

STUDI KEMAMPUAN TANAMAN HIDROMAKROFITA DALAM FITOREMEDIASI KUALITAS LIMBAH CAIR KAYU LAPIS

By Muhammad Ainul Yaqin

**STUDI KEMAMPUAN TANAMAN HIDROMAKROFITA DALAM
FITOREMEDIASI KUALITAS LIMBAH CAIR KAYU LAPIS**
*Study of Hydromacrophita Plant Capability in Phytoremediation Quality of
Plywood Liquid Waste*

Muhammad Ainul Yaqin dan Eko Rini Indrayatie
Jurusan Kehutanan Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat

ABSTRACT. *The increasing development of the industrial world causes a negative impact on the environment. The current dominant environmental problem is liquid waste from industrial activities. Wastewater treatment using active sludge systems is currently being developed at great cost, so an alternative to phytoremediation that is not costly is required. This study aims to measure the growth of hydromacrophytic plants, to know the ability of hydromacrophytic plants in improving the quality of plywood waste and compare with the quality standard and to know the best treatment in phytoremediation process of plywood liquid waste. This research was conducted at Greenhouse Hall of Food Crop Protection and Horticulture, from June to October of 2017. This research use Completely Randomized Design with 6 treatments repeated 3 times. After phytoremediation during the 35-day stay period, the highest percentage of biomass was in Iris (60.54%). Judging from the percentage improvement of quality of plywood waste after phytoremediation process, the highest pH improvement on wetland treatment using tanman Iris (10.19%), TSS on wetland treatment without crop (87.05%), BOD on wetland treatment using plant polyculture (57.18%), COD also on wetland treatment using polyculture plants (72.01%), and NH₃ on wetland treatment using vetiver plant (-82471,05%). Liquid waste processing using hydromacrophytic plant with artificial wetland system has not been able to meet the quality standard of plywood waste is set at South Kalimantan Governor Regulation No. 36 Year 2008. Calculated from the pollution index, the best treatment on wetland treatment using Root Crop with index value contamination of 9.36 is categorized as moderately polluted.*

Keywords: *Phytoremediation; hydromacrophita; waste water; plywood*

ABSTRAK. Perkembangan dunia industri yang semakin meningkat menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan. Permasalahan lingkungan saat ini yang dominan adalah limbah cair dari kegiatan industri. Pengolahan air limbah menggunakan sistem lumpur aktif saat ini dikembangkan memerlukan biaya yang besar, sehingga diperlukan alternatif dengan fitoremediasi yang tidak memerlukan biaya tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur pertumbuhan tanaman hidromakrofit, mengetahui kemampuan tanaman hidromakrofit dalam memperbaiki kualitas limbah cair industri kayu lapis dan membandingkan dengan baku mutu serta mengetahui perlakuan terbaik dalam proses fitoremediasi limbah cair kayu lapis. Penelitian ini dilakukan di Rumah Kaca E28i Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura, dari bulan Juni - Oktober tahun 2017. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 6 perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Setelah proses fitoremediasi selama waktu tinggal 35 hari, persen biomassa tertinggi pada tanaman Iris (60,54 %). Ditinjau dari persen perbaikan kualitas limbah cair kayu lapis setelah proses fitoremediasi perbaikan pH tertinggi pada perlakuan lahan basah menggunakan tanaman Iris (10,19 %), TSS pada perlakuan lahan basah tanpa tanaman (87,05 %), BOD pada perlakuan lahan basah menggunakan tanaman polikultur (57,18 %), COD juga pada perlakuan lahan basah menggunakan tanaman polikultur (72,01 %), dan NH₃ pada perlakuan lahan basah menggunakan tanaman akar wangi (-82471,05 %). Pengolahan limbah cair menggunakan tanaman hidromakrofit dengan sistem lahan basah buatan belum dapat memenuhi baku mutu limbah cair kayu lapis ditetapkan pada Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor: 36 Tahun 2008. Dihitung dari indeks pencemaran maka perlakuan terbaik pada perlakuan lahan basah menggunakan tanaman Akar Wangi dengan nilai indeks pencemaran 9,36 dikategorikan tercemar sedang.

Kata kunci: Fitoremediasi, Hidromakrofit, limbah cair, kayu lapis

Penulis untuk korespondensi: surel: yaqinhamzah@gmail.com

PENDAHULUAN

Seiring perkembangan dunia industri saat ini yang semakin meningkat menyebabkan berbagai dampak negatif berupa kerusakan lingkungan. Permasalahan lingkungan saat ini yang dominan salah satunya adalah limbah cair berasal dari kegiatan industri. Limbah cair yang tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan dampak luar biasa pada perairan yang dapat mengakibatkan pencemaran air dan menimbulkan penyakit jika air tersebut dikonsumsi oleh masyarakat sekitar.

Industri kayu lapis salah satunya, berbagai aktivitas industri kayu lapis turut memberikan kontribusi dalam menghasilkan limbah cair. Komposisi yang terkandung dalam limbah cair yang dihasilkan adalah air dari bahan-bahan pembuatan perekat. Karakteristik air limbah industri kayu lapis pada umumnya didominasi oleh nilai pH (*Power of Hydrogen*), BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*), fenol (C_6H_5OH), amonia total (NH_3) (Subari et. al., 2012). Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada industri kayu lapis menggunakan sistem lumpur aktif berupa kolam aerasi, pengolahan tersebut masih kurang efektif dikarenakan kualitas air sungai sekitar industri kayu lapis sudah cukup tercemar dan melebihi nilai ambang batas sebagai golongan air kelas I dengan pH (7,53-7,74), TSS (54-58 mg/L), BOD (7,2-14,4 mg/L), COD (14,31-31,53 mg/L), amonia total (0,16-0,28 mg/L) dan fenol (0,26-0,44 mg/L) (Subari et. al., 2012). Lebih lanjut menurut Ningtyas (2015) sistem lumpur aktif memiliki beberapa kendala dalam proses pengolahan diantaranya yang sering ditemukan adalah *bulking* dan *foaming*. Selain itu menurut Dharmaji (2013) pengolahan limbah cair berteknologi seperti sistem lumpur aktif yang banyak dikembangkan membutuhkan biaya yang relatif besar dalam proses pengolahannya, sehingga diperlukan alternatif pengolahan lain seperti fitoremediasi yang mudah diterapkan dan tidak membutuhkan biaya yang tinggi.

Fitoremediasi (*Phytoremediation*) merupakan penggunaan tanaman untuk menghilangkan atau memecahkan bahan-bahan berbahaya baik organik maupun anorganik. Aplikasi teknologi ini telah dilakukan secara komersial seperti di USA dan Eropa. Metode fitoremediasi sangat berkembang pesat karena metoda ini mempunyai beberapa keunggulan salah satunya dilihat dari finansial relatif murah (Basri dan Hamzah, 2015).

Tanaman hidromakrofitia ialah tanaman yang memiliki akar tertanam substrat dengan batang dan akar panjang yang dapat menyesuaikan hidupnya dan dapat bertahan pada lingkungan dengan ketersediaan air yang tinggi. Tanaman hidromakrofitia yang dipilih yaitu akar wangi (*Vetiveria zizanioides* L.), jeringau (*Acorus calamus* L.) dan Iris (*Neomarica longifolia*). Akar wangi dalam penelitian Indrayatie (2007) mampu memperbaiki kualitas limbah cair pabrik tapioka (COD, BOD, dan sianida) yaitu 93,06 %. Penelitian Amansyah et al., (2012) tanaman jeringau mampu meremediasi kadar amonia (NH_3) air limbah rumah sakit sebesar 99,48% sedangkan tanaman Iris pada penelitian Wulandari (2014) terbukti mampu memperbaiki BOD sebesar 50,89 %, amonia (NH_3) sebesar 76,18 % dan DO air limbah sebesar 83,83 %.

Berdasarkan uraian diatas maka penelitian ini dilakukan untuk mengukur pertumbuhan tanaman hidromakrofitia setelah proses fitoremediasi limbah cair kayu lapis, mengetahui kemampuan tanaman hidromakrofitia dalam memperbaiki kualitas limbah cair industri kayu lapis dan membandingkan dengan baku mutu limbah cair kayu lapis serta untuk mengetahui perlakuan terbaik dalam proses fitoremediasi limbah cair kayu lapis tersebut.

31

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Kaca Balai Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura (BTPH) Banjarbaru Kalimantan Selatan. Waktu yang diperlukan untuk penelitian ini kurang lebih 6 bulan dimulai pada bulan Maret – Oktober 2017 meliputi kegiatan persiapan, pengumpulan data serta pengolahan data.

Alat dan Bahan

Alat yang diperlukan dalam penelitian ini adalah pH Meter digunakan untuk mengukur pH air limbah, pot berkapasitas 25 liter sebagai tempat media perlakuan, Botol berkapasitas 2 liter untuk menampung sampel, gelas ukur untuk mengambil sampel, drigen 20 liter untuk tempat aquades, oven digunakan untuk mengeringkan tanaman, amplop tempat megoven tanaman, tally sheet digunakan untuk mencatat hasil pengukuran dan hasil pengujian, kamera untuk mengambil data berupa gambar, laptop untuk mengolah data, dan alat tulis menulis. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides* L.), tanaman Jeringau (*Acorus calamus* L.), tanaman Iris (*Neomarica longifolia*), tanah, pupuk NPK Mutiara 16:16, pupuk kandang, aquades, limbah cair kayu lapis.

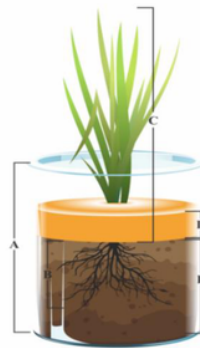
3

Prosedur Penelitian

Prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi:

Media tanah yang digunakan dipersiapkan 1 minggu sebelumnya. Tanah dikering udarakan kemudian diayak agar memisahkan tanah dari kerikil sehingga aerasi tanah menjadi baik. Setelah tanah disiapkan kemudian tanah dicampurkan dengan pupuk kandang sebanyak 500 g/pot. Bibit akar wangi varietas Verina 2 diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (Balitro) Bogor. Tanaman jeringau dan tanaman iris didapatkan dari toko tanaman. Tanaman ditumbuhkan terlebih dahulu selama 45 hari sebelum tanaman diberi perlakuan.

Limbah cair diambil di inlet PT. Wijaya Tri Utama Plywood Banjarmasin, limbah cair yang diambil adalah limbah cair yang belum diolah. Pemberian perlakuan dalam penelitian ini menggunakan sistim lahan basah buatan dengan menanam tanaman secara monokultur dan polikultur (3 jenis tanaman tersebut ditanam bersama dalam 1 Pot) dan 2 perlakuan yaitu Pot berisi tanah dan air limbah serta hanya berisi air limbah (kontrol) dengan volume sebanyak 10 L. Tanaman yang digunakan mempunyai berat basah yang hampir seragam, perbedaan perlakuan mengacu pada Indrayatie (2007). Adapun desain sistim lahan basah buatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain sistem lahan basah buatan (*Constructed Wetlands*)

Keterangan:

- A : Pot berukuran 25 L
- B : Akar tanaman
- C : Tanaman hidromakrofitanya sebanyak 6 batang
- D : Air limbah setinggi 10 cm dari permukaan tanah
- E : Tanah sebanyak 14 kg

Parameter yang diamati yaitu Biomassa tanaman, pH, COD, BOD, TSS, dan amonia total pada limbah cair sesuai parameter yang terdapat pada baku mutu limbah cair kayu lapis yang telah ditetapkan pada Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor: 36 tahun 2008, akan tetapi untuk fenol tidak dilakukan pengujian dikarenakan pada Hasil Analisis Kualitas Air

dengan Rekomendasi Pengujian No: 004/RP/BL/2008 yang diuji pada Balai Pengembangan Teknologi dan Konstruksi Banjarmasin menunjukkan parameter fenol tidak terdeteksi pada limbah cair kayu lapis PT. Wijaya Tri Utama Plywood Banjarmasin. Adapun analisis laboratorium terhadap parameter air limbah sesuai dengan SNI (Standard Nasional Indonesia), yaitu: Amonia total (SNI 06-6989.30-2005), TSS (SNI 06-6989.3-2004), BOD (SNI 6989.72:2009), COD (SNI 6989.2:2009), pH (SNI 06-6989.11-2004).

Berdasarkan tujuan penelitian untuk menjawab tujuan tersebut maka dilakukan perhitungan dan perbandingan sebagai berikut:

Pengamatan pertumbuhan tanaman hidromakrofit dinyatakan dalam biomassa tanaman. Produksi biomassa dihitung dengan menggunakan rumus yang mengacu pada metode SNI 13-6793-2002, yaitu:

$$\% \text{ Biomassa} = \frac{A - B}{A} \times 100\%$$

Keterangan:

A : berat sampel basah (g)
B : berat sampel kering (g)

Penentuan tingkat kemampuan tanaman dalam menurunkan kadar polutan yang ditentukan berdasarkan persen penurunan konsentrasi polutan dapat dihitung sebagai berikut :

$$\% \text{ Perbaikan} = \frac{Aw - Ak}{Aw} \times 100\%$$

Keterangan :

Aw : nilai konsentrasi polutan awal (mg/L)
Ak : nilai konsentrasi polutan akhir (mg/L)

Setelah proses fitoremediasi limbah cair kayu lapis dibandingkan dengan Baku Mutu limbah cair kayu lapis. Adapun Baku Mutu limbah cair industri kayu lapis dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri Kayu Lapis

| Parameter | Kadar Paling Tinggi (mg/L) |
|-----------|----------------------------|
| BOD | 75 |
| COD | 125 |
| TSS | 50 |
| Fenol | 0,25 |
| Amonia | 4 |
| Total | 6,0-9,0 |

Sumber: Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor: 36 tahun 2008

Mengetahui perlakuan terbaik dengan menghitung nilai Indeks Pencemaran (*Pollution Index*) yang digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran relatif terhadap parameter kualitas air yang diizinkan. Sesuai Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: 115 Tahun 2003 rumus menghitung Indeks Pencemaran Air adalah sebagai berikut:

$$PI_j = (C_1/L_{1j}, C_2/L_{2j}, \dots, C_i/L_{ij})$$

Keterangan:

PI_j : Indeks Pencemaran bagi peruntukan (j) yang merupakan fungsi dari C_i/L_{ij}
L_{ij} : konsentrasi parameter kualitas air yang dicantumkan dalam Baku Peruntukan Air (j)
C_i : konsentrasi parameter kualitas air (i) yang diperoleh dari hasil analisis

Adapun untuk evaluasi terhadap nilai IPA (Indeks Pencemaran Air) adalah:

| | |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| 0 ≤ PI _j ≤ 1,0 | → memenuhi baku mutu (kondisi baik) |
| 1,0 < PI _j ≤ 5,0 | → cemar ringan |
| 5,0 < PI _j ≤ 10 | → cemar sedang |
| PI _j > 10 | → cemar berat |

Rancangan Percobaan

7 Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), dengan 6 perlakuan yang diulang sebanyak 3 kali, sehingga diperoleh 18 satuan percobaan. Perlakuan yang digunakan terdiri dari : T0L1TN0 (Air limbah tanpa lahan basah dan tanpa tanaman), T1L1TN0 (lahan basah tanpa tanaman), T1L1V1 (lahan basah menggunakan tanaman Akar Wangi), T1L1A1 (lahan basah menggunakan tanaman Jeringau), T1L1N1 (lahan basah menggunakan tanaman Iris), T1L1P1 (lahan basah menggunakan tanaman polikultur).

5 Model umum rancangan acak lengkap menurut Hanafiah (2000) adalah sebagai berikut:

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

Dimana:

Y_{ij} = Nilai pengamatan pada perlakuan ke- i dan ulangan ke- j

μ = Nilai rata-rata harapan

τ_i = Pengaruh perlakuan ke- i

ϵ_{ij} = Kesalahan percobaan pada perlakuan ke- i dan ulangan ke- j

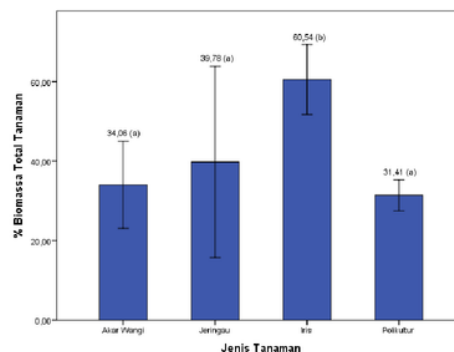
Analisis Data

3 Analisis data menggunakan program SPSS 22.0. Hasil diuji statistik menggunakan uji One Way Anova yang sebelumnya dilakukan uji prasyarat homogenitas dan normalitas. Uji normalitas menggunakan uji *Test of Normality (Shapiro-Wilk)* dan uji homogenitas menggunakan *Test of Homogeneity of Variances (Levene Statistic)*. Data yang memiliki perbedaan signifikan untuk setiap perlakuan kemudian diuji menggunakan Uji *Tukey* dengan derajat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$).

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan Tanaman Hidromakrofitas Sesudah Proses Fitoremediasi Limbah Cair Kayu Lapis

Pertumbuhan merupakan peningkatan biomassa tanaman secara progresif. Pertumbuhan tanaman tersebut dapat dilihat dari kondisi fisik tanaman itu sendiri. Hasil pengamatan persen biomassa tanaman dapat dilihat pada Gambar 2. Persen biomassa total tanaman tertinggi terjadi pada tanaman iris 60,54 % dan persen biomassa terkecil pada tanaman polikultur 31,41 %. Jenis tanaman berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap persen biomassa tanaman.



Gambar 2. Rata-rata persen biomassa total tanaman sesudah proses fitoremediasi

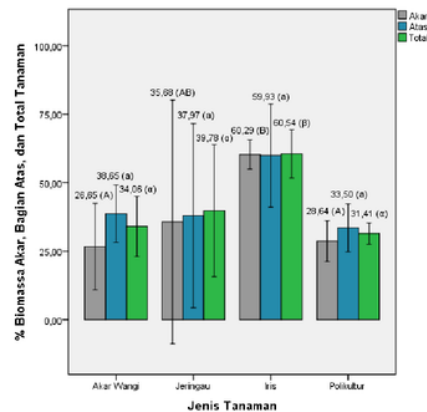
Keterangan: *Error bar* menunjukkan standar deviasi

Karena pada akhir proses fitoremediasi semua tanaman mengalami nekrosis atau kematian sel sehingga persen biomassa tertinggi pada tanaman Iris diduga karena tanaman ini memiliki bentuk fisik yang lebih besar daripada tanaman lainnya. Hal tersebut dinyatakan oleh Prawira

(2015) Tanaman Iris memiliki panjang akar antara 10-20 cm dan setiap individu menghasilkan 10 daun. Daunnya berbentuk pedang dengan panjang 50 – 100 cm dan lebarnya 10 – 30 cm.

Kondisi fisik tanaman pada hari ke 0, semua tanaman pada pot percobaan masih terlihat segar, namun pada hari ke 7 tanaman yang berada pada pot yang berisi air limbah mulai mengalami perubahan daun, semula hijau menjadi kuning kecoklatan, yang diduga tanaman mengalami toksisitas akibat konsentrasi bahan organik yang tinggi pada limbah industri kayu lapis. Hal tersebut dinyatakan Prawira (2015) konsentrasi bahan organik yang tinggi dapat menyebabkan penurunan kandungan oksigen terlarut pada lahan basah buatan. Pengaruh yang muncul dapat berupa gangguan pada proses fotosintesis, transportasi nutrisi dan energi serta gangguan struktur tanaman di tingkat sel karena keberadaan unsur hara yang berlebihan.

Hari ke 35 kondisi fisik tanaman berwarna coklat dan bercak kehitaman. Menurut Widiarso (2011) timbulnya bercak atau bintik pada daun tanaman menunjukkan tanaman mengalami nekrosis yaitu kematian pada sel, jaringan atau organ tumbuhan. Lebih lanjut Widiarso (2011) mengatakan perubahan fisik yang terjadi pada tanaman yaitu daun berubah warna, semula hijau menjadi lesu dan layu lama kelamaan menjadi kuning kecoklatan, hal tersebut menunjukkan tanaman mengalami klorosis. Klorosis dapat terjadi jika polutan menghambat kerja enzim yang mengkatalis sintesis klorofil.



Gambar 3. Rata-rata persen biomassa bagian atas, akar dan total tanaman sesudah proses fitoremediasi

Keterangan: Error bar menunjukkan standar deviasi. Huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$)

Gambar 3 memperlihatkan rata-rata biomassa bagian atas, akar dan total tanaman. Pada rata-rata persen biomassa bagian atas tanaman tertinggi pada tanaman Iris 60,29 %, kemudian berturut-turut Jeringau 35,67 %, Polikultur 28,64 % dan yang terkecil adalah Akar Wangi 26,65 %. Rata-rata persen biomassa akar tanaman tertinggi pada Iris 59,93 %, kemudian Akar Wangi 38,65 %, Jeringau 37,97 %) dan Polikultur 33,50 %. Persen biomassa total tanaman juga pada tanaman Iris 60,54 %, kemudian berturut-turut Jeringau 39,78 %, Akar Wangi 34,06 % dan terkecil Polikultur 31,41 %.

Kemampuan Tanaman Hidromakrofit Memperbaiki Kualitas Limbah Cair Kayu Lapis dan Membandingkan dengan Baku Mutu Limbah Cair Kayu Lapis

Berdasarkan hasil pengujian sampel air limbah yang dilaksanakan di BBTCL-PP Banjarbaru dan pengujian NH_3 tanah di Baristand Banjarbaru, maka karakteristik kualitas limbah cair dan tanah dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik kualitas limbah cair dan tanah yang digunakan dalam percobaan penelitian

| Media | Perlakuan | pH | TSS (mg/L) | BOD (mg/L) | COD (mg/L) | DO (mg/L) | NH ₃ (mg/L) |
|-------------|-----------|------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------------------|
| Limbah Cair | | 9,13 | 1555 | 6520,0 | 32574,7 | 0 | 0,76 |
| Tanah | T1L1TN0 | - | - | - | - | - | 80,3642 |
| | T1L1V1 | - | - | - | - | - | 255,7618 |
| | T1L1A1 | - | - | - | - | - | 239,1531 |
| | T1L1N1 | - | - | - | - | - | 296,2797 |
| | T1L1P1 | - | - | - | - | - | 161,0305 |

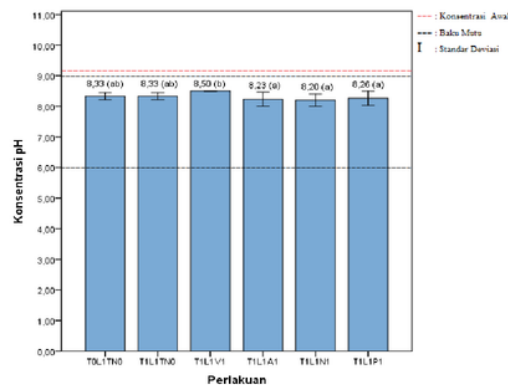
Keterangan:

- T1L1TN0 : Lahan basah tanpa tanaman (kontrol)
- T1L1V1 : Lahan basah menggunakan tanaman Akar Wangi
- T1L1A1 : Lahan basah menggunakan tanaman Jeringau
- T1L1N1 : Lahan basah menggunakan tanaman Iris
- T1L1P1 : Lahan basah menggunakan tanaman Polikultur

Hasil pengujian limbah cair didapatkan konsentrasi awal air limbah yang digunakan dalam percobaan untuk pH dengan 9,13, kemudian TSS sebesar 1.555 mg/L, BOD 6.520,0 mg/L, COD 32.574,7 mg/L, DO 0 dan NH₃ 0,76 mg/L. pada media tanah dilakukan pengujian pada berbagai perlakuan yaitu, T1L1n0 80, 3642 mg/L, T1L1V1 255,7618 mg/L, T1L1A1 239,1531 mg/L, T1L1N1 296,2797 mg/L, T1L1P1 161,0305 mg/L. Dari nilai pengujian tersebut dapat dikatakan bahwa limbah cair tersebut mengandung bahan organik yang tinggi.

Adapun untuk hasil kemampuan tanaman hidromakrofitra menggunakan sistem lahan basah buatan dalam memperbaiki kualitas pH, TSS, BOD, COD, DO, dan NH₃ pada limbah cair kayu lapis dapat dilihat sebagai berikut:

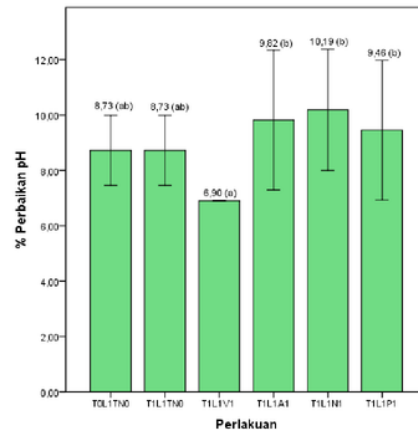
Pencemaran pada suatu perairan dapat diketahui dari nilai pH pada perairan tersebut. pH menggambarkan intensitas keasaman dan kebasaan suatu perairan yang ditunjukkan oleh keberadaan ion hidrogen. Nilai pH yang terlalu tinggi atau terlalu rendah tidak cocok untuk kehidupan kebanyakan organisme perairan.



Gambar 4. Rata-rata konsentrasi pH pada berbagai perlakuan
Keterangan: Huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$)

Rata-rata konsentrasi pH air limbah kayu lapis pada berbagai perlakuan pada Gambar 4 memperlihatkan perlakuan berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap penurunan pH. Hasil uji beda turkey yang dilakukan diketahui perbedaan nyata antara perlakuan lahan basah menggunakan tanaman Jeringau, Iris dan Polikultur dengan lahan basah menggunakan Akar Wangi. Perbedaan tidak nyata antara lahan basah menggunakan tanaman Akar Wangi, Jeringau, Iris, dan Polikultur dengan lahan basah tanpa tanaman dan limbah cair tanpa lahan basah dan tanaman. Penurunan pH tertinggi terjadi pada lahan basah menggunakan tanaman Iris (8,20) dan penurunan terkecil lahan basah menggunakan tanaman Akar Wangi (8,50). Penurunan

terkecil terjadi pada lahan basah menggunakan tanaman Akar Wangi diduga karena proses penguraian senyawa organik oleh mikroorganismenya pada perlakuan tersebut masih terjadi. Sehingga konsentrasi pH limbah cair pada perlakuan lahan basah menggunakan akar wangi juga tinggi. Hal tersebut dinyatakan oleh Fardiaz (1992) aktivitas penguraian senyawa organik oleh mikroorganismenya pada limbah cair yang mengandung banyak bahan organik akan menghasilkan karbondioksida yang dapat membuat konsentrasi pH tinggi.

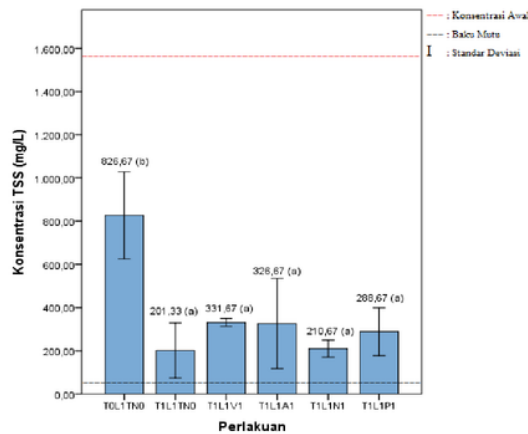


Gambar 5. Rata-rata persen perbaikan pH limbah cair kayu lapis pada berbagai perlakuan setelah proses fitoremediasi

Keterangan: Error bar menunjukkan standar deviasi. Huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$).

Berdasarkan perhitungan persen perbaikan pH limbah cair yang disajikan pada Gambar 5. menunjukkan kemampuan perbaikan dari berbagai perlakuan, persen perbaikan tertinggi diperoleh oleh lahan basah menggunakan tanaman Iris (10,2 %), kemudian berturut-turut lahan basah menggunakan tanaman Jeringau (9,8 %), lahan basah menggunakan tanaman polikultur (9,5 %), lahan basah tanpa tanaman (8,7%), kontrol (8,7%) dan lahan basah menggunakan tanaman Akar Wangi (6,9 %).

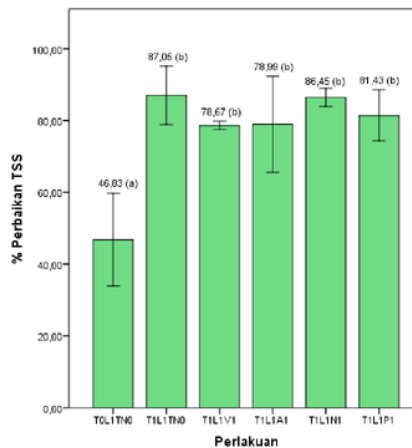
Rata-rata konsentrasi TSS air limbah kayu lapis berdasarkan waktu tinggal selama 35 hari setelah tanam (HST) pada berbagai perlakuan dapat dilihat pada Gambar 6. Konsentrasi TSS 45 mg/L terjadi pada lahan basah tanpa tanaman (201,33 mg/L). Pemberian perlakuan berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap penurunan konsentrasi TSS. Meskipun mengalami penurunan yang cukup besar tetapi semua perlakuan belum mampu memenuhi Baku Mutu Kadar maksimum parameter TSS pada limbah cair kayu lapis adalah (50 mg/L). Setelah dilakukan uji beda turkey, terlihat perlakuan yang berbeda pada limbah cair tanpa lahan basah dan tanaman dengan perlakuan menggunakan lahan basah, dan lahan basah menggunakan tanaman Akar Wangi, Jeringau, Iris dan Polikultur. Penurunan TSS tertinggi pada perlakuan lahan basah tanpa tanaman tersebut karena adanya proses filtrasi dan pengendapan. Hal tersebut dinyatakan Metca dan Eddy (1993) mengatakan bahwa proses pengolahan limbah pada lahan basah buatan dapat terjadi secara fisik, kimia maupun biologi. Proses secara fisik yang terjadi adalah proses sedimentasi, filtrasi, adsorpsi oleh media tanah yang ada.



Gambar 6. Rata-rata konsentrasi TSS limbah cair kayu lapis pada berbagai perlakuan setelah proses fitoremediasi

Keterangan: Huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$)

Rata-rata persen perbaikan TSS tersaji pada Gambar 7. Gambar tersebut menunjukkan rata-rata persen perbaikan tertinggi pada lahan basah buatan tanpa tanaman (87,05 %), dan persen perbaikan terendah pada lahan basah menggunakan tanaman Iris (46,83 %). Perbaikan tertinggi TSS pada perlakuan lahan basah tanpa tanaman tersebut karena adanya proses secara fisik oleh media tanah.

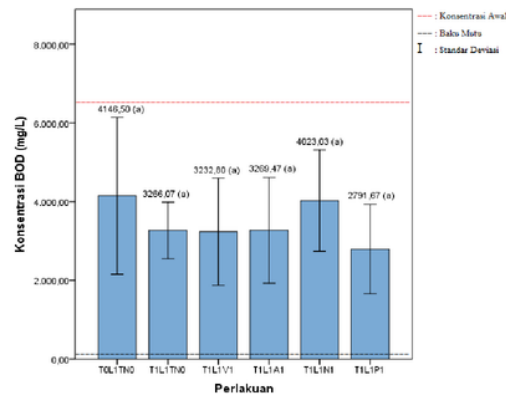


Gambar 7. Rata-rata persen perbaikan TSS limbah cair kayu lapis pada berbagai perlakuan setelah proses fitoremediasi

Keterangan: Error bar menunjukkan standar deviasi. Huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$)

9

Kadar limbah cair pada perairan dapat diketahui dengan nilai BOD yang merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air. Setelah proses fitoremediasi menggunakan tanaman hidromakrofit pada sistem lahan basah diketahui nilai rata-rata perbaikan konsentrasi BOD air limbah kayu lapis berdasarkan waktu tinggal selama 35 HST pada berbagai perlakuan disajikan pada Gambar 8.



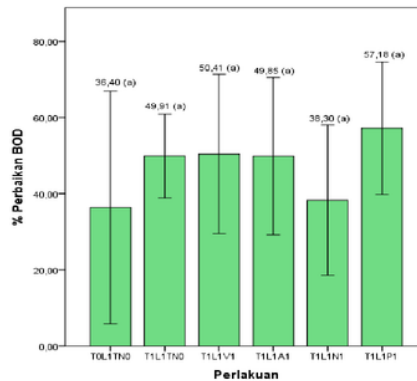
Gambar 8. Rata-rata konsentrasi BOD limbah cair kayu lapis pada berbagai perlakuan setelah proses fitoremediasi

Keterangan: Huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$)

Gambar tersebut menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap konsentrasi BOD ($p > 0,05$). Konsentrasi BOD terendah terjadi pada perlakuan lahan basah menggunakan polikultur yaitu 2.791,67 mg/L dan konsentrasi BOD paling tinggi pada limbah cair tanpa lahan basah 4146,50 mg/L. Semua perlakuan tersebut nilainya masih jauh dari Baku Mutu Limbah Cair kayu lapis yaitu 75 mg/L. Konsentrasi BOD terendah pada perlakuan lahan basah menggunakan polikultur karena pada perlakuan tersebut menggunakan 3 jenis tanaman yang berbeda sehingga saling mendukung dalam pertumbuhannya ketika salah satu jenis tanaman mengalami toksisitas masih ada tanaman lain mampu bertahan meskipun diakhir proses fitoremediasi mengalami nekrosis. Penelitian Indrayatie (2007) dalam fitoremediasi limbah cair tapioka untuk konsentrasi BOD terendah juga terjadi pada perlakuan polikultur.

Tidak terjadinya perbedaan signifikan pada perlakuan terhadap konsentrasi BOD diduga karena pada saat akhir proses fitoremediasi semua tanaman mengalami nekrosis atau kematian sel sehingga tanaman tidak dapat melakukan fotosintesis dan respirasi. Padahal proses fotosintesis yang dilakukan oleh tanaman menyuplai oksigen ke daerah perakaran tanaman dimana oksigen tersebut digunakan oleh mikroorganisme melakukan pendegradasian terhadap konsentrasi BOD. Karena oksigen pada perlakuan terbatas sehingga aktivitas organisme mendegradasi konsentrasi BOD pun rendah. Hal tersebut juga dikemukakan oleh Puspita, et. al., (2005) bahwa faktor yang berperan dalam proses fitoremediasi adalah mikroorganisme yang melekat pada perakaran tanaman.

Pada Gambar 9 menunjukkan rata-rata persen perbaikan BOD, persen perbaikan tertinggi pada perlakuan lahan basah menggunakan tanaman Polikultur 57,18 %, kemudian pada perlakuan lahan basah menggunakan tanaman Akar Wangi 50,41 %, lahan basah tanpa tanaman 49,91 %, lahan basah menggunakan tanaman Jeringau 49,85 %, lahan basah menggunakan tanaman Iris 38,80 % dan terendah pada perlakuan limbah cair tanpa lahan basah dan tanpa tanaman 36,40 %. Pada penelitian Indrayatie (2007) persen penurunan BOD limbah cair tapioka juga terjadi pada perlakuan polikultur (99,3 %) dan Akar Wangi (99,1%). Lebih lanjut Indrayatie (2007) menjelaskan bahwa proses penurunan konsentrasi BOD tersebut terjadi karena adanya degradasi polutan oleh mikroorganisme sehingga menyebabkan perbaikan konsentrasi BOD.

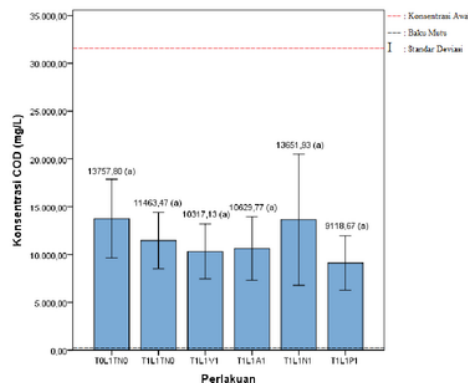


Gambar 9. Rata-rata persen perbaikan BOD limbah cair kayu lapis pada berbagai perlakuan setelah proses fitoremediasi ²

Keterangan: Error bar menunjukkan standar deviasi. Huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$)

Rata-rata konsentrasi COD air limbah kayu lapis disajikan pada Gambar 10. Gambar tersebut menunjukkan konsentrasi COD sesudah proses fitoremediasi yaitu 13.757,80 - 9.118,67 mg/L. Perlakuan dengan konsentrasi COD paling rendah adalah perlakuan lahan basah menggunakan tanaman polikultur 9118,67 mg/L dan yang konsentrasi COD tertinggi pada limbah cair tanpa lahan basah dan tanpa tanaman 13757,80 mg/L. Semua perlakuan tidak menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$) terhadap penurunan konsentrasi COD. Dilihat dari garis putus-putus hitam pada gambar menunjukan bahwa semua perlakuan belum mampu memenuhi Baku Mutu limbah cair industri kayu lapis yaitu 125 mg/L.

Konsentrasi COD terendah pada perlakuan lahan basah menggunakan polikultur karena pada perlakuan tersebut menggunakan 3 jenis tanaman yang berbeda sehingga saling mendukung dalam pertumbuhannya ketika salah satu jenis tanaman mengalami toksisitas masih ada tanaman lain mampu bertahan meskipun diakhir proses fitoremediasi mengalami nekrosis. Tidak terjadinya perbedaan signifikan pada perlakuan terhadap konsentrasi COD diduga karena pada saat akhir proses fitoremediasi semua tanaman mengalami nekrosis atau kematian sel sehingga tanaman tidak dapat melakukan fotosintesis dan respirasi.

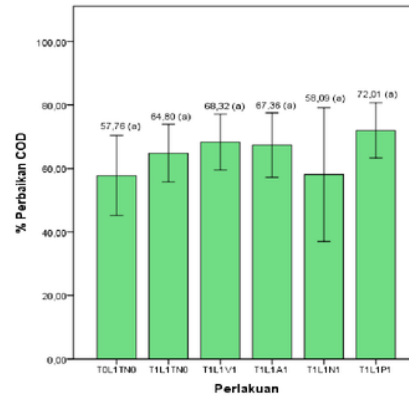


Gambar 10. Rata-rata konsentrasi COD limbah cair kayu lapis pada berbagai perlakuan setelah proses fitoremediasi ²

Keterangan: Huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$)

Penelitian Indrayatie (2007) persen penurunan COD tertinggi pada tanaman Akar Wangi yaitu 98,9 % dan polikultur 98,8 %. Gambar 11 memperlihatkan rata-rata persen perbaikan COD tertinggi juga terjadi pada polikultur 72,01 % dan tanaman Akar Wangi 68,33 %. Lebih lanjut Indrayatie (2007) mengatakan bahwa proses penurunan COD tersebut karena adanya degradasi polutan oleh mikroorganisme sehingga menurunkan nilai COD. Menurut Puspita

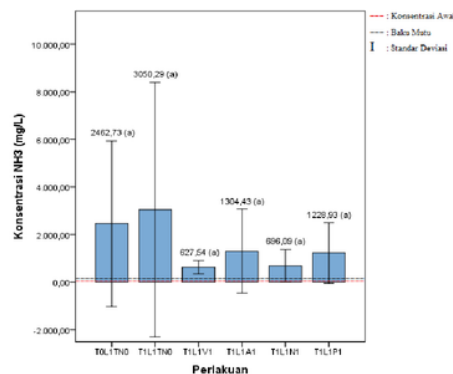
et al., (2005) faktor-faktor yang berperan dalam proses pengolahan limbah pada lahan basah buatan adalah mikroorganisme pada lahan basah buatan yang melekat pada permukaan perakaran dan substrat/media membentuk biofilm. Mikroorganisme berperan sangat penting dalam sistem lahan basah buatan karena mikroorganisme melaksanakan penguraian bahan-bahan organik baik secara aerobik maupun anaerobik.



Gambar 11. Rata-rata persen perbaikan COD limbah cair kayu lapis pada berbagai perlakuan setelah proses fitoremediasi
Keterangan: Error bar menunjukkan standar deviasi. Huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$)

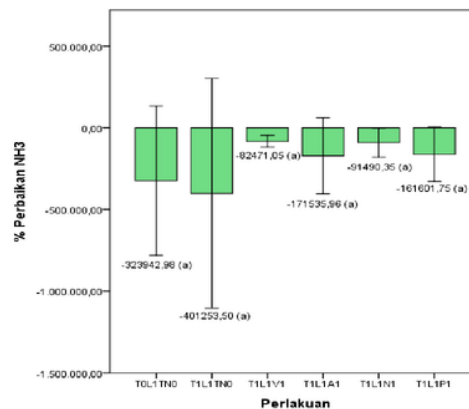
Hasil uji konsentrasi NH_3 air limbah kayu lapis diperoleh nilai rata-rata yang disajikan pada Gambar 12. Konsentrasi NH_3 tertinggi terjadi pada lahan basah tanpa tanaman 3.050,29 mg/L dan yang terendah pada perlakuan lahan basah menggunakan tanaman Akar Wangi 627,54 mg/L. Semua perlakuan belum dapat memenuhi Baku Mutu Limbah Cair kayu lapis yaitu 4 mg/L.

Kenaikan konsentrasi terendah pada tanaman Akar Wangi, hal tersebut diduga karena pada perlakuan menggunakan akar wangi mampu mengubah NH_3 menjadi nitrit. Konsentrasi NH_3 yang tinggi diduga adanya penguraian protein dan nitrogen pada limbah cair kayu lapis oleh mikroorganisme karena limbah cair yang digunakan adalah air limbah yang masih segar, selain itu kandungan NH_3 tanah yang digunakan cukup tinggi juga diduga mempengaruhi konsentrasi NH_3 pada limbah cair kayu lapis setelah proses fitoremediasi. Hal tersebut juga dikemukakan Sari (2015) bahwa NH_3 dapat terbentuk dari hasil penguraian protein yang terdapat dalam limbah organik, baik berasal dari limbah rumah tangga maupun industri. Lebih lanjut Sari (2015) memaparkan sumber amonia di perairan adalah hasil pemecahan nitrogen organik.



Gambar 12. Rata-rata konsentrasi NH_3 limbah cair kayu lapis pada berbagai perlakuan setelah proses fitoremediasi
Keterangan: Huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$)

Rata-rata persen perbaikan NH₃ disajikan pada Gambar 13. Gambar tersebut memperlihatkan rata-rata persen perbaikan NH₃, pada parameter NH₃ mengalami kenaikan pada semua perlakuan, sehingga nilai persen perbaikannya negatif. Persen perbaikan NH₃ dari tertinggi sampai terendah berturut-turut pada lahan basah menggunakan tanaman Akar Wangi -82.471,05 %, lahan basah menggunakan tanaman Iris -91.490,35 %, lahan basah menggunakan tanaman polikultur -161.601,75 %, lahan basah menggunakan tanaman Jeringau -171.535,97 %, limbah cair tanpa lahan basah dan tanpa tanaman -323.942,98 %, dan lahan basah tanpa tanaman -401.253,50 %.



Gambar 13. Rata-rata persen perbaikan NH₃ limbah cair kayu lapis pada berbagai perlakuan setelah proses fitoremediasi

Keterangan: Error bar menunjukkan standar deviasi. Huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata (P<0,05)

Perlakuan Terbaik dalam Proses Fitoremediasi Limbah Cair Kayu Lapis

Indeks Pencemaran dapat memberi masukan pada pengambilan keputusan agar dapat menilai kualitas air, dengan demikian untuk mengetahui perlakuan terbaik dimana perlakuan tersebut menghasilkan indeks pencemaran air terendah yang dapat diketahui dengan menghitung indeks pencemaran air limbah kayu lapis setelah proses fitoremediasi yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Indeks Pencemaran Air Limbah Kayu Lapis Setelah Proses Fitoremediasi

| Perlakuan | Parameter | | | | | Indeks Pencemaran Air | Ket. |
|-----------|------------|------------|------------|------------------------|------|-----------------------|------|
| | BOD (mg/L) | COD (mg/L) | TSS (mg/L) | NH ₃ (mg/L) | pH | | |
| TOL1TN0 | 4146,5 | 13757,8 | 826,67 | 2462,73 | 8,33 | 11,61 | TB |
| T1L1TN0 | 3266,07 | 11463,47 | 201,33 | 3050,29 | 8,33 | 11,73 | TB |
| T1L1V1 | 3232,8 | 10317,13 | 331,67 | 627,54 | 8,5 | 9,36 | TS |
| T1L1A1 | 10317,13 | 3269,47 | 326,67 | 1304,43 | 8,23 | 10,59 | TB |
| T1L1N1 | 4023,03 | 13651,93 | 210,67 | 696,09 | 8,2 | 9,50 | TS |
| T1L1P1 | 2791,67 | 9118,67 | 288,67 | 1228,93 | 8,26 | 10,34 | TB |

Keterangan :

TB : Tercemar Berat
TS : Tercemar Sedang

Dilihat dari indeks pencemaran, dapat diketahui nilai indeks pencemaran air tertinggi pada perlakuan lahan basah tanpa tanaman yaitu 11,73, kemudian limbah cair tanpa lahan basah dan tanpa tanaman 11,61, lahan basah menggunakan tanaman Jeringau 10,59, lahan basah menggunakan polikultur 10,34, lahan basah menggunakan tanaman Iris 9,50, dan perlakuan dengan indeks pencemaran terendah pada perlakuan lahan basah menggunakan tanaman

Akar Wangi yaitu 9,36. Perlakuan terbaik pada lahan basah menggunakan tanaman Akar Wangi diduga karena konsentrasi NH_3 pada perlakuan tersebut paling rendah dari perlakuan lain. Konsentrasi NH_3 lebih berpengaruh dari pada parameter lain terhadap indeks pencemaran karena limbah cair kayu lapis dihasilkan dari proses pencucian alat dan bahan produksi dan komposisi yang terkandung dalam limbah cair tersebut adalah air dari bahan perekat. Perekat digunakan industri adalah urea formaldehyde yang berarti kandungan pada limbah cair tersebut tinggi akan bahan organik. Bahan organik yang tinggi tersebut akan diuraikan oleh mikroba anaerob menjadi NH_3 . Ketika konsentrasi NH_3 tinggi pada suatu badan perairan akan memberikan dampak negatif terhadap lingkungan dan akan bersifat racun. Sihaloho (2009) menyatakan bahwa NH_3 akan bersifat toksik jika konsentrasinya tinggi pada pH rendah dan sebaliknya jika pH tinggi dengan konsentrasi NH_3 yang rendah akan bersifat racun.

Meskipun pada perlakuan lain nilai BOD, COD, TSS, dan pH lebih baik daripada perlakuan lahan basah menggunakan tanaman Akar Wangi. Parameter tersebut dapat terdegradasi secara alami dengan pengendapan. Hal tersebut dikemukakan oleh Metcalf dan Eddy (1993) bahwa proses pendegradasian COD dan BOD solid maupun TSS dapat terjadi secara fisik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Setelah proses fitoremediasi selama waktu tinggal 35 hari pada limbah cair kayu lapis, persen biomassa tertinggi pada tanaman Iris (60,54 %) dan persen biomassa terkecil pada polikultur (31,41 %). Ditinjau dari persen perbaikan kualitas limbah cair kayu lapis setelah proses fitoremediasi perbaikan pH tertinggi pada perlakuan lahan basah menggunakan tanaman Iris (10,19 %), Perbaikan TSS pada perlakuan lahan basah tanpa tanaman (87,05 %), perbaikan BOD pada perlakuan lahan basah menggunakan tanaman polikultur (57,18 %), perbaikan COD juga pada perlakuan lahan basah menggunakan tanaman polikultur (72,01 %), dan perbaikan NH_3 pada perlakuan lahan basah menggunakan tanaman akar wangi (-82471,05 %). Pengolahan limbah cair menggunakan tanaman hidromakrofit dengan sistem lahan basah buatan pada pH sudah memenuhi baku mutu namun pada parameter BOD, COD, TSS, dan NH_3 belum dapat memenuhi baku mutu limbah cair kayu lapis yang ditetapkan pada Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor: 36 Tahun 2008. Dihitung dari indeks pencemaran diketahui perlakuan terbaik pada perlakuan lahan basah menggunakan tanaman Akar Wangi dengan nilai indeks pencemaran 9,36 dikategorikan tercemar sedang.

Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilaksanakan dilihat dari indeks pencemaran air maka pada perlakuan lahan basah menggunakan tanaman Akar Wangi merupakan perlakuan terbaik. Bagi industri kayu lapis dapat mempertimbangkan bahwa pengguatan tanaman Akar Wangi dalam pengolahan limbah cair dengan metode fitoremediasi dengan sistem lahan basah buatan dapat memperbaiki kualitas limbah cair kayu lapis dari tercemar berat menjadi tercemar sedang. Karena pada penelitian ini belum dapat memenuhi Baku Mutu maka perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan perlakuan berbagai konsentrasi limbah cair kayu lapis.

19

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura (BPTPH) Banjarbaru atas perkenannya menggunakan Rumah Kaca.

DAFTAR PUSTAKA

22
Amansyah, M., Daud, A., dan Noor, N. B. 2012. Studi Kemampuan Jeringau (*Acorus calamus*) dalam menurunkan Amoniak (NH_3) dalam Air Limbah Rumah Sakit. Jurnal Kesehatan Lingkungan. Jurusan Kesehatan Lingkungan FKM Univesitas Hasanuddin.

- Basri, S. dan Hamzah, E. 2015. Studi Eksperimen : Efektivitas Kemampuan Tanaman Jeringau (*Acorus calamus*) untuk Menurunkan Kadar Logam Berat di Air. *Jurnal Higiene Volume 1*, No. 1, Januari-April 2015.
- Dhaji, D. 2013. Efisiensi Pemberian Perupuk Terhadap Serapan Limbah Cair Industri Karet. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru. *Fish Scientiae*, Volume 3 Nomor 5, Juni 2013 hal. 17-28.
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. PT Kanisius. Yogyakarta.
- Indrayatie E. R. 2007. Potensi Tanaman Makrohidrofit dan Semihidrofit untuk Remediasi Limbah Cair Pabrik Tapioka. *Jurnal Buana Sains Vol. 7 No 2: 157-168*.
- Metcalf and Eddy. 1993. *Wastewater Engineering (Treatment and Reuse)*. New York : Mcgraw Hill.
- Ningtyas, R. 2015. Pengolahan Limbah dengan Proses Lumpur Aktif (*Activated Sludge Process*). Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, ITB.
- Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan No. 36 Tahun 2008. Tentang Perubahan Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan No. 4 Tahun 2007 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, Hotel, Restoran, Rumah Sakit, Domestik dan Pertambangan.
- Prawira, J. 2015. Efektifitas Sistem Lahan Basah Buatan Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias *Iris pseudoacorus*. Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Maritim Raja Ali Haji. Provinsi Kepulauan Riau.
- Puspita, L., Ratnawati, E., Suryadiputra, INN. dan Muetia, AA. 2005. Lahan Basah Buatan di Indonesia. *Wetlands International-Indonesia Program*. Bogor.
- Sari, S. D.M., Suyasa, I. W. B., dan Mahardika, I. G. 2015. Pemanfaatan Biosistem Tanaman untuk menurunkan Kadar Fenol, Amonia, Ion Klorida, dan COD dari Proses Biodegradasi Air Limbah yang Mengandung Rhodamin B. *Ecotrophic Volume 10 Nomor 1 Tahun 2016 ISSN : 1907-5626*.
- Sihaloho, W. S. 2009. Analisa Kandungan Amonia dari Limbah Cair Inlet dan Outlet dari beberapa Industri Kelapa Sawit. FMIPA Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Subari, D., Udiansyah, Yanuwiyadi, B. dan Setiawan, B. 2012. Efektifitas Pengelolaan Limbah Cair pada Industri Kayu Lapis di Kalimantan Selatan. *Buana Sains Vol. 12 No. 1: 99-108*.
- Widiarso, T. 2011. Fitoremediasi Air Terkontaminasi Nikel dengan Menggunakan Tanaman Ki Ambang (*Salvinia molesta*). Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Wulandari, R. 2014. Pertumbuhan dan Kualitas Nutrisi Tanah Iris (*Neomarica longifolia*) yang ditanam pada Air Limbah Kantin Kampus IPB. Departemen Biologi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.

STUDI KEMAMPUAN TANAMAN HIDROMAKROFITA DALAM FITOREMEDIASI KUALITAS LIMBAH CAIR KAYU LAPIS

ORIGINALITY REPORT

20%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

| | | |
|----|--|----------------|
| 1 | jurnal.unitri.ac.id Internet | 100 words — 2% |
| 2 | www.ejournal-s1.undip.ac.id Internet | 73 words — 1% |
| 3 | repository.upi.edu Internet | 64 words — 1% |
| 4 | repository.unhas.ac.id Internet | 61 words — 1% |
| 5 | media.neliti.com Internet | 55 words — 1% |
| 6 | eprints.undip.ac.id Internet | 53 words — 1% |
| 7 | biodiversitas.mipa.uns.ac.id Internet | 44 words — 1% |
| 8 | eprints.uny.ac.id Internet | 42 words — 1% |
| 9 | repository.ipb.ac.id Internet | 41 words — 1% |
| 10 | journal.uin-alauddin.ac.id Internet | 39 words — 1% |

| | | |
|----|---|-----------------|
| 11 | Internet | 38 words — 1% |
| 12 | steven-marinescience.blogspot.com Internet | 35 words — 1% |
| 13 | ejournal-s1.undip.ac.id Internet | 31 words — 1% |
| 14 | docslide.us Internet | 25 words — < 1% |
| 15 | ejournal.kesling-poltekkesbjm.com Internet | 24 words — < 1% |
| 16 | aka.ac.id Internet | 23 words — < 1% |
| 17 | doaj.org Internet | 22 words — < 1% |
| 18 | tabalongkab.go.id Internet | 22 words — < 1% |
| 19 | Rihastiwi Setiya Murti, Christiana Maria Herry Purwanti, Suyatini Suyatini. "Adsorpsi amonia dari limbah cair industri penyamakan kulit menggunakan abu terbang bagas", Majalah Kulit, Karet, dan Plastik, 2013 Crossref | 20 words — < 1% |
| 20 | perpustakaan.fmipa.unpak.ac.id Internet | 19 words — < 1% |
| 21 | digilib.unila.ac.id Internet | 18 words — < 1% |
| 22 | eprints.ums.ac.id Internet | 17 words — < 1% |
| 23 | id.scribd.com Internet | 17 words — < 1% |

| | | |
|----|---|-----------------|
| 24 | jurnal.umrah.ac.id Internet | 16 words — < 1% |
| 25 | ejournal.unib.ac.id Internet | 15 words — < 1% |
| 26 | www.academia.edu Internet | 14 words — < 1% |
| 27 | www.switchurbanwater.eu Internet | 13 words — < 1% |
| 28 | journal.ugm.ac.id Internet | 13 words — < 1% |
| 29 | dokumen.tips Internet | 12 words — < 1% |
| 30 | kirke.ub.uni-lueneburg.de Internet | 12 words — < 1% |
| 31 | eprints.uns.ac.id Internet | 12 words — < 1% |
| 32 | lanquuw.blogspot.com Internet | 11 words — < 1% |
| 33 | eprints.unipa.ac.id Internet | 10 words — < 1% |
| 34 | Lokendra Kumar. "Development of an ecologically sustainable wastewater treatment system", Water Science & Technology, 07/2008 Crossref | 10 words — < 1% |
| 35 | semnasffua.com Internet | 10 words — < 1% |
| 36 | annisazegasmauctf.blogspot.com Internet | 10 words — < 1% |

| | | |
|----|--|----------------|
| 37 | sedotinja.blogspot.com Internet | 9 words — < 1% |
| 38 | es.scribd.com Internet | 9 words — < 1% |
| 39 | www.slideshare.net Internet | 9 words — < 1% |
| 40 | pt.scribd.com Internet | 9 words — < 1% |
| 41 | ti.unpar.ac.id Internet | 9 words — < 1% |
| 42 | repository.uinjkt.ac.id Internet | 9 words — < 1% |
| 43 | 202.124.205.111 Internet | 8 words — < 1% |
| 44 | biologi.fst.unair.ac.id Internet | 8 words — < 1% |
| 45 | jurnal.unpad.ac.id Internet | 8 words — < 1% |
| 46 | umbusapuymail.blogspot.com Internet | 8 words — < 1% |

EXCLUDE QUOTES OFF
EXCLUDE BIBLIOGRAPHY ON

EXCLUDE MATCHES OFF