



**EFEKTIVITAS FITOREMEDIASI AIR LINDI TEMPAT
PEMROSESAN AKHIR SAMPAH TALANGAGUNG
KEPANJEN MENGGUNAKAN INDIKATOR DIATOM
BENTIK**

SKRIPSI

oleh

ADINDA AIMATUL MURSYIDAH
165090101111021



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2020**



**EFEKTIVITAS FITOREMEDIASI AIR LINDI TEMPAT
PEMROSESAN AKHIR SAMPAH TALANGAGUNG
KEPANJEN MENGGUNAKAN INDIKATOR DIATOM**

BENTIK

SKRIPSI

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
dalam Bidang Biologi**

oleh

ADINDA AIMATUL MURSYIDAH

165090101111021



JURUSAN BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2020



HALAMAN PENGESAHAN PROPOSAL SKRIPSI
EFEKTIVITAS FITOREMEDIASI AIR LINDI TEMPAT
PEMROSESAN AKHIR SAMPAH TALANGAGUNG
KEPANJEN MENGGUNAKAN INDIKATOR DIATOM
BENTIK

ADINDA AIMATUL MURSYIDAH
165090101111021


Telah dipertahankan di depan Majelis Penguji
Pada tanggal 19 Juni 2020
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Sains dalam Bidang Biologi

Menyetujui
Pembimbing

Dr. Catur Retnaningdyah, M.Si
NIP. 19680103 199103 2 002

Mengetahui
Ketua Program Studi S-I Biologi
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya




Dian Saswanto, S.Si., M.Sc., M.Si., Ph.D
NIP. 19770320 200501 1 002



HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Adinda Aimatul Mursyidah
NIM : 165090101111021
Jurusan : Biologi
Penulis Skripsi berjudul : Efektivitas Fitoremediasi Air Lindi
Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Talangagung Kepanjen
Menggunakan Indikator Diatom Benthik

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah benar-benar karya saya sendiri dan bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam Daftar Pustaka Skripsi ini semata-mata digunakan sebagai acuan/referensi.
2. Apabila kemudian hari diketahui isi Skripsi saya merupakan hasil plagiat, maka saya bersedia menanggung akibat hukum dari keadaan tersebut.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran

Malang, 30 Juni 2020

Yang menyatakan

Adinda Aimatul Mursyidah
165090101111021



PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skrripsi ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar Pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.



Efektivitas Fitoremediasi Air Lindi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Talangagung Kepanjen Menggunakan Indikator Diatom Bentik

Adinda Aimatul Mursyidah, Catur Retnaningdyah
Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Brawijaya
2020

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini menentukan perubahan kualitas fisika kimia air lindi TPA Talangagung yang diberi perlakuan fitoremediasi menggunakan polikultur *Alternanthera paronychioides*, *Cyperus iria*, dan *Lepironia articulata* melalui pemantauan diatom bentik sebagai bioindikator. Penelitian *true experiment* ini menggunakan lima perlakuan yaitu polikultur tiga tanaman dengan luas tutupan 25%, 50% dan 75%, substrat dengan air lindi, dan air lindi tanpa substrat masing-masing empat ulangan. Aklimatisasi tumbuhan dilakukan pada bak berisi substrat pasir dan kerikil setinggi lima cm dan 10 cm dengan pemberian air sumur. Air sumur selanjutnya diganti dengan air lindi sebanyak 18 L. Substrat diatom bentik berupa keramik ukuran 10x10 diletakkan pada saat awal pemberian air lindi. Kualitas air lindi dipantau tiap empat hari sekali selama 12 hari (suhu air, suhu udara konduktivitas, dan BOD). Sampel diatom pada substrat diambil pada hari ke-12. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi suhu udara, air, BOD dan konduktivitas air selama proses fitoremediasi yaitu (berturut turut 29°C - 31°C ; 28°C - 23°C ; 139-385 mg/L; dan $>2,020$ mS/cm), dan mampu menurunkan lebih dari 50% BOD pada polikultur 25%. Proses fitoremediasi mampu meningkatkan jumlah taksa dan kelimpahan total Diatom. Berdasarkan INP spesies yang dominan yaitu *Synedra* sp (polikultur 25-75%). Proses fitoremediasi selama 12 hari berdasarkan nilai H telah mampu meningkatkan kualitas air dari *heavily polluted* menjadi *Lightly polluted*. Meskipun berdasarkan nilai TDI masih termasuk kategori eutrofik sampai hipereutrofik. Tingkat pencemaran bahan organik berdasarkan % PTV menurun dari tercemar sangat berat menjadi tercemar bahan organik ringan (perlakuan 50 dan 75%) dan sedang (perlakuan 25%).

Kata kunci: Air lindi, diatom, fitoremediasi, PTV, TDI



Effectiveness of Leachate Phytoremediation Process of Talangagung Kepanjen Sanitary Landfill Using Benthic Diatoms Indicators

Adinda Aimatul Mursyidah, Catur Retnaningdyah

Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Science

Universitas Brawijaya

2020

ABSTRACT

The aim of this study was to determine changes in the physical and chemical quality of the Talangagung landfill leachate which were treated with phytoremediation using polyculture *Alternanthera paronychioides*, *Cyperus iria*, and *Lepironia articulata* through monitoring benthic diatoms as bioindicators. This true experiment study used five treatments are three plants polyculture with 25%, 50% and 75% cover area, substrate with leachate water, and leachate water without substrates. Plant acclimation is carried out in a tub containing sand and gravel substrates as high as 5 cm and 10 cm by providing well water. The well water is then replaced with 18 L. leachate with benthic diatom substrates in the form of 10x10 ceramic placed at the beginning of leachate. Leachate water quality is monitored every 4 days for 12 days (water temperature, conductivity temperature, and BOD). Diatom samples on the substrate were taken on the 12th day. The results showed that variations in air temperature, water, BOD and water conductivity during the phytoremediation process were small (successively 29^oC-31^oC; 28^oC -23^oC; 139-385 mg / L; and > 2,020 mS / cm), and poluculture 25% can reduce more than 50% BOD levels. Phytoremediation process can increase the number of taxa and the total abundance of Diatoms. Based on the dominant INP species, *Synedra* sp (25-75% polycrystalline). Phytoremediation process for 12 days based on H value has been able to improve water quality from heavily polluted to Lightly polluted. Although based on TDI values are still in the eutrophic to hypereutrophic categories. The level of pollution of organic matter based on % PTV decreased from being heavily polluted to mildly polluted organic matter (50% and 75% treatment) and moderate (25% treatment).

Keywords: diatoms, leachate, phytoremediation, PTV, TDI



DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Wisata Edukasi Talangagung Kepanjen	4
2.2 Air Lindi	5
2.3 Pengolahan Air Lindi dengan Fitoremediasi.....	6
2.4 Hidromakrofitanya yang Berpotensi menjadi Agen Fitoremediasi	9
2.5 Diatom Bentik	9
BAB III METODE PENELITIAN	11
3.1 Waktu dan Tempat	11
3.2 Lokasi Pengambilan Sampel Air Lindi	11
3.3 Rancangan Penelitian	11
3.4 Aklimatisasi Air Lindi dan Penanaman Hidromakrofitanya	12
3.5 Pengukuran Kualitas Lingkungan	14
3.6 Pengambilan Sampel Diatom Bentik	14
3.7 Analisis data	14
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Profil Kualitas Air Lindi	17



4.2 Profil Struktur Komunitas Diatom Bentik pada Beberapa Perlakuan Fitoremediasi Air Lindi	21
4.3 Pengelompokan Kualitas Air Hasil Proses Fitoremediasi Selama 12 Hari Berdasarkan Analisis Klaster dan Biplot	26
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	29
5.1 Kesimpulan	29
5.2 Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN	32



DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1	Kualitas Air Lindi Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan.....	6
2	Parameter Peengukuran Kualitas Lingkungan.....	14



DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1	Pintu Masuk TPA Wisata Edukasi Talangagung.....	4
2	Padatan Sampah di TPA Wisata Edukasi Talangagung	5
3	Perlakuan Pasca Panen pada Tanaman setelah Fitoremediasi	7
4	Proses Mekanisme Dekontaminasi	7
5	Mekanisme <i>Phytoextraction</i>	8
6	Lokasi TPA yang Menghasilkan Air Lindi	12
7	Kerangka Operasional Penelitian	13
8	Suhu Udara pada Beberapa Perlakuan.....	17
9	Suhu Air pada Beberapa Perlakuan	18
10	BOD pada Beberapa Perlakuan	19
11	Tingkat Penurunan Kadar BOD Setelah Proses Fitoremediasi Selama 12 Hari	20
12	<i>Taxa Richness</i> dan Kerapatan Total Diatom Bentik	21
13	Indeks Keceragaman dan Indeks Dominansi	22
14	Indeks Nilai Penting	23
15	Indeks Diversitas Shannon Wiener (H').....	24
16	Indeks TDI (<i>Trophic Diatom Index</i>).....	25
17	<i>Percentage Pollution Tolerant Value</i> (%PTV).....	26
18	Analisis Cluster Perlakuan Fitoremediasi Air Lindi.....	27
19	Analisis Biplot Perlakuan Fitoremediasi Air Lindi	27



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor		Halaman
1	Uji Normalitas Tiap Waktu Pantau.....	32
2	Uji Beda Parameter Suhu Air... ..	34
3	Uji Normalitas Kadar BOD.....	37
4	Uji Penurunan Kadar BOD.....	38
5	Foto Pengamatan Hari ke-0.....	40
6	Foto Pengamatan Hari ke-4.....	41
7	Foto Pengamatan Hari ke-8.....	42
8	Foto Pengamatan Hari ke-12.....	43



DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

<u>Simbol/singkatan</u>	<u>Keterangan</u>
<i>A. paronychioides</i>	<i>Alternanthera paronychioides</i>
BOD	<i>Biochemical Oxygen Demand</i>
B3	Bahan Berbahaya dan Beracun
<i>C. iria</i>	<i>Cyperus iria</i>
DO	<i>Dissolved Oxygen</i>
H'	Diversitas Shanon Wiener
Id	Indeks Dominansi
INP	Indeks Nilai Penting
<i>L.articulata</i>	<i>Lepironia articulata</i>
mg/l	miligram/liter
TDI	<i>Trophic Diatom Index</i>
TPA	Tempat Pemrosesan Akhir
%PTV	<i>Percentage Pollution Tolerant Value</i>



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah wisata edukasi Talangagung Kepanjen Kabupaten Malang merupakan TPA sampah dengan sistem *controlled landfill* dan *sanitary landfill*. TPA ini menerapkan teknologi tepat guna persampahan, dan tempat pembelajaran dalam meningkatkan pengembangan pengolahan sampah berwawasan lingkungan, selain itu pada tahun 2010 telah dikembangkan pemanfaatan gas methane yang dimanfaatkan masyarakat disekitar TPA dengan radius 1 km. Pemantauan di TPA Talangagung meliputi pengujian tingkat pencemaran air akibat air lindi sumur pantau, pencemaran tanah akibat timbunan sampah (jipp, 2016).

TPA Wisata Edukasi Talangagung menghasilkan air lindi yang digunakan untuk mempercepat pembusukan sampah dengan cara disiramkan ke tumpukan sampah. Air lindi merupakan cairan berwarna hitam pekat dan bau tidak sedap yang umumnya mengandung bahan organik dan anorganik tinggi (Peng, 2017). Air lindi berasal dari endapan sisa buangan sampah, sehingga memiliki kandungan kimia yang kompleks. Menurut peraturan Pemerintah Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No.59 tahun 2016 tentang baku mutu lindi Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah memiliki kadar pH 6-9, BOD 150 mg/L.

Fitoremediasi merupakan upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan kadar polutan, dengan memanfaatkan tanaman hijau yang dapat tumbuh dan bersifat toleran sebagai penyerap polutan dalam air lindi (Priadie, 2012). Pencemaran akibat air lindi kemungkinan dapat terjadi karena sifat air yang mudah meresap melalui pori-pori tanah.

Kandungan polutan seperti logam berat dapat memberikan efek toksik bagi organisme, karena menyebabkan efek oksidatif dengan pembentukan radikal bebas sehingga dapat menyebabkan kerusakan dan kematian sel, selain itu dampak buruk yang terjadi pada tumbuhan yaitu pengurangan atau penurunan pertumbuhan tanaman, klorosis daun, nekrosis daun, mempengaruhi mikroorganisme tanah



sehingga menurunkan unsur hara dalam tanah, untuk itu diperlukan pengolahan seperti fitoremediasi air lindi di TPA Wisata Edukasi Talangagung Kepanjen menggunakan beberapa hidromakrofitanya yang berpotensi menjadi agen fitoremediasi sehingga dapat meningkatkan kualitas air lindi, dan perlu untuk dilakukan karena menurunkan kadar organik dalam air lindi. Banyak jenis hidromakrofitanya yang berpotensi menjadi agen fitoremediasi, seperti polikultur *Ludwigia hyssopifolia*, *Ludwigia adscendes*, *Alternanthera sessilis* yang mampu meningkatkan kualitas air yang tercemar (Khinanty & Retnaningdyah, 2017) selain itu tanaman ini merupakan hidromakrofitanya lokal sehingga tidak akan memberi dampak negatif bagi ekosistem lokal. Peningkatan kualitas air lindi dapat diketahui dengan mengukur fisika kimia air, dan biologi menggunakan diatom bentik sebagai bioindikator. Diatom bentik merupakan bagian dari perfiton yang dapat digunakan sebagai indikator biologi untuk mengetahui adanya pencemaran dalam suatu perairan, dan berperan menjadi produsen sebagai penghasil bahan organik dan oksigen. Diatom memiliki cangkang dari silika yang sulit untuk dihancurkan sehingga memudahkan dalam proses pengawetan, penyimpanan dan pengamatan, serta penyebaran diatom bentik sangat luas, tetapi belum banyaknya penelitian menggunakan diatom sebagai bioindikator. Berdasarkan uraian di atas penelitian ini diperlukan untuk menentukan efektivitas penggunaan beberapa polikultur hidromakrofitanya pada proses fitoremediasi air lindi di TPA Talangagung Kepanjen berdasarkan parameter fisika kimia serta berdasarkan keanekaragaman dan indeks diatom bentik sebagai bioindikator kualitas air.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian adalah:

1. Bagaimana kualitas fisika kimia air lindi TPA Talangagung yang diberi perlakuan proses fitoremediasi menggunakan polikultur *Alternanthera paronychioides*, *Cyperus iria*, dan *Lepironia articulata* selama 12 hari ?
2. Bagaimana peningkatan kualitas air lindi hasil proses fitoremediasi tersebut berdasarkan diatom bentik sebagai bioindikator ?



1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah:

1. Menentukan perubahan kualitas fisika kimia air lindi TPA Talangagung yang diberi perlakuan proses fitoremediasi menggunakan polikultur *Alternanthera paronychioides*, *Cyperus iria*, dan *Lepironia articulata* selama 12 hari
2. Menganalisis kualitas air lindi hasil proses fitoremediasi berdasarkan beberapa indeks biotik dari diatom benthik sebagai bioindikator.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini adalah:

1. Bagi bidang Ilmu pengetahuan, dapat digunakan sebagai informasi terkait peran hidromakrofit lokal sebagai agen fitoremediasi air lindi, peran diatom benthik sebagai bioindikator kualitas air lindi, dan kualitas air berdasarkan parameter fisika kimia.
2. Bagi masyarakat, hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai informasi mengenai efektivitas penggunaan hidromakrofit untuk mengurangi pencemaran air lindi dalam skala besar.
3. Bagi pemerintah atau pengelola TPA Wisata Edukasi Talangagung, dapat dijadikan sebagai rekomendasi pengolahan air lindi dengan fitoremediasi dalam skala besar.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Wisata Edukasi Talangagung Kapanjen

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah wisata edukasi Talangagung Kapanjen Kabupaten Malang merupakan TPA sampah dengan sistem *controlled landfill* dan *sanitary landfi* (Gambar 1). Cara kerja *sanitary landfill* yaitu sampah dipadatkan dan telah dilengkapi saluran untuk mengalirkan air lindi dengan metan sebagai hasil dari pengolahan sampah. TPA ini dijadikan sebagai lokasi wisata edukasi dan laboratorium penerapan teknologi tepat guna persampahan, dan tempat pembelajaran untuk meningkatkan motivasi pelajar dan mahasiswa dalam mengembangkan pengolahan sampah berwawasan lingkungan (Gambar 2), selain itu pada tahun 2010 telah dikembangkan model *prototype* pemanfaatan gas *methane* yang dimanfaatkan masyarakat disekitar TPA dengan radius 1 km, sebelum inovasi tersebut diterapkan banyak masalah yang terjadi di TPA sampah misalnya transisi kehidupan masyarakat pedesaan ke perkotaan, karakter masyarakat yang beragam, lemahnya partisipasi masyarakat, dan kurangnya kepedulian keberadaan TPA sampah. Pemantauan yang dilakukan di TPA talangagung meliputi pengujian tingkat pencemaran air akibat air lindi, sumur pantau, pencemaran tanah akibat timbunan sampah, efisiensi dan prosedur keamanan, diklat, dan studi banding (jipp, 2016).



(TimesInd, 2018)

Gambar 1. Pintu Masuk TPA Wisata Edukasi Talangagung



(Dokumentasi pribadi)

Gambar 2. Padatan Sampah di TPA Wisata Edukasi Talangagung

TPA Wisata Edukasi Talangagung yang berada di wilayah Kepanjen Malang telah menampung air lindi pada kolam buatan yang selanjutnya diproses melalui empat tahap, yaitu (1) Proses anaerob; (2) aerasi dan pemberian dan pemberian koagulan; (3) sedimentasi atau pengendapan; dan (4) *outlet*, merupakan pemompaan air lindi untuk dikembalikan pada sel tumpukan sampah sebagai resirkulasi (Khinanty & Retnaningdyah, 2017).

2.2 Air Lindi

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) di Indonesia umumnya menggunakan metode *open dumping*, yang berarti sampah akan ditumpuk pada daerah yang terbuka dan saat hujan tiba maka akan menghasilkan air lindi. Air lindi (*leachate*) merupakan rembesan cairan berwarna hitam dan memiliki bau yang tidak sedap, karena berasal dari endapan sisa pembuangan sampah. Limbah organik dan anorganik yang terkandung dalam air lindi dapat berupa sisa logam, sampah rumah tangga seperti plastik, kertas, sisa makanan yang membusuk, dan sampah industri. Kandungan bahan organik dan anorganik pada air lindi berupa amonia, nitrit, logam berat, nitrogen. Jika air lindi tidak ditangani dengan baik, dapat meresap dalam tanah kemudian mencemari air tanah di sekitar *landfill* (Arief, 2016). Logam berat merupakan unsur logam yang dapat bersifat racun bagi hewan maupun tumbuhan meskipun dalam konsentrasi rendah,



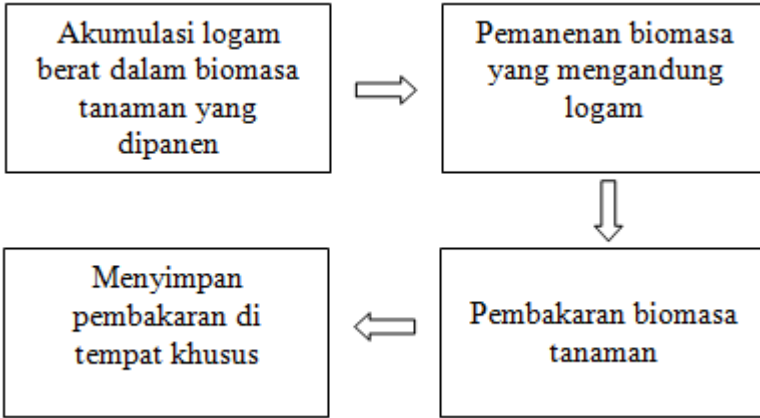
contohnya merkuri (Hg), kadmium (Cd), arsen (As), talium (Tl), dan timbal (Pb) yang berbahaya bagi organisme sehingga diperlukan pengolahan lanjutan (Eko dkk., 2017). Kualitas air lindi telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Tabel 1).

Tabel 1. Kualitas air lindi berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan

Parameter	Nilai	Satuan
pH	6-9	-
BOD	150	mg.L ⁻¹
COD	300	mg.L ⁻¹
TSS	100	mg.L ⁻¹
N total	60	mg.L ⁻¹
Merkuri	0,005	mg.L ⁻¹
Kadmium	0,1	mg.L ⁻¹

2.3 Pengolahan Air Lindi dengan Fitoremediasi

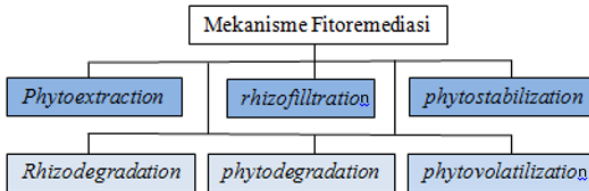
Fitoremediasi merupakan konsep menggunakan tumbuhan atau asosiasi mikroba tanah untuk mengurangi bahan pencemar di lingkungan (Greipsson, 2011). Tumbuhan hijau yang digunakan dalam proses fitoremediasi memiliki kemampuan untuk menyerap bahan pencemar dari lingkungan dimana tumbuhan tersebut tumbuh sehingga bahan pencemar di lingkungan menjadi netral kembali. Tanaman yang telah digunakan dalam proses fitoremediasi nantinya akan dibakar atau dibuang ke tempat limbah berbahaya di lokasi khusus (Gambar 3). Proses fitoremediasi memiliki kekurangan dan kelebihan, seperti berlaku pada lokasi dengan tingkat pencemaran ringan sampai sedang karena pertumbuhan tanaman untuk fitoremediasi tidak akan berkelanjutan saat lokasi tersebut sudah tercemar berat. Kelebihannya metode ini memerlukan biaya yang relatif murah jika dibandingkan dengan teknologi fisika dan kimia (eko dkk., 2017).



(Ali dkk., 2013)

Gambar 3. Perlakuan pasca panen pada tanaman setelah fitoremediasi

Proses fitoremediasi terbagi menjadi beberapa mekanisme dekontaminasi bahan pencemarnya yaitu, *Phytoextraction*, *rhizodegradation*, *rhizofiltration*, *phytodegradation*, *phytostabilization*, dan *phytovolatilization* (Gambar 4).



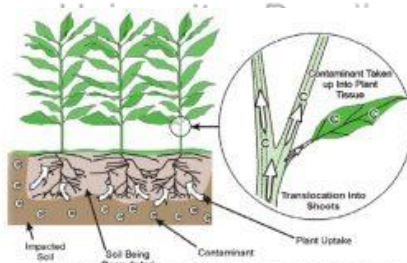
- Untuk menanggulangi pencemar logam
- Untuk menanggulangi pencemar organik

(Pratama, 2018)

Gambar 4. Proses mekanisme dekontaminasi



Kontaminan dari media yang tercemar sehingga terakumulasi di sekitar akar tumbuhan atau tersalurkan ke bagian lain pada tumbuhan seperti daun dan batang (Gambar 5). *Rhizofiltration* merupakan proses adsorpsi zat kontaminan oleh akar untuk menempel pada akar tersebut sehingga dapat terbentuk lapisan tipis pada permukaannya. *Phytostabilization*, merupakan proses yang dilakukan tanaman untuk mentransformasi polutan di dalam tanah menjadi senyawa *non toxic* tanpa menyerap polutan terlebih dahulu kedalam tubuh tumbuhan. Polutan akan menempel erat pada akar sehingga tidak terbawa oleh aliran air, umumnya proses ini dilakukan di area reklamasi karena berperan untuk mengoptimalkan tanah yang tercemar. *Rhizodegradation* merupakan proses penguraian zat kontaminan disekitar akar tumbuhan oleh aktivitas mikroba yang bersimbiosis pada akar tanaman, proses ini bekerja lebih lambat dari *phytodegradation* karena dipengaruhi oleh kinerja dari mikroba. *Phytodegradation* adalah proses yang dilakukan tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul kompleks menjadi sederhana dengan bantuan enzim. Hasil rombakan tersebut dapat berguna bagi tumbuhan, contoh enzim tersebut yaitu *nitroductase*, *laccase*, *dehalogenase* dan *nitrilase*. Proses ini dapat berlangsung di seluruh bagian tumbuhan baik itu pada akar, batang, dan daun. Umumnya fitoremediasi dilakukan di lingkungan yang tercemar herbisida. *Phytovolatilization* merupakan suatu proses yang bekerja dibagian atas dari tumbuhan (daun) melalui proses transpirasi. Tanaman hasil fitoremediasi akar dicabut dan dibakar menggunakan alat insenerator, dan abu hasil pembakaran dipisahkan ke dalam golongan B3 (Pratama, 2018).



(Pratama, 2018)

Gambar 5. Mekanisme *Phytoextraction*



2.4 Hidromakrofita yang Berpotensi menjadi Agen Fitoremediasi

Tumbuhan banyak digunakan sebagai agen hayati untuk remediasi sebagai fitoremediasi. Hidromakrofita memiliki kemampuan menurunkan kadar pencemar, seperti logam berat, nitrat, fosfat, padatan konduktivitas, dan turbiditas. Penurunan tersebut terjadi karena pengambilan senyawa pencemar oleh tumbuhan sehingga diproses secara biologis melalui beberapa mekanisme (Dhir, 2013). Beberapa penelitian mengatakan bahwa beberapa jenis hidromakrofita yang berpotensi menjadi agen fitoremediasi, seperti polikultur *Ludwigia hyssopifolia* dan *Ludwigia adscendens* yang mampu meningkatkan kualitas air irigasi yang tercemar residu pupuk NPK dengan menurunkan kadar nitrat sebanyak 97,7% , fosfat terlarut terlarut sebanyak 86,9% dan ammonium sebanyak 64,6%. Polikultur *Alternanthera sessilis* dan *L. adscendens* mampu menurunkan kadar deterjen 92,7%. Penanaman polikultur *Typha angustifolia* dengan *Limnocharis flava*, *Fimbristylis globulosa*, *Vetivera zizanioides*, *Equisetrum ramosissium*, *Sesbania grandifolia*, dan *Scirpus grossus* yang merupakan hidromakrofita lokal sehingga tidak akan memberi dampak negatif bagi ekosistem lokal. Hidromakrofita tersebut ditanam sepanjang 125 m pada saluran irigasi sawah selama 50 hari mampu menurunkan tingkat TDS sebanyak 10% , kadar $KMnO_4$ sebanyak 62,5%, dan ortofosfat sebanyak 18% jika kualitas air tersebut dibandingkan dengan kondisi air sebelum melewati hidromakrofita (Prasetyo & Retnaningdyah, 2013).

2.5 Diatom Bentik

Diatom bentik merupakan bagian dari perifiton sebagai salah satu organisme yang dapat digunakan sebagai bioindikator di perairan, organisme ini hidup dan menempel pada substrat seperti pada bebatuan, kayu akar tumbuhan, atau benda lainnya di dalam air sehingga memiliki kecenderungan terpapar bahan pencemar di tempat perifiton hidup (Kurteshi dkk., 2008). Diatom bentik merupakan bioindikator yang dapat digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran dalam suatu perairan dan ada penelitian-penelitian sebelumnya yang menggunakan diatom bentik, karena perkembangan dan pertumbuhan diatom bentik tergantung dari



kondisi, kualitas, dan kuantitas dari perairan tersebut. Perubahan kandungan kimia dalam suatu perairan merupakan salah satu faktor penting untuk mempelajari komunitas diatom bentik. Diatom bentik berperan dalam produsen dalam rantai makanan sebagai penghasil karbon dan oksigen. Hidup diatom cenderung menetap di suatu tempat atau substrat yang tenggelam dalam air seperti ranting pohon, daun kering, batu, maupun keramik. Diatom dapat dijadikan bioindikator kualitas air karena mudah ditemukan, diidentifikasi, dan memiliki respon terhadap kontaminan dan perubahan lingkungan (Odum, 1971). Diatom bentik telah digunakan untuk bioindikator kualitas air irigasi, karena pada dasarnya diatom bentik memiliki sifat yang sensitif terhadap perubahan lingkungan sehingga dapat digunakan sebagai indikator pencemaran air (Retnaningdyah & Arisoesilaningsih, 2019).



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dengan judul “Evaluasi Proses Fitoremediasi Air Lindi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Talangagung Kapanjen Menggunakan Indikator Diatom Bentik” dilakukan pada bulan Oktober 2019 - Juni 2020. Sampel air lindi diambil dari TPA Wisata Edukasi Talangagung Kapanjen. Penelitian dilaksanakan di *greenhouse* Jurusan Biologi, Universitas Brawijaya. Pengukuran kualitas air, identifikasi diatom, dan analisis data dilaksanakan di Laboratorium Ekologi dan Diversitas Hewan, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya.

3.2 Lokasi Pengambilan Sampel Air Lindi

Pengambilan sampel air lindi dilakukan di TPA Wisata Edukasi Talangagung yang terletak di Dusun Rakesan, Talangagung, Kecamatan Kapanjen, Kabupaten Malang dengan titik koordinat 8°07'16.70" S 112°33'42.34" T (Gambar 6). TPA Wisata Edukasi Talangagung memiliki luas wilayah sekitar 2,5 Hektare yang dibagi menjadi tiga zona yaitu, zona aktif, zona penyangga, dan zona pasif.

3.3 Rancangan Penelitian

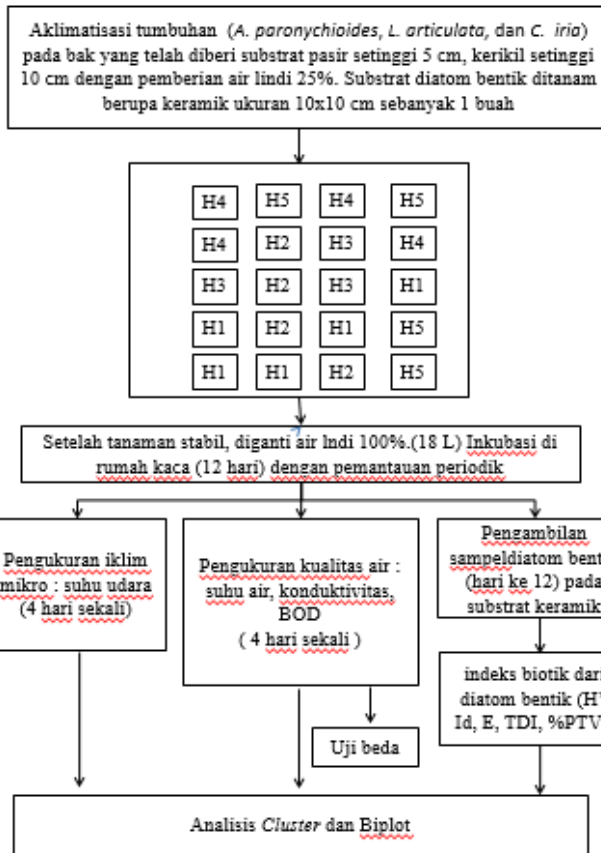
Jenis penelitian ini adalah eksperimental menggunakan rancangan acak lengkap, variabel independen pada penelitian ini adalah luas tutupan polikultur, sedangkan variabel dependen yaitu struktur komunitas dan diversitas diatom bentik sebagai bioindikator kualitas air, dan parameter fisika kimia air yang terdiri dari BOD, konduktivitas, suhu air, dan suhu udara. Teknik pengumpulan data menggunakan pengukuran, penghitungan, dan pengamatan. Teknik sampling menggunakan random sampling pada tiap-tiap unit eksperimen.



Gambar 6. Lokasi TPA yang menghasilkan air lindi

3.4 Aklimatisasi Air Lindi dan Penanaman Hidromakrofit

Jenis hidromakrofit yang digunakan yaitu *Alternanthera paronychioides*, *Cyperus iria*, dan *Lepironia articulata* sebagai agen fitoremediasi, diaklimatisasi terlebih dahulu pada bak berisi air sumur yang ditanami perlakuan sampai tumbuh dengan stabil, dengan substrat yang terdiri dari pasir setinggi lima cm, kerikil setinggi 10 cm, dan keramik dengan ukuran 10x10 cm sebanyak satu buah pada masing-masing ulangan. Aklimatisasi dilakukan selama tiga bulan sampai perlakuan tumbuh stabil, setelah itu diganti air lindi 100%. Penelitian ini terdiri dari lima perlakuan, 1) air lindi dengan polikultur *A. paronychioides*, *C. iria* dan *L. articulata* luas tutupan 25%, 2) air lindi dengan polikultur *A. paronychioides*, *C. iria* dan *L. articulata* luas tutupan 50%, 3) air lindi dengan polikultur *A. paronychioides*, *C. iria* dan *L. articulata* luas tutupan 75%, 4) substrat yang ditambah dengan air lindi tanpa tanaman, 5) air lindi tanpa substrat dan tanpa tanaman, masing-masing perlakuan dilakukan sebanyak empat kali sehingga terdapat 20 unit percobaan.



Gambar 7. Kerangka operasional penelitian

Keterangan:

H1: Polikultur *A. paronychioides*, *C. iria*-dan *L. articulata* luas tutupan 25%

H2: Polikultur *A. paronychioides*, *C. iria* dan *L. articulata* luas tutupan 50%

H3: Polikultur *A. paronychioides*, *C. iria* dan *L. articulata* luas tutupan 75%

H4: Substrat dengan air lindi

H5: Air lindi tanpa substrat dan tanpa tanaman

3.5 Pengukuran Kualitas Lingkungan

Pemantauan kualitas air lindi dilakukan setiap empat hari sekali. Parameter yang diukur meliputi konduktivitas, BOD, suhu air, dan suhu udara setiap empat hari sekali (Tabel 2).

Tabel 2. Parameter pengukuran kualitas lingkungan

Parameter	Metode	Satuan
BOD	DO meter	mg.L ⁻¹
Suhu air	Termometer	°C
Konduktivitas	Konduktivimeter	mS/cm
Suhu udara	Termometer	°C

3.6 Pengambilan Sampel Diatom Bentik

Substrat diatom yang berupa keramik diletakkan pada saat awal pemberian air lindi. Sampel diatom bentik diambil setelah hari ke-12, apabila diatom bentik belum ditemukan pada pengamatan tetap dilanjutkan. Substrat berupa keramik ukuran 10x10 cm diambil kemudian dibersihkan dengan cara disikat pada kedua sisi dan disemprot menggunakan air, kemudian dimasukkan dalam botol flakon, selanjutnya sampel tersebut ditambahkan 10 tetes formaldehid 4% dan lima tetes CuSO₄. Sampel diatom bentik diamati menggunakan *Sedgewick rafter cells* dengan bidang pandang 1000 kotak dibawah mikroskop cahaya, kemudian diidentifikasi menggunakan buku identifikasi (Edmondson, 1959; Prescott, 1978).

3.7 Analisis data

Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif menggunakan *Microsoft Excel*. Data kualitas air dianalisis menggunakan uji beda, sedangkan data diatom bentik digunakan untuk menghitung indeks nilai penting (INP), Indeks Diversitas Shanon Wiener (H^{''}), *Taxa Richness*, *Throphic Diatom Index* (TDI), Indeks dominansi (Id), *Percentage Pollution Tolerant Value* (%PTV), dan indeks keseragaman (E). Semua parameter dianalisis menggunakan analisis biplot dan cluster.



3.7.1. Indeks Shannon-Wiener

Indeks ini digunakan untuk menghitung jumlah spesies didalam suatu wilayah sehingga dapat dibandingkan dengan spesies yang ada seperti pada persamaan 1 (Kshirsaga, 2013):

$$H' = - \sum p_i \ln p_i \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

H' = Indeks diversitas spesies

s = jumlah spesies

Pi = jumlah individu tiap spesies (Kshirsaga, 2013)

3.7.2. Indeks TDI (*Trophic Diatom Index*)

Indeks ini digunakan untuk mendeteksi adanya eutrofikasi seperti pada persamaan 2 dan 3.

$$TDI = (WMS \times 25) - 25 \dots\dots\dots(2)$$

$$WMS = (\sum \alpha . s . V) / \sum \alpha . v) \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

WMS = berat sensitivitas rata-rata

a = jumlah taksa diatom

s = tingkat sensitivitas untuk setiap takson terhadap polutan (1-5)

v = nilai indikator dari setiap takson (1-3)

(Kelly & Whitton, 1995)

3.7.3 *Percentage Pollution Tolerant Value* (%PTV)

Indeks ini digunakan dalam menghitung kelimpahan taksa yang toleran terhadap lingkungan dengan bahan organik yang tinggi seperti pada persamaan 4 (Kelly & Whitton, 1995)

$$PTV = \frac{\text{Kelimpahan Taksa Toleran}}{\text{Kelimpahan Taksa Total}} \times 100 \dots\dots\dots(4)$$



3.7.4 Indeks Keseragaman (*Evenness*)

Indeks keseragaman digunakan untuk menghitung keseragaman populasi plankton dengan rumus sebagai berikut menurut Krebs (1978):

$$E = \frac{H'}{H_{max}} \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

E = Indeks Keseragaman

Hmax = $^2\text{Log}S$

S = Jumlah spesies

3.7.5 Indeks Nilai Penting (INP)

Indeks nilai penting digunakan untuk mendapatkan dominasi suatu jenis terhadap jenis yang lainnya. Rumus INP sebagai berikut:

$$INP = KR + FR \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan:

INP = Indeks nilai penting (%)

KR = Kelimpahan Relatif (%)

FR = Frekuensi relatif (%)

3.7.6 Indeks Dominansi

Indeks dominansi pada diatom benthik dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Id = \sum \left(\frac{Ni(Ni-1)}{N(N-1)} \right) \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan :

Id = Indeks dominansi

Ni = Jumlah individu jenis ke-i

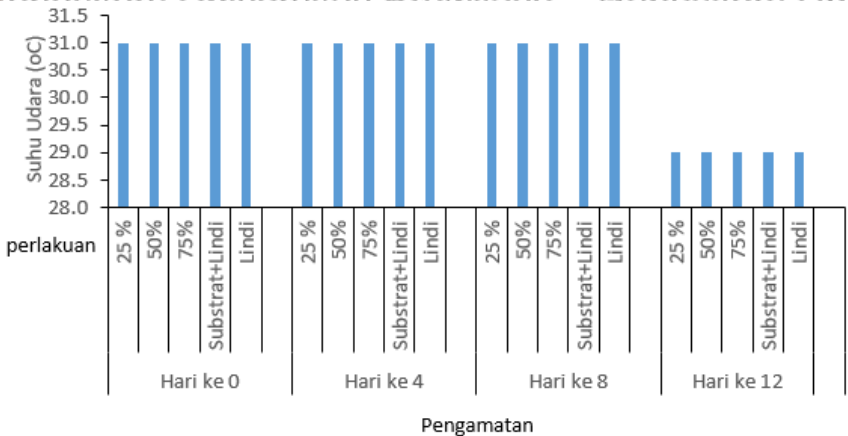
N = Jumlah total individu



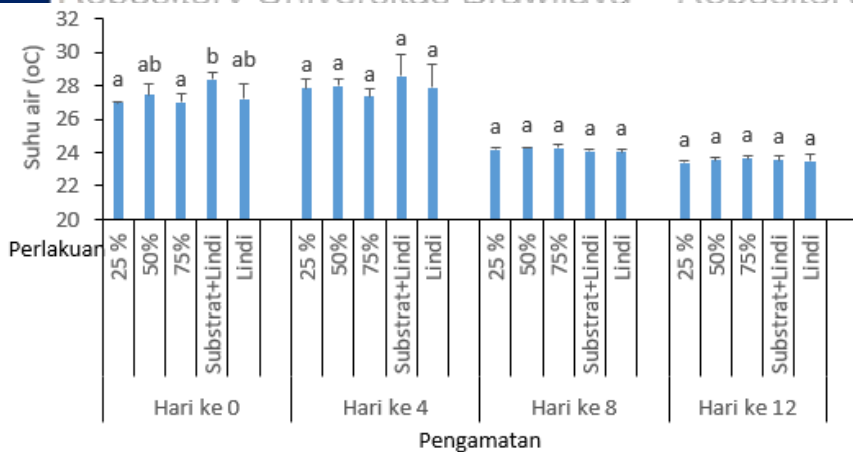
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Profil Kualitas Air Lindi

Kualitas air lindi yang diukur meliputi suhu air, suhu udara, konduktivitas dan BOD. Berdasarkan hasil pengukuran suhu udara hasil proses fitoremediasi selama 12 hari perlakuan 25%, 75%, dan air lindi hari ke-0, 4, dan 8 yaitu 31°C sedangkan pada perlakuan 25%, 75%, dan air lindi hari ke-12 yaitu 29°C (Gambar 8), suhu udara dapat dipengaruhi oleh cuaca pada saat pengukuran dilakukan (Sari & Afdal, 2017).



Gambar 8. Suhu udara pada beberapa perlakuan



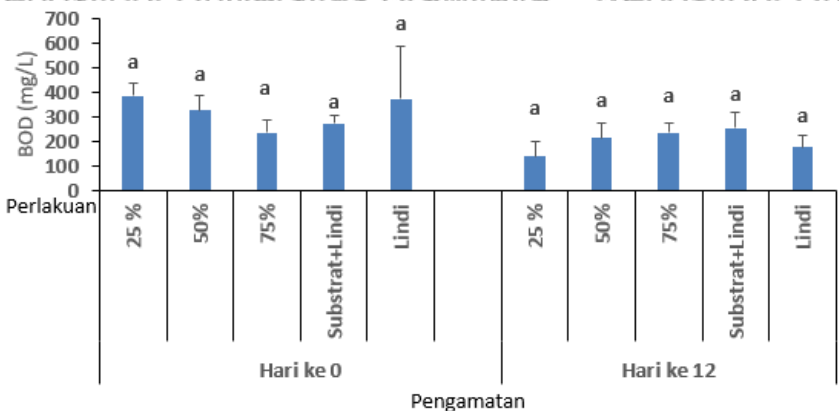
Gambar 9. Suhu air pada beberapa perlakuan

Keterangan : Notasi yang sama pada tiap waktu pantau menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Brown Forsythe dilanjutkan dengan Games Howell (waktu pantau hari ke-12) dan berdasarkan uji Tukey HSD (waktu pantau hari ke-0, 4, 8) α 0,05

Hasil pengukuran suhu air pada air lindi pada proses fitoremediasi selama 12 hari perlakuan polikultur 25%, 50% dan 75% didapat hasil yang bervariasi, yaitu pada pengukuran hari ke-0 suhu air berkisar antara 26°C - 28°C, hari ke-4 berkisar antara 27°C - 28°C, hari ke -8 suhu air 24°C, dan hari ke-12 suhu air 23°C. Berdasarkan uji Brown Forsythe dilanjutkan dengan Games Howell (waktu pantau hari ke 12) dan berdasarkan uji Anova dilanjutkan dengan Tukey HSD (waktu pantau hari ke-0, 4, 8) pada α 0,05 didapat notasi yang sama pada tiap-tiap waktu pantau menunjukkan tidak berbeda nyata (Gambar 9). Suhu air dapat dipengaruhi oleh faktor sinar matahari, menurut Peraturan Pemerintah No.5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah, suhu air lindi masih berada dibawah baku mutu yaitu 38°C, sedangkan menurut Peraturan Pemerintah No.82 tahun 2001 tentang baku mutu air tawar, suhu air lindi tergolong dalam kelas II yaitu deviasi 3 sehingga dapat dikatakan masih memenuhi baku mutu.



Hasil pengukuran konduktivitas pada air lindi perlakuan polikultur 25%, 75%, lindi hari ke-0, 4, 8, 12 yaitu $> 2,020$, karena tingginya nilai konduktivitas air lindi pada semua perlakuan menyebabkan nilai konduktivitas tidak dapat terukur. Hasil ini menunjukkan bahwa proses fitoremediasi menggunakan polikultur tiga tanaman yang digunakan untuk perlakuan masih belum mampu untuk menurunkan nilai konduktivitas. Konduktivitas air merupakan ukuran kemampuan suatu larutan untuk menghantarkan arus listrik. Arus listrik dalam suatu larutan dihantarkan oleh ion yang terkandung di dalamnya, banyaknya ion dalam larutan dapat dipengaruhi oleh padatan terlarut dalam suatu larutan, maka dari itu semakin besar padatan terlarut di dalam larutan maka kemungkinan jumlah ion dalam larutan juga akan semakin besar, sehingga nilai konduktivitas menjadi tinggi (Manalu, 2014).



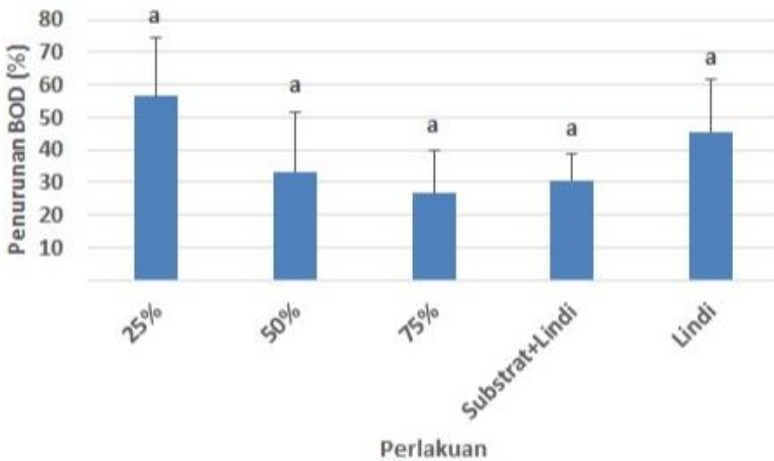
Gambar 10. BOD pada beberapa perlakuan

Keterangan : Notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Brown Forsythe pada $\alpha 0,05$

Berdasarkan hasil pengukuran, nilai BOD pada perlakuan proses fitoremediasi hari ke 12 mengalami penurunan dibandingkan dengan hari ke-0. BOD pada hari ke-0 polikultur 25% yaitu 384 mg/L menjadi 139 mg/L pada hari ke-12. Hari ke-0 polikultur 50% nilai BOD 327 mg/L menjadi 213 mg/L pada hari ke-12. BOD hari ke-0 dan ke-12 polikultur 75% yaitu 234 mg/L. Nilai BOD perlakuan



substrat dan lindi hari ke-0 yaitu 273 mg/L menjadi 255 mg/L pada hari ke-12, sedangkan nilai BOD perlakuan lindi pada hari ke-0 yaitu 373 mg/L menjadi 175 mg/L pada hari ke-12 (Gambar 10). Berdasarkan uji Brown Forsythe pada α 0,05 menunjukkan tidak berbeda nyata. Menurut Peraturan Pemerintah Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.59 tahun 2016 baku mutu air limbah, BOD yang memenuhi baku mutu yaitu perlakuan polikultur 25% hari ke-12 (<150 mg/L). polikultur hidromakrofit memiliki kemampuan untuk meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah sehingga diharapkan dapat mendegradasi kontaminan beracun yang dapat diterapkan di (TPA) Tempat Pembuangan Akhir (Chaudhry et al, 2002)



Gambar 11. Tingkat penurunan kadar BOD setelah proses fitoremediasi selama 12 hari
Keterangan : Notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji ANOVA pada α 0,05

Proses fitoremediasi selama 12 hari, menggunakan tiga tanaman perlakuan diketahui mampu menurunkan kadar BOD. Berdasarkan pengamatan diketahui bahwa jenis *Alternanthera paronychioides* lebih mampu beradaptasi dengan lingkungan yang toksik sehingga dapat hidup setelah hari ke 12, sedangkan tanaman *Cyperus iria* dan

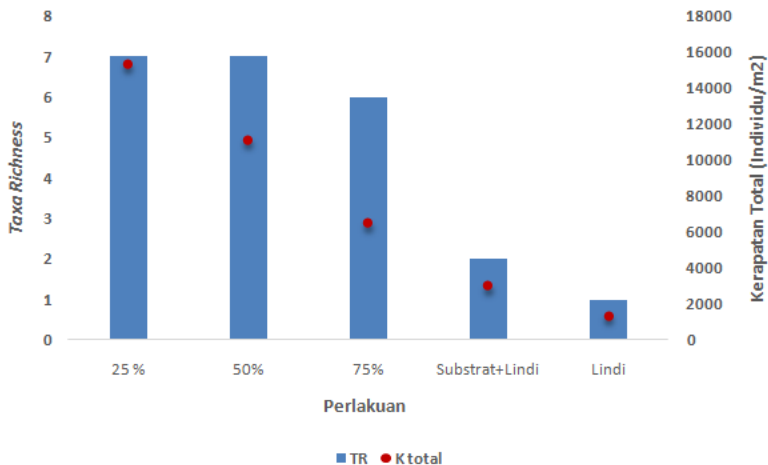


Lepironia articulata menjadi layu dan mati setelah hari ke empat. Penurunan kadar BOD polikultur 25%, 50%, 75%, substrat dengan air lindi, dan air lindi tanpa substrat dan tanpa tanaman berturut-turut yaitu 56% ; 33% ; 27% ; 31% ; 51%. Keberhasilan penurunan kadar BOD terdapat pada polikultur 25% dengan penurunan lebih dari 50% (Gambar 11). Proses fitoremediasi air lindi menggunakan polikultur tanaman *A. paronychioides*, *C. iria* dan *L. articulate* selama 12 hari telah mampu meningkatkan kualitas air terutama penurunan kadar bahan organik tercermin dari penurunan BOD sebesar 56%.

4.2 Profil Struktur Komunitas Diatom Bentik pada Beberapa Perlakuan Fitoremediasi Air Lindi

4.2.1 *Taxa richness* dan kerapatan total diatom bentik

Proses fitoremediasi air lindi menggunakan polikultur tiga jenis tanaman selama 12 hari telah mampu meningkatkan jumlah spesies (*taxa richness*) dan kelimpahan total Diatom bentik. Berdasarkan hasil pengamatan, taksa yang paling banyak terdapat pada perlakuan fitoremediasi menggunakan polikultur dengan luas tutupan 25% dan 50%.



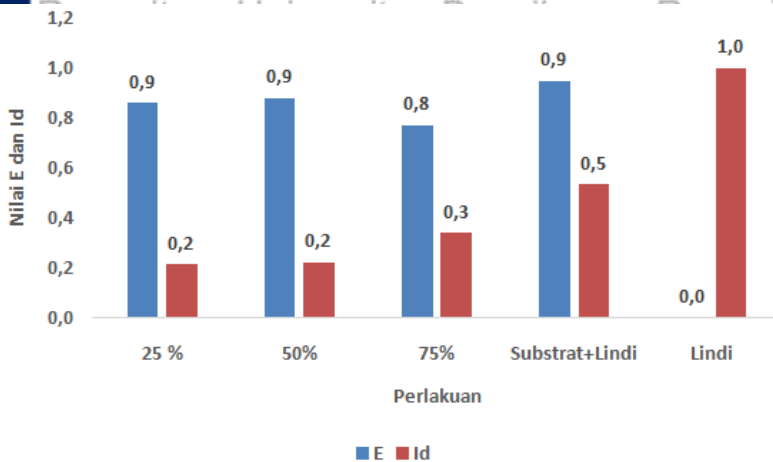
Gambar 12. *Taxa richness* dan kerapatan total diatom bentik



Taksa yang ditemukan pada polikultur dengan luas tutupan 25% dan 50% yaitu 7 spesies dengan masing-masing nilai K total 15375 lindi/L dan 11150 lindi/L, sedangkan taksa paling sedikit ditemukan di perlakuan air lindi yaitu 1 taksa dengan K total 1350 lindi/L (Gambar 12). Hal tersebut berbanding lurus dengan indeks diversitas, apabila kekayaan taksa yang ditemukan semakin banyak, maka indeks diversitas akan semakin tinggi (Bock & Bock, 2007).

4.2.2 Indeks keseragaman (*Evenness*) dan indeks dominansi

Berdasarkan hasil pengamatan, indeks keseragaman tertinggi terdapat pada perlakuan polikultur 25% dengan nilai 0,9 sedangkan indeks dominansi tertinggi terdapat pada perlakuan air lindi tanpa tanaman dengan nilai 1,0. Nilai indeks keseragaman pada polikultur 25% mendekati nilai 1 sehingga dapat dikatakan keseragaman diatom bentuk antar spesies merata (Gambar 13). Hal tersebut disebabkan karena tidak adanya spesies yang mendominasi spesies lainnya, yang ditunjukkan oleh indeks dominansi pada polikultur 25% dengan nilai 0,2 (mendekati 0). Hubungan dari indeks keseragaman dan indeks dominansi berbanding terbalik (Hutabarat dkk, 2013).

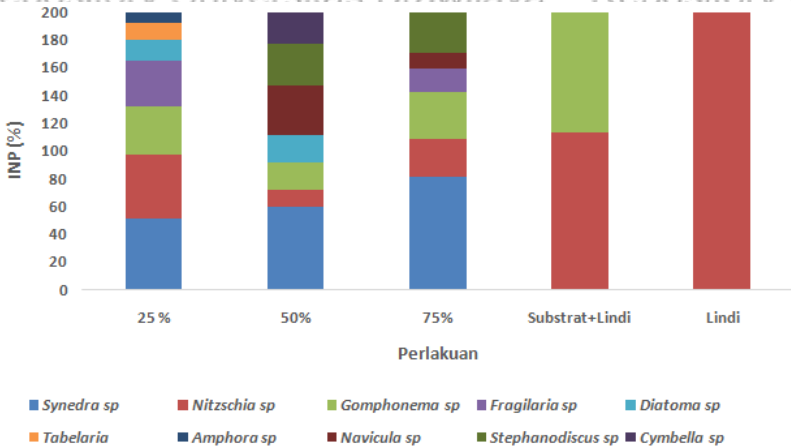


Gambar 13. Indeks keseragaman dan indeks dominansi



4.2.3 Indeks Nilai Penting

Berdasarkan penghitungan INP (Indeks Nilai Penting) spesies *Synedra* sp mendominasi pada perlakuan polikultur 25%, 50%, dan 75% dengan nilai masing-masing 51,3 %, 59,9%, dan 81,1%. Pada perlakuan substrat dengan air lindi dan perlakuan air lindi didominasi oleh *Nitzschia* sp dengan nilai INP masing-masing 113% dan 200%, sedangkan perlakuan air lindi didominasi oleh *Gomphonema* sp dengan nilai 86,7% (Gambar 14). Spesies *Nitzschia* sp dan *Gomphonema* sp merupakan diatom bentik yang tergolong spesies toleran terhadap polutan organik dan dapat dijadikan bioindikator dari eutrofikasi dan pencemaran organik (Kelly & Whitton, 1995).



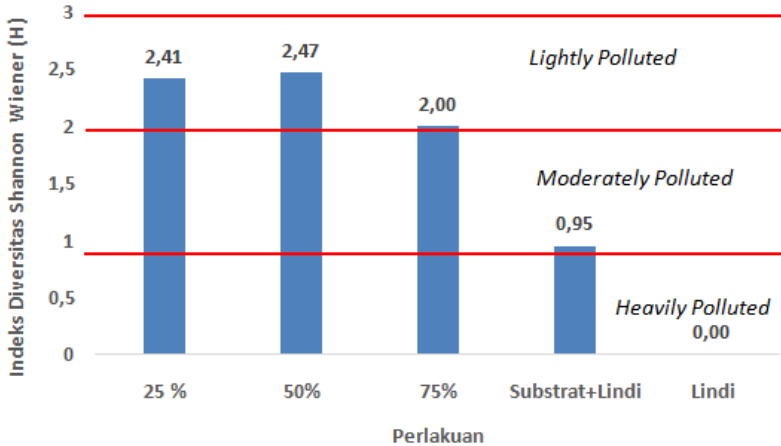
Gambar 14. Indeks Nilai Penting

4.2.4 Indeks Diversitas Shannon Wiener (H')

Proses fitoremediasi selama 12 hari telah mampu meningkatkan kualitas air dari *heavily polluted* menjadi *lightly polluted* (Gambar 15). Berdasarkan hasil penghitungan Indeks Shannon Wiener nilai tertinggi terdapat pada perlakuan polikultur 50% yaitu 2,47 sedangkan nilai terendah terdapat pada perlakuan air lindi dengan nilai H' yaitu 0. Kisaran nilai H' pada perlakuan 25%, 50%, dan 75% tergolong keragaman spesies sedang dengan kategori kualitas air tercemar ringan (*lightly polluted*), sedangkan perlakuan substrat dengan air lindi tanpa tanaman dan perlakuan lindi tanpa substrat dan



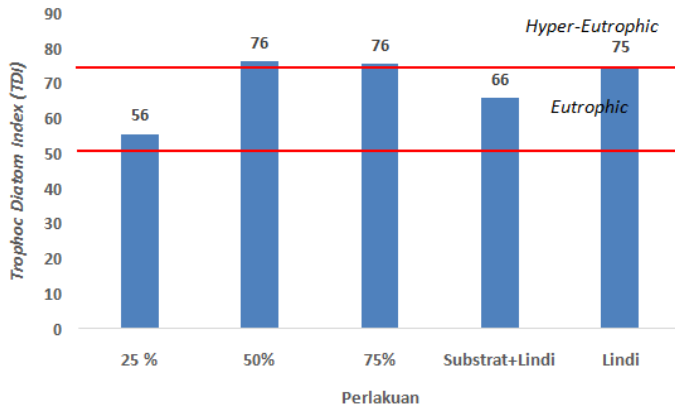
tanaman mempunyai indeks keragaman yang rendah ($H < 1$) dengan kategori kualitas air lindi tercemar berat (*heavily polluted*). Perlakuan air lindi dan substrat dengan air lindi dapat digolongkan mempunyai kualitas air tercemar berat atau sangat tercemar, sedangkan pada perlakuan polikultur 25% dan 50% tergolong tercemar ringan (Gambar 15).



Gambar 15. Indeks diversitas Shannon Wiener (H')

4.2.5 Indeks TDI (*Trophic Diatom Index*)

Berdasarkan hasil penghitungan nilai Indeks TDI menunjukkan bahwa semua perlakuan mempunyai status nutrisi tinggi sampai sangat tinggi termasuk pada kategori tingkat eutrofik sampai hiper eutrofik (Kelly & Whitton, 1995).

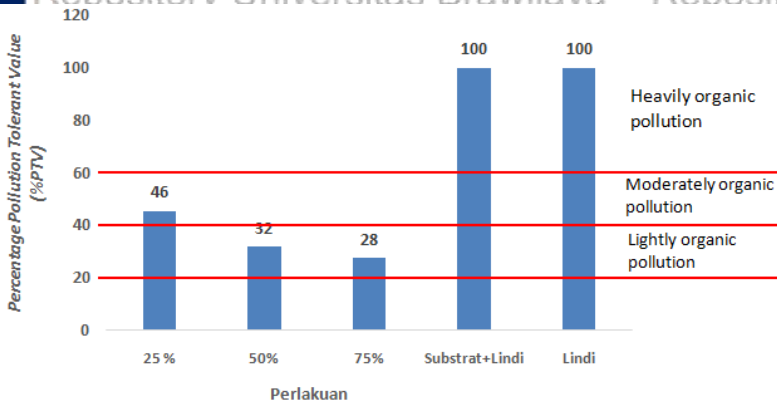


Gambar 16. Indeks TDI (*Trophic Diatom Index*)

Perlakuan polikultur 25% dan perlakuan substrat dengan air lindi tergolong eutrofik sedangkan perlakuan 50%, 75%, dan lindi tergolong hiper eutrofik (Gambar 16). Perlakuan substrat dengan air lindi dan perlakuan air lindi ditemukan spesies *Nitzschia* sp dan *Gomphonema* sp yang dapat dijadikan bioindikator perairan yang tercemar polutan organik dan eutrofik (Singh dkk., 2013).

4.2.6 Percentage Pollution Tolerant Value (%PTV)

Proses fitoremediasi menggunakan polikultur tiga tanaman selama 12 hari telah mampu menurunkan tingkat pencemaran bahan organik berdasarkan %PTV dari tercemar sangat berat menjadi tercemar bahan organik ringan (perlakuan 50% dan 75%) dan sedang (perlakuan 25%). Fitoremediasi dengan perlakuan polikultur 25% selama 12 hari mampu menghasilkan air lindi dengan tingkat pencemaran bahan organik yang tergolong moderat, polikultur 50% dan 75% tergolong tercemar polutan organik ringan. Perlakuan kontrol yaitu substrat dengan air lindi dan perlakuan air lindi mempunyai kualitas air lindi yang tercemar polutan organik berat (Gambar 17).

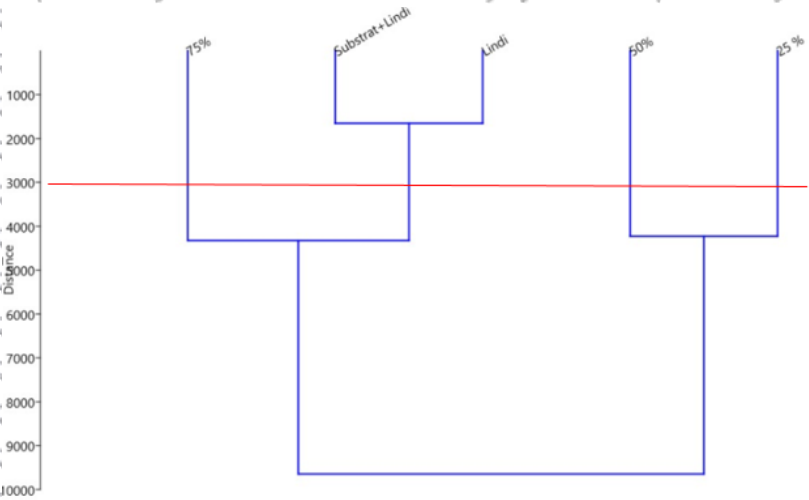


Gambar 17. *Percentage Pollution Tolerant Value* (%PTV)

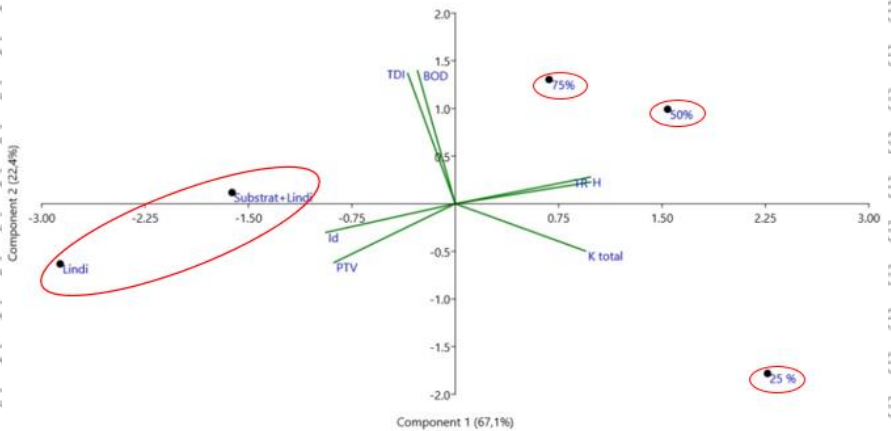
Hal tersebut mengindikasikan bahwa proses fitoremediasi menggunakan polikultur *Alternanthera paronychioides*, *Cyperus iria*, dan *Lepironia articulata* dengan luas tutupan 25%, 50%, dan 75% dapat mengubah kualitas pencemaran air dari pencemaran berat menjadi tercemar ringan, hal ini menunjukkan bahwa hidromakrofit dapat mengurangi N dan P serta polutan beracun dan bahan organik pada air yang tercemar (Jayaweera & Kasturiarachchi, 2004).

4.3 Pengelompokan Kualitas Air Hasil Proses Fitoremediasi Selama 12 Hari Berdasarkan Analisis Klaster dan Biplot

Hasil pengukuran kualitas air (BOD) dan struktur komunitas serta indeks biotik dari Diatom (TR, K total, Id, H, TDI, %PTV) pada air lindi setelah proses fitoremediasi menggunakan polikultur tiga tanaman selama 12 hari yang dianalisis menggunakan analisis kluster berdasarkan *distance* Euclidean menunjukkan bahwa hasil penelitian dibagi menjadi empat kelompok (Gambar 18). Kelompok I adalah perlakuan substrat dengan air lindi tanpa tanaman dan air lindi saja tanpa substrat dan tanaman yang merupakan kelompok kontrol. Kelompok II – IV adalah perlakuan proses fitoremediasi menggunakan polikultur tiga tanaman dengan tutupan 25%, 50% dan 75% yang masing-masing berdiri sendiri.



Gambar 18. Analisis kluster perlakuan fitoremediasi air lindi



Gambar 19. Analisis biplot perlakuan fitoremediasi air lindi

Hasil pengelompokan menggunakan analisis kluster ini juga sesuai dengan analisis Biplot (Gambar 19). Berdasarkan analisis biplot dapat dilihat bahwa kualitas air lindi kelompok I yaitu perlakuan substrat dengan air lindi tanpa tanaman dan air lindi saja tanpa substrat dan tanaman yang merupakan kelompok kontrol



mempunyai kualitas yang paling jelek. Hal ini ditunjukkan dari kadar BOD, TDI, Id (Indeks Dominansi Diatom) dan %PTV yang tinggi mengindikasikan kualitas air lindi tercemar bahan organik yang sangat tinggi dan juga nilai *taxa richness* (TR), H dan kerapatan total. Diatom yang rendah mengindikasikan tingkat pencemaran bahan toksik yang tinggi.

Kelompok II yaitu perlakuan fitoremediasi selama 12 hari menggunakan polikultur tiga tanaman dengan luas tutupan 25% mempunyai kadar BOD dan TDI paling rendah. Selain itu, kelompok ini juga dicirikan oleh nilai %PTV, Id, H dan TR sedang dan juga kerapatan total Diatom tertinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa perlakuan ini menghasilkan tingkat pencemaran bahan organik rendah sampai sedang dengan kadar nutrisi yang rendah dan pencemaran bahan toksik yang sedang.

Kelompok III dan IV perlakuan fitoremediasi selama 12 hari menggunakan polikultur tiga tanaman dengan luas tutupan 50% dan 75% mempunyai ciri kadar BOD dan nilai TDI serta kerapatan total Diatom pada tingkat sedang. Nilai H dan TR yang tinggi dan juga nilai PTV dan Id yang rendah. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan ini sudah berhasil menurunkan tingkat pencemaran bahan toksik yang signifikan meskipun tingkat pencemaran bahan organik dan kadar nutrisi yang berada pada tingkat sedang.

Berdasarkan hasil di atas dapat disimpulkan bahwa proses fitoremediasi air lindi menggunakan polikultur tiga tanaman selama 12 hari dengan luas tutupan 25 - 75% telah mampu menurunkan tingkat pencemaran bahan organik dan bahan toksik dari kategori berat menjadi sedang sampai ringan dan meningkatkan status nutrisi dari hyper eutrofik menjadi eutrofik atau kadar nutrisi dari sangat tinggi menjadi tinggi.



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Proses fitoremediasi air lindi menggunakan polikultur tanaman *Alternanthera paronychioides*, *Cyperus iria*, dan *Lepironia articulata* selama 12 hari telah mampu meningkatkan kualitas air terutama penurunan kadar bahan organik tercermin dari penurunan BOD sebesar 56%.
2. Proses fitoremediasi tersebut berdasarkan indeks biotik dari Diatom telah mampu menurunkan tingkat pencemaran bahan organik (berdasarkan %PTV) dan bahan toksik (berdasarkan H) dari kategori berat menjadi sedang (perlakuan tutupan 25%) sampai ringan (perlakuan tutupan 50-75%) dan meningkatkan status nutrisi (berdasarkan TDI) dari hyper eutrofik menjadi eutrofik atau kadar nutrisi dari sangat tinggi menjadi tinggi. Proses fitoremediasi selama 12 hari juga mampu meningkatkan jumlah taksa dan kelimpahan total Diatom. Taksa yang dominan yaitu *Synedra* sp (polikultur 25-75%), Kodominansi *Nitzschia* sp dan *Gomphonema* sp pada perlakuan substrat dengan air lindi, serta dominansi *Nitzschia* sp pada perlakuan air lindi tanpa substrat dan tanpa tanaman.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian maka disarankan pihak pengelola TPA Talangagung untuk menggunakan polikultur *A. paronychioides*, *C. iria* dan *L. articulata* dengan luas tutupan 25% dan 75%, untuk menyempurnakan proses pengolahan air lindi yang sudah dilakukan pengolahan secara fisika dan kimia. Selain itu, untuk pengembangan ilmu pengetahuan masih diperlukan penelitian lanjutan berupa melengkapi pengukuran kualitas air lindi hasil proses fitoremediasi menggunakan parameter kimia yang lain seperti nitrat, ortofosfat, COD, serta beberapa jenis logam berat dalam rangka untuk menentukan rekomendasi pembuangan air lindi hasil pengolahan ke lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, L.M. 2016. **Pengolahan Limbah Industri**. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Bock, C, E, Z, F. Jones... & J. H.: Bock. 2007. Relationship Between Species Richness, Evenness, and Abundance in a Southwestern Savanna. *Ecology*. 88 (5): 1322-1
- Khinanty, R.D. dan C. Retnaningdyah. 2017. Potensi Beberapa Hidromakrofit Lokal untuk Meningkatkan Kualitas Air Lindi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Talangagung, Kecamatan Kepanjen, Kabupaten Malang. *Jurnal Biotropika* 1 (1): 1-7
- Dhir, B. 2013. **Phytoremediation: Role of Aquatic Plants in Environmental Clean Up**. Springer India. New Delhi
- Edmondson, W.T., 1959. **Freshwater Biologi, Second Ed.**, John Wiley and Sons Inc, New York
- Eko, H. N., M. Yulia, S. Nurul, F. Metty, Amrullah. 2017. **Fitoremediasi dan Phytomining Logam Berat Pencemar Tanah**. UB press. Malang
- Febbyanto, H. B., N. Irawan, Moehammadi, dan T. Soedarti. 2015. Studi Kelimpahan dan Jenis Makrobenthos di Sungai cangar Desa Sumber Brantas Kota Batu. *Jurnal Ilmiah Biologi*. 3 (1) 67-75
- Hutabarat, S., P. Soedarsono, I. Cahyaningtyas. 2013. Studi Analisa Plankton untuk Menentukan Tingkat Pencemaran di Muara Sungai Babon Semarang. *Journal of Management of Aquatic Resources*. 2 (3) : 74-84
- Jayaweera, M,W & J.C. Kasturiarachchi. 2004. Removal of Nitrogen and Phosphorus from Industrial Wastewater by Phytoremediation using Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart) (Solms). *Water Science and Technology* 50 (6) : 217-225
- <http://jatimptov.go.id> 2016 Tempat Pemrosesan Akhir TPA Sampah **Jipp jatimptov.go.id** diakses pada tanggal 23 Maret 2019
- Kelly, M & B. Whitton. 1995. The Trophic diatom index : a new index for monitoring eutrophication in river. *Journal of Application Phyco*. Jilid 7 : 433-444.



Kshirsaga, A. 2013. Use Alga as bioindicator to determine quality of river Mula from Pune City Maharashtra (India). *Journal of Environmental Research and Technology*. Volume 3, Issue 1: 79-85

Odum, E. P. 1971. **Dasar-Dasar Ekologi**. Edisi ketiga Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Peng, Y. 2017. Perspectives on Technology for Infill Leachate Treatment *Arabian Journal of Chemistry* Vol 10 : S2567-S2574

Pratama, R.P. 2018. Fitoremediasi. www.gesi.co.id Ganeca Environmental Services diakses pada tanggal 20 Oktober 2019

Prasetyo, H.D. & C. Retnaningdyah. 2013. Peningkatan Air Irigasi Akibat Penanaman Vegetasi Riparian dari Hidromakrofit Lokal selama 50 Hari. *Jurnal Biotropika*. 1 (4) : 149-153

Prescott, G.W. 1978., **How to Know the Fresh water Algae 3 Edition**. WmC. Brown Company Publisher, Iowa

Priadi. B. 2012. Teknik Bioremediasi Sebagai Alternatif Dalam Upaya. *Jurnal Ilmu Lingkungan* 10 (1) Hal: 38-48

Retnaningdyah, C. dan E. Arisoesilaningsih. 2019. Evaluation of Batch Culture Phytoremediation Process Using Local Hydromacrophytes to Reduce Synthetic Pesticide Residu in Contaminated Irrigation Water. *J. Math. Fund. Sci* 51 (2) : 112-126

Retnaningdyah, C. dan E. Arisoesilaningsih. 2018. Using Benthic Diatom to Assess the Surface of Batch Culture System Ohytoremediation Process of Water Irrigation. *Journal of Tropical Life Science* 8 (3) : 259-268

Sari, R.N. & Afdal. 2017. Karakteristik Air Lindi (*Leachate*) di Tempat Pembuangan Akhir Sampah Air Dingin Kota Padang. *Jurnal Fisika Unand*. 6 (1) : 93-99

Singh UB, Ahluwaia AS, Sharma C et al. 2013. Planktonic Indicators A Promising Tool for Monitoring Water Quality (Early warning signals). *Ecology, Environment and Conversation Paper* 19 (3) : 793-800

Wisata Edukasi Talngagung Kepanjen www.jatimprov.go.id diakses pada tanggal 23 Maret 2019

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Uji Normalitas Tiap Waktu Pantau

1. Waktu pantau hari ke 0

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test^c

		DO	pH	Turbiditas	Suhu Air
N		20	20	20	20
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.7180	8.0105	125.3850	27.4000
	Std. Deviation	.46051	.03886	16.03077	.73699
Most Extreme Differences	Absolute	.142	.194	.160	.206
	Positive	.142	.158	.148	.206
	Negative	-.103	-.194	-.160	-.108
Kolmogorov-Smirnov Z		.633	.865	.716	.923
Asymp. Sig. (2-tailed)		.818	.442	.685	.362

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. hari_ke = Harike 0

2. Waktu pantau hari ke 4

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test^c

		DO	pH	Turbiditas	Suhu Air
N		20	20	20	20
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0940	8.3170	62.1250	27.9300
	Std. Deviation	.12927	.06191	31.30445	.90210
Most Extreme Differences	Absolute	.424	.192	.212	.151
	Positive	.424	.097	.212	.151
	Negative	-.367	-.192	-.165	-.131
Kolmogorov-Smirnov Z		1.895	.858	.949	.676
Asymp. Sig. (2-tailed)		.002	.454	.329	.751

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. hari_ke = Harike 4





3. Waktu pantau hari ke 8

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test^c

		DO	pH	Turbiditas	Suhu Air
N		20	20	20	20
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	1.9850	8.4950	42.4750	24.1700
	Std. Deviation	.57731	.09322	21.58154	.16575
Most Extreme Differences	Absolute	.181	.194	.267	.234
	Positive	.181	.194	.267	.147
	Negative	-.140	-.154	-.250	-.234
Kolmogorov-Smirnov Z		.808	.869	1.194	1.045
Asymp. Sig. (2-tailed)		.531	.437	.116	.225

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. hari_ke = Hari ke 8

4. Waktu pantau hari ke 12

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test^c

		DO	pH	Turbiditas	Suhu Air
N		20	20	20	20
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	1.8365	8.6110	26.6650	23.5300
	Std. Deviation	.56841	.13294	9.12471	.22029
Most Extreme Differences	Absolute	.182	.135	.114	.154
	Positive	.106	.135	.114	.154
	Negative	-.182	-.112	-.062	-.128
Kolmogorov-Smirnov Z		.815	.602	.509	.689
Asymp. Sig. (2-tailed)		.520	.862	.958	.729

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. hari_ke = Harike 12



Lampiran 2. Hasil Uji Beda Parameter Suhu Air

1. Waktu Pantau hari ke 0

Test of Homogeneity of Variances^a

Suhu Air					
Levene Statistic	df1	df2	Sig.		
2.314	4	15	.105		

a. hari_ke = Hari ke 0

ANOVA^a

Suhu Air						
	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.	
Between Groups	5.300	4	1.325	3.959	.022	
Within Groups	5.020	15	.335			
Total	10.320	19				

a. hari_ke = Hari ke 0

SuhuAir^b

	Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05	
			1	2
TukeyHSD ^a	25 %	4	26.9750	
	75%	4	27.0250	
	Lindi	4	27.1750	27.1750
	50%	4	27.4500	27.4500
	substrat+lindi	4		28.3750
	Sig.			.772

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

b. hari_ke = Hari ke 0



2. Waktu Pantau hari ke 4

Test of Homogeneity of Variances^a

Suhu Air			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.683	4	15	.206

a. hari_ke = Harike 4

ANOVA^a

Suhu Air					
	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.177	4	.794	.970	.453
Within Groups	12.285	15	.819		
Total	15.462	19			

a. hari_ke = Harike 4

3. Waktu Pantau hari ke 8

Test of Homogeneity of Variances^a

Suhu Air			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.345	4	15	.102

a. hari_ke = Harike 8



ANOVA^a

Suhu Air					
	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.232	4	.058	3.000	.053
Within Groups	.290	15	.019		
Total	.522	19			

a. hari_ke = Hari ke 8

4. Waktu Pantau hari ke 12

Test of Homogeneity of Variances^a

Suhu Air				
Levene Statistic	df1	df2	Sig.	
9.514	4	15	.000	

a. hari_ke = Harike 12

Robust Tests of Equality of Means^b

Suhu Air				
	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
Brown-Forsythe	.627	4	6.586	.660

a. Asymptotically F distributed.
b. hari_ke = Harike 12



Lampiran 3. Hasil Uji Normalitas Kadar BOD

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		BOD
N		34
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	266.9412
	Std. Deviation	107.83740
Most Extreme Differences	Absolute	.150
	Positive	.150
	Negative	-.103
Kolmogorov-Smirnov Z		.877
Asymp. Sig. (2-tailed)		.426

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Hasil Uji Beda Kadar BOD

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent Variable: BOD				
F	df1	df2	Sig.	
3.115	9	24	.013	

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + hari_ke + Perlakuan + hari_ke * Perlakuan

Robust Tests of Equality of Means

BOD				
	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
Brown-Forsythe	2.910		6.762	.090



Robust Tests of Equality of Means

BOD

	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
Brown-Forsythe	2.910		6.762	.090

Lampiran 4. Hasil Uji Penurunan Kadar BOD

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		penurunan
N		15
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	37.3078
	Std. Deviation	17.64326
Most Extreme Differences	Absolute	.193
	Positive	.193
	Negative	-.132
Kolmogorov-Smirnov Z		.748
Asymp. Sig. (2-tailed)		.631

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Uji Homogenitas

Test of Homogeneity of Variances

Penurunan				
	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
	.441	4	10	.777

Uji Beda

Lampiran 5. Foto Pengamatan Hari ke-0 (a) perlakuan polikultur 25%, (b) perlakuan polikultur 50%, (c) perlakuan polikultur 75%, (d) perlakuan substrat dengan air lindi, (e) perlakuan air lindi



a

b

c

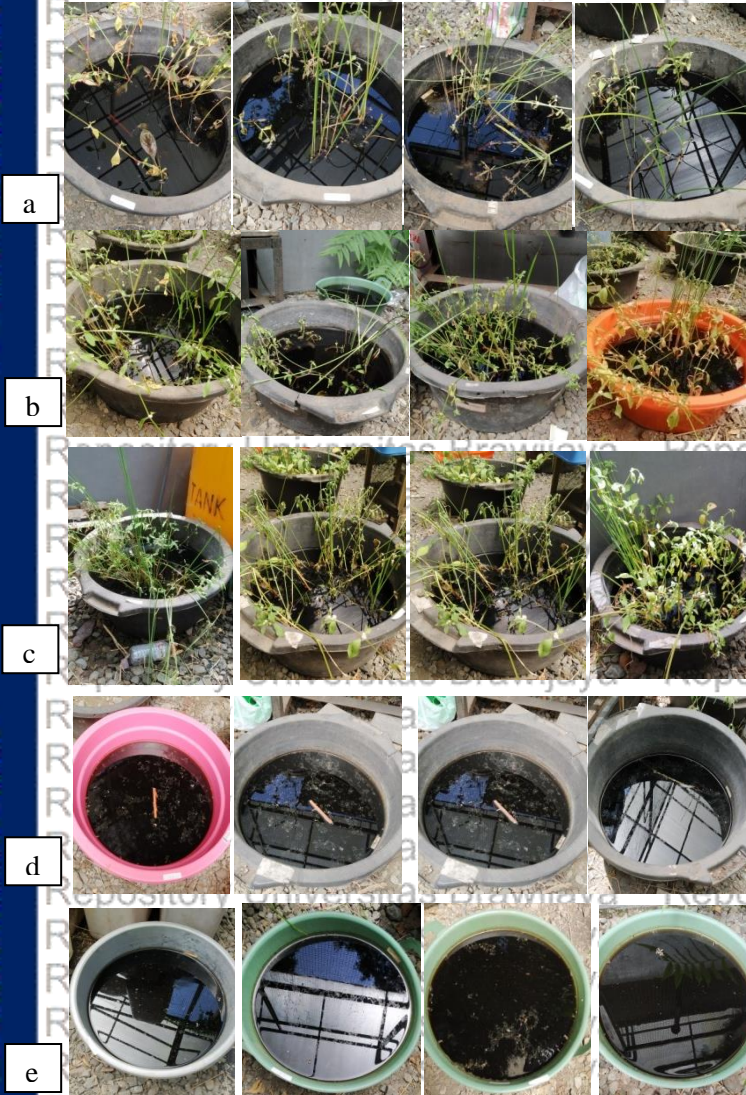
d

e



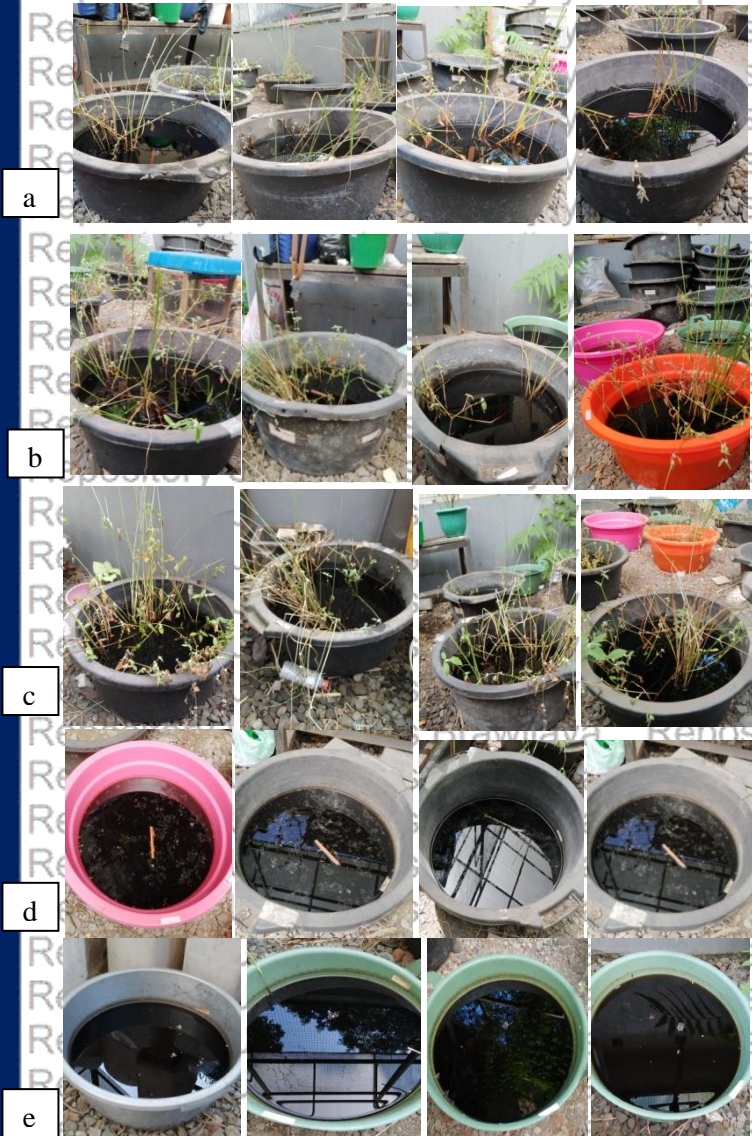


Lampiran 6. Foto Pengamatan Hari ke-4 (a) perlakuan polikultur 25%, (b) perlakuan polikultur 50%, (c) perlakuan polikultur 75%, (d) perlakuan substrat dengan air lindi, (e) perlakuan air lindi





Lampiran 7. Foto Pengamatan Hari ke-8 (a) perlakuan polikultur 25%, (b) perlakuan polikultur 50%, (c) perlakuan polikultur 75%, (d) perlakuan substrat dengan air lindi, (e) perlakuan air lindi





Lampiran 8. Foto Pengamatan Hari ke-12 (a) perlakuan polikultur 25%, (b) perlakuan polikultur 50%, (c) perlakuan polikultur 75%, (d) perlakuan substrat dengan air lindi, (e) perlakuan air lindi

