biologi dan Pendidikan Biologi*, 8(1): 156-174.

- Setyawati, F.D., Silviana, L., Ulfa, N., Fitrihidajati, H., Rachmadiarti, F. & Putri, I.L.E., 2021. Kemampuan Kiambang atau Kayu Apu (*Pistia stratiotes pito*) sebagai Agen Fitoremediasi LAS (Linear Alkybenzene Sulphonate) Detergen. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, 1(2): 1123-1130.
- Shah, K. A., & Joshi, G. S. 2017. Evaluation of water quality index for River Sabarmati, Gujarat, India. *Applied Water Science*, 7, 1349-1358.
- Sidabutar, E. A., Sartimbul, A., & Handayani, M. 2019. Distribusi suhu, salinitas dan oksigen terlarut terhadap kedalaman di Perairan Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, 3(1), 46-52.
- Soheti, P., Sumarlin, L, O., dan Marisi, D. P. 2020. Fitoremediasi Limbah Radioaktif Cair Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) Untuk Menurunkan Kadar Torium. *EKSPLORIUM*, 41(2), 139-150.
- Supriatna, M., Mahmudi, M., & Musa, M. 2020. Model pH dan Hubungannya dengan Parameter Kualitas Air pada Tambak Intensif Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Banyuwangi Jawa Timur. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, 4(3), 368-374.
- Susanto, J. P., S. P. Ganefati, S. Muryani, dan S. H. Istiqomah. 2004. Pengolahan Lindi (Leachate) dari TPA Dengan Sistem Koagulasi-Biofilter Anaerobic. *Teknologi Lingkungan P3TL-BPPT*, 5(3): 1-10.
- Toruan, P. L. T. L., Margareta, B., Jumarni, A., Pratiwi, S. S., & Atina, A. 2023. Pengaruh Temperatur Air Terhadap Konduktivitas Dan Total Dissolved Solid. *Jurnal Kumparan Fisika*, 6(1), 11-16.
- Vidyawati, D. S dan H. Fitrihidajati. 2019. Pengaruh Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) melalui Pengenceran terhadap Kualitas Limbah Cair Industri Tahu. *Lentera Bio*, 8(2): 113-119.
- Wang, Q., Li, X., Yan, T., Song, J., Yu, R., & Zhou, M. 2021. Laboratory simulation of dissolved oxygen reduction and ammonia nitrogen generation in the decay stage of harmful algae bloom. *Journal of Oceanology and Limnology*, 39(2), 500-507.
- Widiyanti, A., Oktavia, L., & Setiawan, A. 2020. Fitoteknologi Pengolahan Limbah Cair Depo Pemasaran Ikan (DPI) Kabupaten Sidoarjo Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Kangkung Air (*Ipomoea aquatic*). *Journal of Research and Technology*, 6(2), 227-236.
- Wu, D., Hu, Y., Cheng, H., & Ye, X. 2023. Detection Techniques for Lead Ions in Water: A Review. *Molecules*, 28(8), 3601.

LAMPIRAN



Lampiran 1. Aklimatisasi tanaman



Lampiran 2. Pengambilan sampel di TPA Taman Krocok



Lampiran 3. Peletakan tanaman pada reaktor penelitian



Lampiran 4. Penempatan sampel sesuai denah pengacakan



Lampiran 5. Pengambilan sampel air lindi



Lampiran 6. Uji Laboratorium sampel air lindi



Lampiran 7. Kerontokan pada akar tanaman



Lampiran 8. Penguapan sampel air lindi



NOMOR SERTIFIKAT : 042/LP.CDAST/III/2023
 CERTIFICATE NUMBER : 042
 NOMOR ORDER : 042
 ORDER NUMBER : 042
 NAMA SAMPEL : Air Lindi
 SAMPLE NAME : Air Lindi
 BENTUK SAMPEL : Cair
 TYPE OF SAMPLE : Cair
 JUMLAH SAMPEL : 2
 NUMBER OF SAMPLES : 2

TANGGAL TERIMA SAMPEL : 2 Maret 2023
 DATE OF SAMPLE RECEIVING : 2 Maret 2023
 TANGGAL PENGUJIAN : 13 Maret 2023
 DATE OF TESTING : 13 Maret 2023
 SUHU RUANGAN : 24.8 °C
 TEMPERATURE OF ROOM : 24.8 °C
 KELEMBABAN RUANGAN : 61%
 HUMIDITY OF ROOM : 61%

HASIL ANALISA
 ANALYSIS RESULT

No	Kode Sampel	Parameter	Hasil	Satuan	Metode Uji
1	TH01	Pb	0	ppm	Flame Photometry
2	TH02		0		

- Catatan:**
 Notes
- Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji
The result of this test only apply to the samples tested
 - Sertifikat ini tidak boleh diperbanyak tanpa izin dari koordinator mutu
This certificate can not be duplicated without quality coordinator approval
 - Komplain terhadap hasil pengujian hanya dilayani dalam batas waktu 14 hari terhitung sejak sertifikat ini diterima
Complaints about the test results are only served within a period of 14 days since the date this certificate is received



Diterbitkan Tanggal : 15 Maret 2023
 Date issued

Penyelia
 Supervisor

 Purnama Okhwardani, SP, MP

Lampiran 9. Hasil Pengujian Kandungan Pb Pengamatan H-0

NOMOR SERTIFIKAT : 050/LP.CDAST/II/2023 TANGGAL TERIMA SAMPEL : 16 Maret 2023
 CERTIFICATE NUMBER : 050 DATE OF SAMPLE RECEIVING : 16 Maret 2023
 NOMOR ORDER : 050 TANGGAL PENGUJIAN : 20 Maret 2023
 ORDER NUMBER : 050 DATE OF TESTING : 20 Maret 2023
 NAMA SAMPEL : Air Lindi SUHU RUANGAN : 24.8 °C
 SAMPLE NAME : Air Lindi TEMPERATURE OF ROOM : 24.8 °C
 BENTUK SAMPEL : Cair KELEMBABAN RUANGAN : 61%
 TYPE OF SAMPLE : Cair HUMIDITY OF ROOM : 61%
 JUMLAH SAMPEL : 4
 NUMBER OF SAMPLES : 4

HASIL ANALISA
 ANALYSIS RESULT

No	Kode Sampel	Parameter	Hasil	Satuan	Metode Uji
1	T0	Pb	0.0000	ppm	Flame Photometry
2	T1		0.0000		
3	T2		0.0000		
4	T3		0.0000		

- Catatan: 1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji
 Notes: The result of this test only apply to the samples tested
 2. Sertifikat ini tidak boleh diperbanyak tanpa izin dari koordinator mutu
 This certificate can not be duplicated without quality coordinator approval
 3. Komplain terhadap hasil pengujian hanya dilayani dalam batas waktu 14 hari terhitung sejak sertifikat ini diterima
 Complaints about the test results are only served within a period of 14 days since the date this certificate is received

Diterbitkan Tanggal : 20 Maret 2023
 Date Issued



Penyelia :
 Supervisor :
 Purnama Oklandari, SP., MP

Lampiran 10. Hasil Pengujian Kandungan Pb Pengamatan H-14

NOMOR SERTIFIKAT : 060/LP.CDAST/II/2023 TANGGAL TERIMA SAMPEL : 17 Maret 2023
 CERTIFICATE NUMBER : 060 DATE OF SAMPLE RECEIVING : 17 Maret 2023
 NOMOR ORDER : 060 TANGGAL PENGUJIAN : 20 Maret 2023
 ORDER NUMBER : 060 DATE OF TESTING : 20 Maret 2023
 NAMA SAMPEL : Air Lindi SUHU RUANGAN : 24.8 °C
 SAMPLE NAME : Air Lindi TEMPERATURE OF ROOM : 24.8 °C
 BENTUK SAMPEL : Cair KELEMBABAN RUANGAN : 61%
 TYPE OF SAMPLE : Cair HUMIDITY OF ROOM : 61%
 JUMLAH SAMPEL : 4
 NUMBER OF SAMPLES : 4

HASIL ANALISA
 ANALYSIS RESULT

No	Kode Sampel	Parameter	Hasil	Satuan	Metode Uji
1	T0U2	Pb	0.0000	ppm	Flame Photometry
2	T1U2		0.0000		
3	T2U2		0.0000		
4	T3U2		0.0000		

- Catatan: 1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji
 Notes: The result of this test only apply to the samples tested
 2. Sertifikat ini tidak boleh diperbanyak tanpa izin dari koordinator mutu
 This certificate can not be duplicated without quality coordinator approval
 3. Komplain terhadap hasil pengujian hanya dilayani dalam batas waktu 14 hari terhitung sejak sertifikat ini diterima
 Complaints about the test results are only served within a period of 14 days since the date this certificate is received

Diterbitkan Tanggal : 30 Maret 2023
 Date Issued



Penyelia :
 Supervisor :
 Purnama Oklandari, SP., MP

Perlakuan	Ulangan				Total	Rata-rata
	U1	U2	U3	U4		
T0	998	998	998	998	3992	998
T1	998	998	998	998	3992	998
T2	998	998	998	998	3992	998
T3	998	998	998	998	3992	998
Total	3992	3992	3992	3992	15968	
Rata-rata	998	998	998	998		998

Nilai Konduktivitas Pengamatan H-0

Perlakuan	Ulangan				Total	Rata-rata
	U1	U2	U3	U4		
T0	843	807	831	825	3306	826,5
T1	1137	1107	1042	1050	4336	1084
T2	1004	981	962	1011	3958	989,5
T3	984	1015	1020	1140	4159	1039,75
Total	3968	3910	3855	4026	15759	
Rata-rata	992	977,5	963,75	1006,5		984,938

Nilai Konduktivitas Pengamatan H-7

Perlakuan	Ulangan				Total	Rata-rata
	U1	U2	U3	U4		
T0	974	908	936	993	3811	952,75
T1	2330	2090	1369	1458	7247	1811,75
T2	936	943	935	936	3750	937,5
T3	919	953	962	1041	3875	968,75
Total	5159	4894	4202	4428	18683	
Rata-rata	1289,75	1223,5	1050,5	1107		1167,69

Lampiran 11. Nilai Konduktivitas

Perlakuan	Ulangan				Total	Rata-rata
	U1	U2	U3	U4		
T0	699	699	699	699	2796	699
T1	699	699	699	699	2796	699
T2	699	699	699	699	2796	699
T3	699	699	699	699	2796	699
Total	2796	2796	2796	2796	11184	
Rata-rata	699	699	699	699		699

Nilai TDS Pengamatan H-0

Perlakuan	Ulangan				Total	Rata-rata
	U1	U2	U3	U4		
T0	590,1	564,9	581,7	577,5	2314,2	578,55
T1	795,9	774,9	729,4	735	3035,2	758,8
T2	702,8	686,7	673,4	707,7	2770,6	692,65
T3	688,8	710,5	714	798	2911,3	727,825
Total	2777,6	2737	2698,5	2818,2	11031,3	
Rata-rata	694,4	684,25	674,625	704,55		689,456

Nilai TDS Pengamatan H-7

Perlakuan	Ulangan				Total	Rata-rata
	U1	U2	U3	U4		
T0	681,8	635,6	655,2	695,1	2667,7	666,925
T1	1631	1463	958,3	1020,6	5072,9	1268,23
T2	655,2	660,1	654,5	655,2	2625	656,25
T3	643,3	667,1	673,4	728,7	2712,5	678,125
Total	3611,3	3425,8	2941,4	3099,6	13078,1	
Rata-rata	902,825	856,45	735,35	774,9		817,381

Lampiran 12. Nilai TDS

Perlakuan	Ulangan				Total	Rata-rata
	U1	U2	U3	U4		
T0	7,58	7,58	7,58	7,58	30,32	7,58
T1	7,58	7,58	7,58	7,58	30,32	7,58
T2	7,58	7,58	7,58	7,58	30,32	7,58
T3	7,58	7,58	7,58	7,58	30,32	7,58
Total	30,32	30,32	30,32	30,32	121,28	
Rata-rata	7,58	7,58	7,58	7,58		7,58

Nilai pH Pengamatan H-0

Perlakuan	Ulangan				Total	Rata-rata
	U1	U2	U3	U4		
T0	7,85	8,23	8,18	7,9	32,16	8,04
T1	6,67	6,62	6,63	6,74	26,66	6,665
T2	6,35	6,65	6,65	6,78	26,43	6,6075
T3	6,34	6,58	6,67	6,92	26,51	6,6275
Total	27,21	28,08	28,13	28,34	111,76	
Rata-rata	6,8025	7,02	7,0325	7,085		6,985

Nilai pH Pengamatan H-7

Perlakuan	Ulangan				Total	Rata-rata
	U1	U2	U3	U4		
T0	8,44	9,07	8,88	8,72	35,11	8,7775
T1	7,74	7,66	7,65	7,57	30,62	7,655
T2	7,54	7,62	7,62	7,58	30,36	7,59
T3	7,6	7,55	7,68	7,64	30,47	7,6175
Total	31,32	31,9	31,83	31,51	126,56	
Rata-rata	7,83	7,975	7,9575	7,8775		7,91

Lampiran 13. Nilai pH

Perlakuan	Ulangan				Total	Rata-rata
	U1	U2	U3	U4		
T0	5,73	5,73	5,73	5,73	22,8	5,73
T1	5,73	5,73	5,73	5,73	22,8	5,73
T2	5,73	5,73	5,73	5,73	22,8	5,73
T3	5,73	5,73	5,73	5,73	22,8	5,73
Total	22,8	22,8	22,8	22,8	91,68	
Rata-rata	5,73	5,73	5,73	5,73		5,73

Nilai DO Pengamatan H-0

Perlakuan	Ulangan				Total	Rata-rata
	U1	U2	U3	U4		
T0	7,5	7,6	5,4	5,3	25,8	6,45
T1	6,4	5,8	6	5,9	24,1	6,025
T2	6,2	6,9	5,9	5,7	24,7	6,175
T3	5,6	5	5,4	4,6	20,6	5,15
Total	25,7	25,3	22,7	21,5	95,2	
Rata-rata	6,425	6,325	5,675	5,375		5,95

Nilai DO Pengamatan H-7

Perlakuan	Ulangan				Total	Rata-rata
	U1	U2	U3	U4		
T0	7,1	7,5	7,7	7,7	30	7,5
T1	7,5	7,5	7,5	7,5	30	7,5
T2	7,5	7,7	7,6	7,6	30,4	7,6
T3	7,6	7,6	7,5	7,5	30,2	7,55
Total	29,7	30,3	30,3	30,3	120,6	
Rata-rata	7,425	7,575	7,575	7,575		7,5375

Lampiran 14. Nilai DO

Perlakuan	Ulangan				Total	Rata-rata
	U1	U2	U3	U4		
T0	3,12	3,43	3,11	3,11	12,77	3,1925
T1	3,11	3,33	3,12	3,1	12,66	3,165
T2	3	3,1	3,2	3,2	12,5	3,125
T3	3,2	3,3	3,33	3,12	12,95	3,2375
Total	12,43	13,16	12,76	12,53	50,88	
Rata-rata	3,1075	3,29	3,19	3,1325		3,18

Nilai BOD Pengamatan H-0

Perlakuan	Ulangan				Total	Rata-rata
	U1	U2	U3	U4		
T0	2,9	3,5	3,2	3,2	12,8	3,2
T1	1	1,5	1	1	4,5	1,125
T2	1,8	2,2	1,5	1,5	7	1,75
T3	0,5	0,2	0,2	0,2	1,1	0,275
Total	6,2	7,4	5,9	5,9	25,4	
Rata-rata	1,55	1,85	1,475	1,475		1,5875

Lampiran 15. Nilai BOD

Lampiran 16. Hasil annova dan uji lanjut parameter penelitian H+7

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TDS	Between Groups	74215.688	3	24738.563	26.758	.000
	Within Groups	11094.250	12	924.521		
	Total	85309.938	15			
PH	Between Groups	5.943	3	1.981	60.604	.000
	Within Groups	.392	12	.033		
	Total	6.335	15			
Nilai Konduktivitas	Between Groups	151764.188	3	50588.063	26.867	.000
	Within Groups	22594.750	12	1882.896		
	Total	174358.938	15			
Nilai Dissolved oxygen	Between Groups	3.785	3	1.262	2.338	.125
	Within Groups	6.475	12	.540		
	Total	10.260	15			

Hasil annova parameter penelitian TDS, pH, Konduktivitas, dan DO H+7

TDS

Duncan^a

Perlakuan Tanaman	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Tanpa tanaman	4	578.7500		
Tanaman Kayu Apu	4		692.7500	
Tanaman Amazon Frogbit	4		728.0000	728.0000
Tanaman Eceng gondok	4			758.7500
Sig.		1.000	.127	.178

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

Hasil uji lanjut parameter TDS H+7

PHDuncan^a

Perlakuan Tanaman	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Tanaman Kayu Apu	4	6.6075	
Tanaman Amazon Frogbit	4	6.6275	
Tanaman Eceng gondok	4	6.6650	
Tanpa tanaman	4		8.0400
Sig.		.677	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

Hasil uji lanjut parameter pH H+7

Nilai KonduktivitasDuncan^a

Perlakuan Tanaman	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Tanpa tanaman	4	826.5000		
Tanaman Kayu Apu	4		989.5000	
Tanaman Amazon Frogbit	4		1039.7500	1039.7500
Tanaman Eceng gondok	4			1084.0000
Sig.		1.000	.127	.175

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

Hasil uji lanjut parameter konduktivitas H+7

Nilai Dissolved oxygenDuncan^a

Perlakuan Tanaman	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Tanaman Amazon Frogbit	4	5.1500	
Tanaman Eceng gondok	4	6.0250	6.0250
Tanaman Kayu Apu	4	6.1750	6.1750
Tanpa tanaman	4		6.4500
Sig.		.084	.452

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

Hasil uji lanjut parameter DO H+7

Lampiran 17. Hasil annova dan uji lanjut parameter penelitian H+14

ANOVA

Hasil Biological Oxygen Demand

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	13.469	3	4.490	54.976	.000
Within Groups	.653	8	.082		
Total	14.123	11			

Hasil annova parameter penelitian BOD H+14

Hasil Biological Oxygen Demand

Duncan^a

Perlakuan	Tanaman	Subset for alpha = 0.05			
Macrophyta	N	1	2	3	4
Amazon Frogbit	3	.3000			
Eceng Gondok	3		1.1667		
Kayu Apu	3			1.8333	
Tanpa Tanaman	3				3.2000
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Hasil uji lanjut parameter BOD H+14

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Nilai Potential Hydrogen	Between Groups	4.022	3	1.341	66.633	.000
	Within Groups	.241	12	.020		
	Total	4.264	15			
Nilai Konduktivitas	Between Groups	2214308.188	3	738102.729	13.034	.000
	Within Groups	679557.250	12	56629.771		
	Total	2893865.438	15			
Nilai Total dissolved solids	Between Groups	1085011.012	3	361670.337	13.034	.000
	Within Groups	332983.053	12	27748.588		
	Total	1417994.064	15			

Hasil uji lanjut parameter Ph, Konduktivitas, dan TDS H+14

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Hasil DO Hari Ke-14					
Between Groups	.027	3	.009	.407	.751
Within Groups	.270	12	.023		
Total	.298	15			

Hasil annova DO H+14

Nilai Potential Hydrogen

Duncan^a

Perlakuan Tanaman	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Tanaman Kayu Apu	4	7.5900	
tanaman Amzon Frogbit	4	7.6175	
Tanaman Eceng Gondok	4	7.6550	
Tanpa Tanaman	4		8.7775
Sig.		.549	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

Hasil uji lanjut parameter pH H+14

Nilai Konduktivitas

Duncan^a

Perlakuan Tanaman	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Tanaman Kayu Apu	4	937.5000	
Tanpa Tanaman	4	952.7500	
tanaman Amzon Frogbit	4	968.7500	
Tanaman Eceng Gondok	4		1811.7500
Sig.		.863	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

Hasil uji lanjut parameter konduktivitas H+14

Nilai Total dissolved solidsDuncan^a

Perlakuan Tanaman	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Tanaman Kayu Apu	4	656.2500	
Tanpa Tanaman	4	666.9250	
tanaman Amzon Frogbit	4	678.1250	
Tanaman Eceng Gondok	4		1268.2250
Sig.		.863	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

Hasil uji lanjut parameter TDS H+14

Hasil DO Hari Ke-14Duncan^a

Perlakuan	Tanaman	N	Subset for alpha =
			0.05
Macrophyta			1
Tanpa Tanaman		3	7.5000
Eceng Gondok		3	7.5000
Amazon Frogbit		3	7.5500
Kayu Apu		3	7.6000
Sig.			.273

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Hasil uji lanjut parameter DO H+14