

ABSORBSI ORTHOFOSFAT (PO_4^{3-}) OLEH TANAMAN AIR KAYU APU (*Pistia stratiotes L.*) PADA LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT SAIFUL ANWAR DENGAN PROSENTASE PENUTUPAN DAN LAMA KONTAK

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

Oleh :

**HORAS SITUMORANG
NIM. 115080100111034**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2015**

ABSORBSI ORTHOFOSFAT (PO_4^{3-}) OLEH TANAMAN AIR KAYU APU (*Pistia stratiotes L.*) PADA LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT SAIFUL ANWAR DENGAN PROSENTASE PENUTUPAN DAN LAMA KONTAK

SKRIPSI
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya

Oleh :

HORAS SITUMORANG
NIM. 115080100111034



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2015

SKRIPSI

ABSORBSI ORTHOFOSFAT (PO_4^{3-}) OLEH TANAMAN AIR KAYU APU (*Pistia stratiotes L.*) PADA LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT SAIFUL ANWAR DENGAN PROSENTASE PENUTUPAN DAN LAMA KONTAK

Oleh :

HORAS SITUMORANG
NIM. 115080100111034

Telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal 22 September 2015
dan dinyatakan telah memenuhi syarat
SK Dekan No. : _____
Tanggal : _____

Dosen Penguji II

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I

Andi Kurniawan., S.Pi, M.Eng, D.Sc
NIP. 19790331 200501 1 003
Tanggal :

Ir. Herwati Umi Subarijanti., MS
NIP. 19520402 198003 2 001
Tanggal :

Dosen Pembimbing II

Dr. Uun Yanuhar, S.Pi., M.Si
NIP. 19730404 200212 2 001
Tanggal :

Mengetahui,
Ketua Jurusan MSP

Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS
NIP. 19620805 198603 2 001
Tanggal :

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, Agustus 2015
Mahasiswa

Horas Situmorang
NIM. 11508010011103



RINGKASAN

HORAS SITUMORANG. Skripsi dengan judul Absorpsi Orthofosfat (PO_4^{3-}) Oleh Tanaman Air Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) Pada Limbah Cair Rumah Sakit Saiful Anwar Dengan Prosentase Penutupan Dan Lama Kontak. (dibawah bimbingan Ir. **HERWATI UMI SUBARIJANTI, MS DAN Dr. UUN YANUHAR, S.Pi., M.Si.**)

Menurut SK Gubernur Jatim nomor 72 Tahun 2013 yang mengatur tentang baku mutu air limbah bagi rumah sakit, salah satu parameter yang diukur yaitu PO_4 (orthofosfat). Salah satu cara untuk menanggulangi kandungan orthofosfat di perairan yaitu menggunakan tanaman air untuk menyerap unsur hara tersebut. Kandungan Orthofosfat pada limbah rumah sakit yang diperbolehkan kadar maksimumnya yaitu sebesar 2 mg/L.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk Mengetahui absorpsi orthofosfat oleh tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dengan prosentase penutupan pada limbah cair rumah sakit dan mengetahui absorpsi orthofosfat oleh tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dengan lama kontak yang berbeda pada limbah cair rumah sakit.

Metode yang digunakan dalam praktek penelitian ini adalah metode eksperimen dengan menggunakan model Rancangan Acak Lengkap Tersarang. Penelitian ini dilaksanakan selama 6 hari. Model rancangan tersebut dibuat untuk mengetahui perbedaan di setiap perlakuan prosentase penutupan dan lama kontak yang berbeda pada kemampuan Tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dan laju penyerapan orthofosfat. Mengetahui perlakuan mana yang terbaik dengan menggunakan uji BNT dan untuk mengetahui kombinasi waktu tersarang dalam perlakuan yang terbaik digunakan uji BNJ. Data kualitas air yang digunakan untuk mendukung penelitian adalah oksigen terlarut (DO), pH dan suhu. Metode penelitian ini yaitu metode eksperimen dengan perlakuan prosentase penutupan 25%, 50%, 75% dan 100% sebagai perlakuan dan lama kontak 0, 2, 4, 6 hari sebagai ulangnya dilakukan sebanyak 3 kali.

Hasil sidik ragam menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap Tersarang di dapatkan hasil yang berbeda sangat nyata di setiap perlakuan penyerapan orthofosfat pada tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*). Perlakuan yang paling berpengaruh yaitu perlakuan yang menurunkan kandungan orthofosfat paling banyak melalui uji BNT terdapat pada perlakuan prosentase penutupan 100%. Pada kombinasi waktu yang tersarang dalam perlakuan juga terdapat perbedaan yang sangat nyata, kombinasi yang memiliki pengaruh dalam menurunkan orthofosfat terbanyak melalui uji BNJ yaitu di perlakuan penutupan 100% pada hari ke-6.

Hasil sidik ragam menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap Tersarang di dapatkan hasil yang tidak berbeda nyata di setiap perlakuan laju penyerapan orthofosfat pada tanaman Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) tetapi terdapat perbedaan yang sangat nyata pada kombinasi waktu yang tersarang pada perlakuan. Kombinasi yang paling menurunkan orthofosfat terbanyak melalui uji BNJ yaitu di perlakuan penutupan 100% pada hari ke-2.

Hasil analisis kualitas air dengan kisaran sebagai berikut, suhu 20,2 - 22°C, pH 6,68 - 7,17, oksigen terlarut 3,45 - 4,70 mg/l. Berdasarkan hasil pengukuran kualitas air yang tertera menunjukkan bahwa keadaan di media tanam masih dapat ditoleransi oleh tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) untuk pertumbuhan kelangsungan hidupnya.

Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dapat digunakan sebagai agen hayati dalam menurunkan nutrient pada limbah rumah sakit, disarankan untuk penellitian selanjutnya mengenai penggunaan tanaman air Kayu apu maupun tanaman air lainnya dapat digunakan sebagai agen hayati dalam menurunkan nutrient pada limbah industri lainnya dan dikondisikan agar setiap media tanam dalam peneltian mendapatkan cahaya matahari yang sama.



UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan terselesaikannya Laporan Skripsi ini dengan judul “Absorpsi Orthofosfat (PO_4^{3-}) Oleh Tanaman Air Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) Pada Limbah Cair Rumah Sakit Saiful Anwar Dengan Prosentase Penutupan Dan Lama Kontak”, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya sebagai rasa syukur kepada berbagai pihak, diantaranya :

- Seluruh Dosen, Staf dan Karyawan/ti FPIK UB, atas bantuan dan kerjasamanya dalam memfasilitasi penulis untuk menempuh pendidikan Strata 1 dengan sebaik-baiknya.
- Ibu E. Sinambela dan Alm. Bapak R. Situmorang, orang tua penulis yang sangat dicintai dan selalu mendoakan, memberi dukungan serta motivasi pada penulis.
- Kakak dan Adik, keluarga penulis yang selalu mendoakan, memberi semangat serta dukungan penuh pada penulis.
- Ibu Ir. Herwati Umi S., MS dan Ibu Dr. Uun Yanuhar, S.Pi., M.Si selaku dosen pembimbing I dan dosen pembimbing II, yang dengan kebaikan hati memotivasi, membimbing dan memberi dukungan serta selalu menyediakan waktu ditengah kesibukannya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini dengan baik.
- Teman-teman Seperjuangan Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan (MSP) angkatan 2011 FPIK UB, yang selalu memberi motivasi dan dukungan pada penulis
- Teman-teman kontrakan dan teman-teman khusus diantaranya: Ella Elyta, Suko Harsono, Yoladevi, Zaeyzar Anggara, Viga Boy dan Yogie, yang selalu memberikan motivasi dan membantu dalam menyelesaikan laporan ini

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat limpahan rahmatNya penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi dengan judul “**Absorpsi Orthofosfat (PO_4^{3-}) Oleh Tanaman Air Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) Pada Limbah Cair Rumah Sakit Saiful Anwar Dengan Prosentase Penutupan Dan Lama Kontak**” dengan baik dan lancar. Laporan Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat meraih gelar Sarjana Perikanan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang.

Meskipun telah berusaha semaksimal mungkin, penulis menyadari bahwa dalam penulisan Laporan Skripsi ini masih ditemui kesalahan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan dimasa mendatang. Akhirnya penulis berharap semoga Laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya dan siapapun pihak yang berkepentingan. Amin.



Malang, Agustus 2015

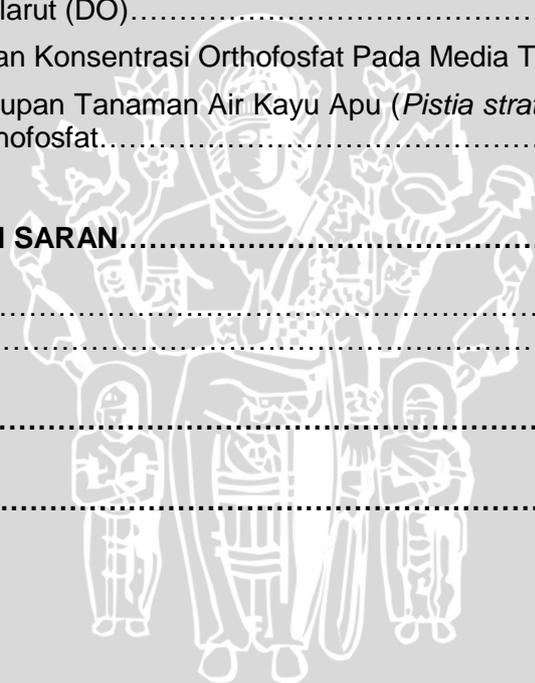
Horas Situmorang

DAFTAR ISI

RINGKASAN.....	i
UCAPAN TERIMAKASIH.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
1. PENDAHULUAN	iii
1.1 Latar Belakang	8
1.2 Rumusan Masalah	12
1.3 Tujuan Penelitian.....	12
1.4 Kegunaan Penelitian	12
1.4.1 Kegunaan Praktis	12
1.4.2 Kegunaan Teoritis.....	6
1.5 Hipotesis	13
1.6 Waktu dan Tempat Penelitian.....	13
II. TINJAUAN PUSTAKA	14
2.1 Pencemaran.....	14
2.2 Limbah Rumah Sakit.....	15
2.3 Orthofosfat(PO_4^{3-}).....	16
2.4 Kayu apu (<i>Pistia stratiotes L</i>).....	18
2.5 Fitoremediasi.....	20
2.6 Mekanisme kerja fitoremediasi	21
2.7 Parameter Kualitas Air Pendukung.....	23
2.7.1 Oksigen Terlarut	23
2.7.2 Suhu	23
2.7.3 Derajat Keasaman (pH)	24
III. METODE PENELITIAN	26
3.1 Materi Penelitian	26
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	26
3.3 Metode Penelitian.....	27
3.4 Persiapan Penelitian	30

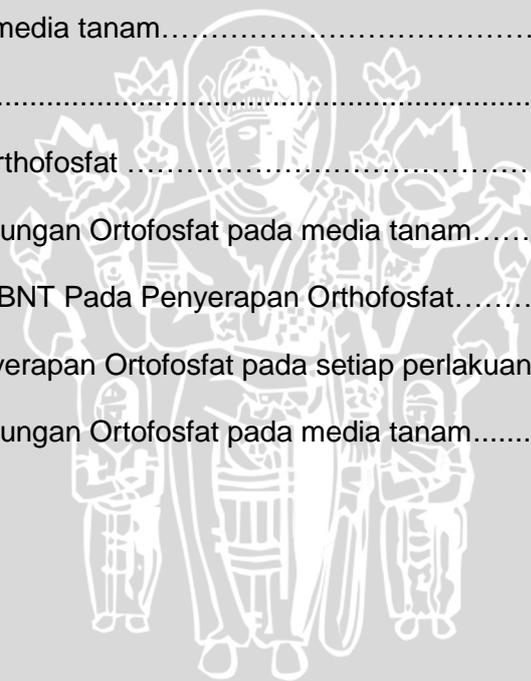


3.5 Pengukuran Orthofosfat (SNI, 1990)	31
3.6 Parameter Kualitas Air Pendukung.....	32
3.6.2 pH.....	32
3.6.3 Suhu	32
3.7 Analisis Data	33
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 Karakterisasi Limbah Cair Rumah Sakit Saiful Anwar yang Digunakan dalam Penelitian.....	35
4.2 Kondisi tanaman air Kayu apu (<i>Pistia stratiotes L</i>) sebelum dan selama penelitian.....	35
4.3 Kualitas Air Pendukung	38
4.3.1 Suhu	38
4.3.2 pH.....	33
4.3.3 Oksigen Terlarut (DO).....	35
4.4. Hasil Pengukuran Konsentrasi Orthofosfat Pada Media Tanam.....	38
4.5 Pengaruh Penutupan Tanaman Air Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes L.</i>) Terhadap Laju Penurunan Orthofosfat.....	42
5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA.....	48
LAMPIRAN.....	53



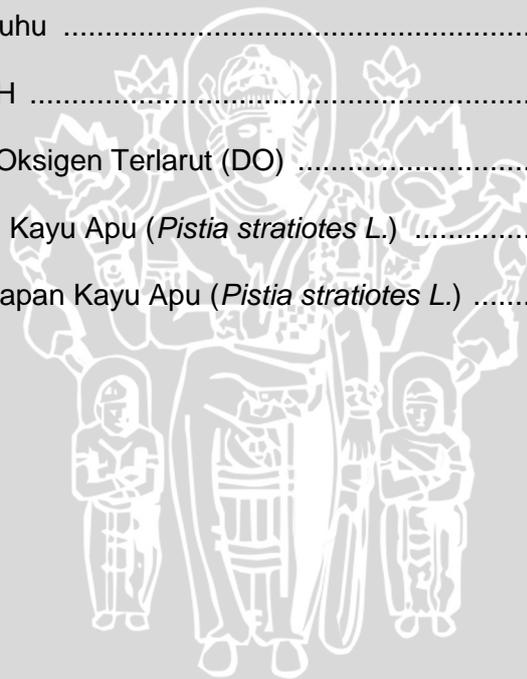
DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat dan Fungsinya.....	19
2. Bahan dan Fungsinya.....	20
3. Rancangan Percobaan Penelitian.....	21
4. Pengenceran Larutan Baku Orthofosfat.....	24
5. Tabel Beda Nyata Terkecil (BNT).....	27
6. Rata-rata Suhu pada media tanam.....	31
7. Rata-rata pH pada media tanam.....	33
8. Rata-rata DO	36
9. Hasil konsentrasi Orthofosfat	39
10. Sidik Ragam Kandungan Ortofosfat pada media tanam.....	41
11. Hasil Perhitungan BNT Pada Penyerapan Orthofosfat.....	42
12. Rata-rata laju penyerapan Ortofosfat pada setiap perlakuan.....	43
13. Sidik Ragam Kandungan Ortofosfat pada media tanam.....	45



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes</i> L.)	12
2. Skema mekanisme fitoremediasi	15
3. Denah Tata Letak Percobaan	22
4. Tanaman Air kayu Apu (<i>Pistia stratiotes</i> L.) Hari ke-0	28
5. Tanaman Air kayu Apu (<i>Pistia stratiotes</i> L.) Hari ke-2	29
6. Tanaman Air kayu Apu (<i>Pistia stratiotes</i> L.) Hari ke-4	29
7. Tanaman Air kayu Apu (<i>Pistia stratiotes</i> L.) Hari ke-6	30
8. Grafik Perubahan Suhu	32
9. Grafik Perubahan pH	34
10. Grafik Perubahan Oksigen Terlarut (DO)	37
11. Grafik Penyerapan Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes</i> L.)	40
12. Grafik Laju Penyerapan Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes</i> L.)	44



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Perhitungan Data Penyerapan Orthofosfat	53
2. Perhitungan Data Laju Penyerapan Orthofosfat	58
3. Dokumentasi Penelitian	61

1. PENDAHULUAN**1.1 Latar Belakang**

Rumah sakit adalah sarana upaya kesehatan yang menyelenggarakan kegiatan pelayanan kesehatan rujukan serta dapat berfungsi sebagai tempat pendidikan tenaga kesehatan dan penelitian (SK Gubernur Jatim No 61 Tahun 1999). Dalam memberikan pelayanan kesehatan kepada masyarakat, tentunya instansi tersebut menghasilkan bahan-bahan yang bersifat infeksius maupun non infeksius, berupa gas, cair dan padat. Semua bahan tersebut dihasilkan dari setiap kegiatan yang ada di setiap unit, seperti ruang perawatan, poliklinik, laboratorium, tempat cuci (*laundry*), dapur, kamar mandi dan kamar mayat.

Bedasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor KEP-58/MENLH/12/1995, tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan rumah sakit maka setiap rumah sakit diwajibkan menyediakan sarana pengolahan limbah cair maupun padat agar seluruh limbah yang akan di buang ke saluran umum harus memenuhi baku mutu limbah cair yang ditetapkan. Air sisa pengolahan limbah di Rumah Sakit Saiful Anwar, Malang diketahui pada akhirnya akan dibuang ke badan perairan, yakni Sungai Brantas. Oleh karena itu, sebelum tindakan tersebut dilaksanakan, pelaksanaan proses pengolahan limbah harus benar-benar dipastikan telah sesuai dengan prosedur yang berlaku, sehingga ketika air limbah tersebut sudah dibuang ke badan perairan harus

dapat dipastikan bahwa air limbah tersebut aman, tidak melebihi ambang batas dan tidak membahayakan. Adanya standar baku mutu diharapkan mendapat kesamaan pandangan dalam memandang lingkungan dan juga untuk melindungi lingkungan dari semakin banyaknya kegiatan manusia.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Harsono (2014) kandungan orthofosfat di dalam limbah cair Rumah Sakit Saiful Anwar Malang yang sudah diolah dalam instalasi penyehatan lingkungan yaitu sebesar 3,14mg/l yang telah melebihi dari ambang batas dari peraturan yang ditetapkan oleh Peraturan Gubernur Jatim Nomor 72 tahun 2013 yaitu sebesar 2mg/l.

Rumah sakit Saiful Anwar merupakan salah satu wujud pembangunan sarana di bidang kesehatan yang keberadaannya dapat menimbulkan dampak positif dan negatif. Dampak positif dari pembangunan rumah sakit adalah meningkatnya derajat kesejahteraan dan kesehatan masyarakat, sedangkan dampak negatifnya adalah sampah dan limbah medis maupun nonmedis yang dapat menimbulkan penyakit dan pencemaran yang perlu perhatian khusus (Wisaksono, 2001).

Menurut SK Gubenur Jatim nomor 72 Tahun 2013 yang mengatur tentang baku mutu air limbah bagi rumah sakit, salah satu parameter yang diukur yaitu PO_4 (orthofosfat). Salah satu cara untuk menanggulangi kandungan orthofosfat di perairan yaitu menggunakan tanaman air untuk menyerap unsur hara tersebut. Kandungan Orthofosfat pada limbah rumah sakit yang diperbolehkan kadar maksimumnya yaitu sebesar 2 mg/L.

Depkes RI (2001), menyatakan bahwa pengaruh limbah rumah sakit terhadap kualitas lingkungan dan kesehatan dapat menimbulkan berbagai masalah seperti :

1. Gangguan kenyamanan dan estetika.

Ini berupa warna yang berasal dari sedimen, larutan, bau phenol, eutrofikasidan rasa dari bahan kimia organik.

2. Kerusakan harta benda dapat disebabkan oleh garam-garam yang terlarut (korosif, karat), air yang berlumpur dan sebagainya yang dapat menurunkan kualitas bangunan di sekitar rumah sakit

3. Gangguan/kerusakan tanaman dan binatang

Ini dapat disebabkan oleh virus, senyawa nitrat, bahan kimia, pestisida, dan fosfor.

4. Gangguan terhadap kesehatan manusia

Ini dapat disebabkan oleh berbagai jenis bakteri, virus, senyawa-senyawa kimia, perstisida, serta logam berat seperti Hg, Pb, Cd yang berasal dari bagian kedokteran gigi.

Dalam pengolahan air limbah, rumah sakit Saiful Anwar telah melakukan proses pengolahan limbah mulai dari inlet yaitu Semua limbah cair yang dihasilkan dari berbagai kegiatan dan/atau tempat di lingkungan rumah sakit akan langsung dialirkan menuju bak kontrol induk, kecuali dari beberapa tempat seperti dapur dan laundry serta limbah cair yang banyak mengandung lemak akan diolah terlebih dahulu di Bak sebelum pengolahan (*Pre Treatment Basin*), baru kemudian dialirkan menuju bak kontrol induk kemudian bagian outlet yaitu pada bak pintu keluar air limbah sebelum dibuang ke sungai hingga outlet. Pada penelitian ini pengambilan limbah dilakukan di bagian outlet. Dalam limbah rumah sakit tersebut mengandung orthofosfat. Kandungan orthofosfat yang tinggi akan menyebabkan perairan menjadi tercemar dan menyebabkan terjadinya eutrofikasi dalam perairan.

Pencemaran badan air yang disebabkan oleh unsur hara yang berlebihan terutama fosfat yang terkandung pada deterjen cenderung dapat mengakibatkan eutrofikasi. Eutrofikasi yaitu masalah lingkungan hidup yang diakibatkan oleh

limbah fosfat khususnya dalam ekosistem air tawar yang menyebabkan kelebihan unsur hara yang dibutuhkan tumbuhan di perairan sehingga mampu meningkatkan produktivitas primer perairan. Jika konsentrasi orthofosfat di perairan berada pada rentang 0.031-0.1 mg/L mengakibatkan perairan tersebut mengalami eutrofikasi (Vollenweider dalam Effendi, 2003). Connel dan Miller, (1984), menyatakan dampak lain yang dapat ditimbulkan oleh adanya eutrofikasi adalah gangguan badan air akibat adanya makrofita yang mengapung dan sampah dari alga, yang dapat mengganggu penggunaan badan air sebagai tempat rekreasi atau kepentingan masyarakat lainnya, seperti olah raga dan transportasi perairan.

Upaya untuk menanggulangi kandungan orthofosfat di dalam perairan yaitu dengan menggunakan metode fitoremediasi dengan menggunakan tanaman Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*). Penggunaan tanaman air dalam pengolahan air limbah sudah banyak dilakukan baik skala laboratorium maupun industri. Tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) merupakan jenis gulma air yang sangat cepat tumbuh dan mempunyai daya adaptasi terhadap lingkungan baru yang sangat besar sehingga merupakan gangguan kronis dan sulit dikendalikan (Tjitrosoepomo, 2000).

Zaman dan Endro (2006), menyimpulkan bahwa tanaman air mampu menurunkan konsentrasi unsur hara dalam air limbah rumah sakit secara signifikan. Lama kontak tanaman air mempunyai pengaruh yang cukup signifikan terhadap konsentrasi unsur hara yang dihasilkan. Lama kontak 6 hari dan perlakuan dengan tanaman air sebagai periode dan perlakuan yang efektif.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian penyerapan orthofosfat menggunakan tanaman air kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) sebagai upaya untuk mengurangi kandungan orthofosfat pada limbah rumah sakit Saiful

Anwar. Upaya ini dilakukan agar dapat mengurangi kandungan orthofosfat sebelum dibuang ke badan perairan agar tidak terjadi pencemaran.

1.2 Rumusan Masalah

Kandungan orthofosfat yang kadarnya di perairan jika melebihi ambang batas maka akan terjadi pencemaran dan membahayakan bagi lingkungan yang dialiri oleh limbah cair tersebut. Cara meminimalisir dampak dari limbah yang dihasilkan maka perlu dilakukan pengolahan limbah secara biologis yaitu dengan menggunakan agen remediasi (tanaman air) dengan menggunakan tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) untuk mengurangi kandungan orthofosfat dalam perairan.

1. Apakah tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) mampu mengabsorpsi orthofosfat pada limbah cair rumah sakit?
2. Seberapa besar absorpsi orthofosfat tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dengan prosentase penutupan dan lama kontak yang berbeda pada limbah cair rumah sakit?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui absorpsi orthofosfat oleh tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dengan prosentase penutupan pada limbah cair rumah sakit.
2. Mengetahui absorpsi orthofosfat oleh tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dengan lama kontak yang berbeda pada limbah cair rumah sakit.

1.4 Kegunaan Penelitian

1.4.1 Kegunaan Praktis

Bagi rumah sakit penelitian ini dapat digunakan sebagai upaya dalam proses pengolahan limbah cair rumah sakit yaitu dengan menurunkan

kandungan orthofosfat menggunakan tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes* L.).

1.4.2 Kegunaan Teoritis

Memberikan pengetahuan tentang absorpsi orthofosfat tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dengan prosentase penutupan lama kontak yang berbeda pada limbah cair rumah sakit.

1.5 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah :

H0 : Diduga bahwa tidak ada perbedaan absorpsi orthofosfat tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) pada limbah Rumah Sakit berdasarkan prosentase penutupan dan lama kontak.

H1 : Diduga bahwa terdapat perbedaan absorpsi orthofosfat tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) pada limbah Rumah Sakit berdasarkan prosentase penutupan dan lama kontak yang berbeda.

1.6 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni-Juli 2015 di Instalasi Penyehatan Lingkungan Rumah Sakit Saiful Anwar Malang, Laboratorium Reproduksi dan Laboratorium Lingkungan dan Bioteknologi Perairan (LBP) Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang sebagai tempat penempatan bak – bak percobaan yang berisikan tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes* L.), pengukuran kualitas air serta analisis kandungan orthofosfat.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran

Semakin menjamurnya berbagai industri di Indonesia menyebabkan sering terjadinya pencemaran, baik berupa pencemaran air, udara dan tanah. Adanya pencemaran tersebut pada akhirnya yang menjadi korban adalah makhluk hidup dan lingkungan yang berada di sekitar kawasan industri serta lingkungan perairan yang tercemar akibat masuknya limbah industri tersebut (Azwar, 1996).

Fosfat merupakan salah satu polutan pencemaran air. Fosfat tergolong senyawa makronutrien berupa senyawa fosfor. Fosfat dalam konsentrasi yang melebihi baku mutu akan mengganggu keseimbangan kehidupan di dalam perairan, racun terhadap mikroorganisme dan bersifat korosif (Fachrulet *al.*, 2006). Konsentrasi fosfat yang berlebihan di dalam badan air akan menyebabkan pertumbuhan tanaman air yang tidak terkendali (eutrofikasi). Salah satu sumber pencemar (termasuk eutrofikasi) diakibatkan oleh pelepasan Nitrogen (N) dan Fosfor (P) di perairan.

Bedasarkan Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No. 02/MENKLH/I/1988 yang dimaksud dengan pencemaran adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air dan atau berubahnya tatanan air oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang dapat menyebabkan air atau udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Sumarno *et al* (1996), menyatakan salah satu sumber pencemaran lingkungan di perairan yaitu limbah domestik yang bersifat cair, yang berasal dari air buangan limbah yang mengandung detergen, seperti limbah rumah tangga, *laundry*, rumah makan serta pabrik.

Cara fitoremediasi ini adalah dengan menggunakan tanaman Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) pada limbah Rumah Sakit. Fitoremediasi dapat diartikan sebagai upaya penggunaan tanaman dan bagian-bagiannya untuk dekontaminasi limbah dan masalah-masalah pencemaran lingkungan baik secara *ex-situ* (pemindahan secara fisik bahan-bahan yang terkontaminasi ke suatu lokasi untuk penanganan lebih lanjut) dan *in-situ* (melakukan pengukuran langsung di lapangan) pada tanah atau daerah yang terkontaminasi limbah (Hardyanti dan Rahayu, 2006).

Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, Nomor 1204/MENKES/SK/X/2004, tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit, disebutkan bahwa limbah Rumah Sakit adalah semua limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah sakit dalam bentuk padat, cair dan gas. Limbah cair rumah sakit merupakan semua air buangan termasuk tinja yang berasal dari kegiatan rumah sakit yang kemungkinan mengandung mikroorganisme, bahan kimia beracun dan radioaktif yang dapat menimbulkan pencemaran dan berbahaya bagi kesehatan.

2.2 Limbah Rumah Sakit

Berdasarkan Kepmenkes Republik Indonesia No.1204/Menkes/SK/X/2004, mengatakan Limbah Rumah Sakit ada 3 macam yakni; 1) Limbah cair artinya semua air buangan termasuk tinja yang berasal dari kegiatan rumah sakit yang kemungkinan mengandung mikroorganisme, bahan kimia beracun dan radioaktif yang berbahaya bagi kesehatan. 2) Limbah Gas adalah semua limbah yang berbentuk gas yang berasal dari kegiatan pembakaran di rumah sakit seperti insenerator, dapur, perlengkapan generator, anastesi, dan pembuatan obat Sitotoksik. 3) Limbah padat adalah semua limbah rumah sakit yang berbentuk

padat sebagai akibat kegiatan rumah sakit yang terdiri dari limbah medis padat dan limbah padat non medis.

Alamsyah (2007), mengatakan bahwa limbah rumah sakit adalah semua limbah yang dihasilkan oleh kegiatan rumah sakit serta kegiatan penunjang lainnya. Mengingat dampak yang mungkin akan timbul, maka diperlukan upaya pengolahan yang baik meliputi alat dan sarana, keuangan dan tatalaksana pengorganisasian yang ditetapkan dengan tujuan memperoleh kondisi rumah sakit yang memenuhi persyaratan kesehatan lingkungan. Limbah cair rumah sakit dapat mengandung bahan organik dan anorganik yang umumnya diukur dengan parameter BOD, COD, TSS, dan lain-lain.

Bahan-bahan kimia yang digunakan rumah sakit mempunyai potensi sebagai sumber polusi air. Bahan kimia tersebut mungkin dapat mencemari sistem air perkotaan dan dapat menyebabkan penyakit, bahkan terjadinya wabah dan penyakit seperti kolera. Satu dari permasalahan lingkungan utama yang disebabkan oleh limbah rumah sakit adalah pembuangan limbah cair ke dalam sistem perairan tanpa melalui pengolahan limbah (Kumar dan Sabumon, 2006).

2.3 Orthofosfat (PO_4^{3-})

Fosfor tidak dibutuhkan dalam jumlah besar untuk pertumbuhan tanaman, tidak seperti karbon, oksigen dan nitrogen. Tapi fosfor merupakan salah satu elemen pembatas baik di tanah maupun di perairan tawar, karena fosfor sangat langka dan terkandung dalam batuan dengan jumlah yang lebih sedikit fosfor tidak memiliki bentuk gas dalam siklusnya sehingga tidak dapat difiksasi seperti nitrogen, selain itu fosfor terikat secara reaktif pada beberapa jenis tanah. Secara umum terdapat tiga bentuk fosfor di ekosistem akuatik, yaitu fosfor terlarut, fosfor total terlarut dan fosfor partikulat. Fosfor di perairan baik dalam bentuk organik maupun anorganik. Bentuk anorganik fosfat sebagian besar adalah orthofosfat

(PO_4^-), dan sebagian lagi bentuk monofosfat (HPO_4^-) dan dihidrogen monofosfat (H_2PO_4^-) (Goldman dan Horne, 1983 dalam Apridayanti, 2008). Fosfor terdapat dalam air limbah sebagai fosfat dalam bentuk orthofosfat dan polifosfat (Jenie dan Rahayu, 1993).

Orthofosfat merupakan fosfor dalam bentuk anorganik yang dapat langsung dimanfaatkan dan mudah diserap oleh organisme autotrof untuk pertumbuhannya. Orthofosfat merupakan bagian dari total fosfat. Bila kadar orthofosfat dalam air rendah ($< 0,001 \text{ mg/l}$) maka pertumbuhan fitoplankton dan organisme autotrof lainnya akan menjadi terhambat (Apriadi, 2008).

Fosfat berada dalam air limbah dalam bentuk senyawa anorganik. Sebagai ortofosfat anorganik atau sebagai fosfat-fosfat kompleks. Fosfat kompleks mewakili kira-kira separuh dari fosfat air limbah perkotaan dan berasal dari penggunaan bahan-bahan detergen sintetis. Fosfat kompleks mengalami hidrolisa selama pengolahan biologis menjadi bentuk ortofosfat (Budi, 2006).

Senyawa Orthofosfat merupakan faktor pembatas di perairan bila kadarnya $> 0,009 \text{ mg/l}$ kisaran orthofosfat optimum sebesar $0,09-1,80$ pada air limbah yang mengandung bakteri, pembentukan orthofosfat akan berlangsung lebih cepat dan lebih bersih. Bakteri memiliki peran penting dalam penyediaan orthofosfat di perairan (Sidharta, 2000).

Sebagian besar unsur yang dibutuhkan oleh tanaman dapat diserap dari larutan tanah melalui akar. Unsur hara dapat kontak dengan permukaan akar melalui proses difusi di dalam tanah dan air, serta karena adanya pertumbuhan akar ke arah posisi hara. Proses penyerapan unsur hara oleh tanaman dapat berlangsung jika unsur hara tersebut sudah kontak dengan permukaan akar (Yusuf, 2001).

Lakitan (2010), menyatakan beberapa teori dalam pengangkutan air di dalam pembuluh xilem yaitu:

1. Teori tekanan akar, yaitu diperkirakan air naik ke bagian atas tanaman karena adanya tekanan dari akar.
2. Teori kapilaritas. Kapilaritas merupakan gejala yang timbul akibat interaksi antara permukaan benda padat dengan benda cair yang menyebabkan gangguan terhadap bentuk permukaan cairan yang semula datar.
3. Teori sel pompa. Pergerakan vertikal air dari akar ke daun adalah karena adanya peranan sel-sel khusus yang berfungsi memompakan air ke atas.
4. Teori kohesi. Ada 3 elemen dasar dari teori kohesi untuk menjelaskan pergerakan vertikal air dalam tubuh tumbuhan yakni tenaga pendorong, hidrasi pada lintasan yang dilalui dan gaya kohesi antara molekul air.

2.4 Kayu apu (*Pistia stratiotes* L.)

Safitri (2009), menyatakan bahwa taksonomi Kayu apu adalah sebagai berikut:

- Kerajaan : Plantae
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Liliopsida
Ordo : Arales
Famili : Araceae
Genus : Pistia
Spesies : *Pistia Stratiotes* L.



Gambar 1. Kayu apu (*Pistia stratiotes* L)
(Sumber: Google.com 2015)

Kayu apu termasuk suku araceae, merupakan tumbuhan air yang mengapung bebas dipermukaan air dan bersifat sebagai tanaman tahunan. Daunnya berwarna hijau kekuningan, saling berdekatan dan saling tumpang tindih satu dengan yang lainnya, dapat berukuran kecil atau besar, memiliki rambut-rambut halus pada permukaan atas maupun bagian bawahnya. Kayu apu dapat membentuk biji yang dapat berkecambah bila tersedia cukup oksigen namun pada umumnya perkembangbiakan terjadi melalui organ vegetatif yaitu dengan membentuk stolon (Aphrodyanti, 2007).

Kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) merupakan tumbuhan yang terapung di atas permukaan air (Floating Aquatic Plant) yang telah banyak dikenal dalam proses fitoremediasi. Kayu apu juga banyak ditemukan di daerah perairan seperti kanal, danau, sungai, penampungan air, sawah, pada air yang bergerak pelan atau menggenang di daerah tropis. Berdasarkan penelitian sebelumnya menyebutkan kayu apu dapat tumbuh dengan baik dalam air buangan dan dapat menurunkan kandungan pencemar dalam air limbah sampai dengan 90% (Sari, 1999 dan Damayanti, 2000).

2.5 Fitoremediasi

Penggunaan tanaman untuk memulihkan lahan dan / atau air yang tercemar senyawa organik dan anorganik dengan fitoremediasi sudah terbukti efektif (Purwaningsih *et al*, 2008). Keunggulan metode ini dibandingkan dengan teknologi pengolahan limbah yang lain adalah karena prosesnya yang alami, adanya hubungan yang sinergi antara tanaman, mikroorganisme dan lingkungan atau habitat hidup, serta tidak diperlukan teknologi tinggi. Kelebihan tersebut menyebabkan biaya operasi proses fitoremediasi relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan metode lain (Glass, 1998).

Tanaman Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dapat dimanfaatkan untuk melakukan penjernihan air. Umumnya tanaman air sangat tahan terhadap kadar unsur hara yang sangat rendah dalam air tetapi responnya terhadap kadar hara yang tinggi juga sangat besar. Tanaman air menyerap senyawa anorganik terlarut ke dalam strukturnya sehingga pada umumnya limbah yang polutannya sudah dibersihkan oleh tumbuhan saat dialirkan ke lingkungan akibat kerusakannya lebih kecil (Lusianty dan Soerjani, 1974).

Hardiani (2009), menyatakan bahwa fitoremediasi adalah salah satu metode remediasi dengan mengandalkan peran tumbuhan untuk menyerap, mendegradasi, mentransformasi dan mengimobilisasi bahan pencemar dari tanah atau perairan yang terkontaminasi. Fitoremediasi ini menggunakan tanaman kayu apu yang dapat dijadikan alternatif dalam proses pengolahan air limbah.

Fitoremediasi dapat diartikan sebagai upaya penggunaan tanaman dan bagian-bagiannya untuk dekontaminasi limbah dan masalah-masalah pencemaran lingkungan baik secara ex-situ (Memindahkan bahan-bahan yang terkontaminasi ke suatu lokasi untuk ditindak lanjuti) maupun in-situ (langsung di lapangan) pada tanah atau daerah yang terkontaminasi limbah. Limbah yang

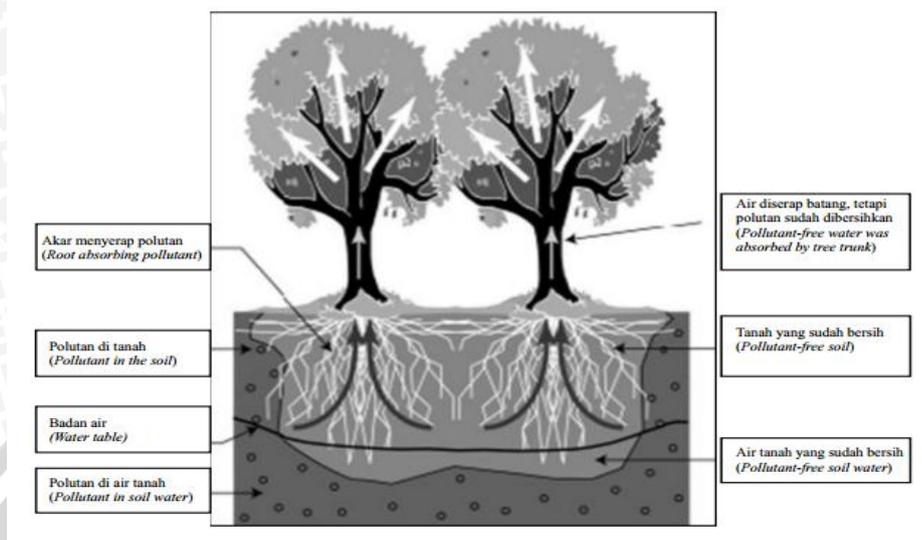
masuk secara langsung dapat diserap oleh tanaman. Fitoremediasi dengan tanaman kayu apu dapat dijadikan alternatif lain dalam proses pengolahan air limbah (Hardyanti dan Rahayu, 2006).

2.6 Mekanisme kerja fitoremediasi

Mekanisme kerja fitoremediasi oleh Tanaman air bersifat rizofiltrasi (mengabsorpsi larutan polutan sekitar akar ke akar) dan fitoekstraksi. Fitoekstraksi merupakan penyerapan polutan oleh tanaman dari air atau tanah dan kemudian diakumulasi atau disimpan didalam tanaman (daun atau batang). Proses penyerapan unsur hara oleh tanaman dapat berlangsung jika unsur hara tersebut sudah kontak dengan permukaan akar. Setelah polutan terakumulasi, tanaman bisa dipanen dan tanaman tersebut tidak dapat dikonsumsi tetapi harus di musnahkan (Putri *et al.*, 2014).

Teknik pengolahan limbah yang tepat, praktis, dan murah untuk menangani pencemaran air yaitu dengan menggunakan tanaman air. Pengolahan limbah industri yang sedang berkembang pesat adalah teknik fitoremediasi. Fitoremediasi (*phytoremediation*) merupakan suatu sistem tanaman tertentu bekerjasama dengan mikroorganisme dalam media (tanah, koral dan air) dapat mengubah zat kontaminan (pencemar/polutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya dan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi (Putri *et al.*, 2014).

Skema mekanisme fitoremediasi dapat dilihat pada gambar 2 berikut:



Gambar 2. Skema mekanisme fitoremediasi oleh tanaman

Tanaman Kayu apu (*Pistia Stratiotes L.*) dapat digunakan sebagai upaya dalam proses pengolahan limbah cair yang dapat menurunkan kandungan pencemar dalam air. Skema mekanisme fitoremediasi di atas (Gambar 2) adalah proses penyerapan bahan pencemar oleh tanaman yang terdapat di dalam perairan jika kandungannya yang melebihi ambang batas dapat mengakibatkan kerusakan pada lingkungan perairan (eutrofikasi).

Kekurangan fosfat dapat mengganggu sistem fisiologis tanaman seperti pertumbuhan akar. Unsur P sangat dibutuhkan oleh tanaman pada pembungaan dan pada masa pematangan, dan lain sebagainya. Terhambatnya pertumbuhan akar turut mengganggu absorpsi unsur hara lain sehingga pertumbuhan tanaman menjadi terhambat. Namun kelebihan fosfat juga akan memberi dampak negatif karena membuat umur tumbuhan terlihat lebih pendek dibanding tumbuhan dengan kadar fosfat normal (Rosmarkam dan Yuwono, 2002).

2.7 Parameter Kualitas Air Pendukung

2.7.1 Oksigen Terlarut

Sumber utama oksigen terlarut dalam air adalah penyerapan oksigen dari udara melalui kontak antara permukaan air dengan udara dan dari proses fotosintesis. Selanjutnya air kehilangan oksigen melalui pelepasan dari permukaan ke atmosfer dan melalui kegiatan respirasi dari semua organisme dalam air (Barusdalam Sandriati, 2002).

Jenie dan Rahayu (1993), mengatakan bahwa pada perairan dengan kadar oksigen terlarut 3,00 – 5,00 mg/L telah memenuhi syarat untuk dilepas ke lingkungan, karena pada kondisi seperti itu proses anaerobik di dalam perairan dapat dicegah, sehingga kehidupan organisme di dalamnya dapat berlangsung.

Di perairan tawar, kadar oksigen terlarut berkisar antara 15 mg/l pada suhu 0°C dan 8 mg/l pada suhu 25°C. Kadar oksigen terlarut di dalam perairan dipengaruhi oleh proses aerasi, fotosintesis, respirasi dan oksidasi limbah. Semua limbah yang teroksidasi, terutama limbah domestik, termasuk dalam katagori limbah penyebab penurunan kadar oksigen terlarut, Oksigen sangat penting bagi kelangsungan hidup organisme pada ekosistem perairan. Sumber oksigen terlarut dapat berasal dari difusi oksigen yang terdapat di atmosfer (sekitar 35%) dan aktivitas fotosintesis oleh fitoplankton dan tumbuhan air. (Effendi, 2003). Proses respirasi tumbuhan air dan hewan serta proses dekomposisi bahan organik dapat menyebabkan hilangnya oksigen dalam suatu limbah pada media.

2.7.2 Suhu

Nxawe *et al* (2010), menyatakan bahwa suhu air dapat mempengaruhi banyak proses fisiologis selama pertumbuhan dan perkembangan pada tanaman. Suhu di bawah atau di atas tingkat optimal dapat mempengaruhi

aktivitas metabolisme tanaman positif atau negatif. Suhu optimal dari media pertumbuhan dapat berkontribusi terhadap peningkatan dan mengoptimalkan proses fisiologis tanaman. Hidayat (2011) menyatakan jika semakin tinggi suhu lingkungan tanaman maka semakin tinggi pula tingkat penyerapan tanaman tersebut, dimana suhu lingkungan akan menyebabkan proses fotosintesis meningkat, sehingga penyerapan nutrisi oleh tanaman juga akan meningkat.

Meningkatnya suhu disertai dengan penurunan kadar oksigen terlarut di perairan, sehingga keberadaan oksigen sering kali tidak mampu memenuhi kebutuhan oksigen bagi organisme akuatik untuk melakukan proses metabolisme dan respirasi (Effendi, 2003).

2.7.3 Derajat Keasaman (pH)

Sugiharto (1987) dalam Apriadi (2008), mengatakan bahwa air limbah dengan konsentrasi pH yang tidak netral akan menyulitkan proses biologis, sehingga akan mengganggu proses penjernihannya. Laju dekomposisi bahan organik turut dipengaruhi pH sebagaimana dipengaruhi pula oleh suhu, ketersediaan oksigen dan sifat bahan organik. Preferensi pH berbeda-beda pada mikroorganisme yang berbeda, akan tetapi secara umum bakteri pendekomposisi tumbuh dengan baik pada kondisi netral hingga agak sedikit basa. Bahan organik pun terdekomposisi lebih cepat pada kondisi netral atau basa dibandingkan kondisi asam (Boyd dalam Pratiwi, 2010). Nilai pH dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain yaitu aktivitas biologi seperti fotosintesis dan respirasi organisme, suhu dan keberadaan ion-ion yang terdapat dalam perairan tersebut (Pescod dalam Kurniawan, 2006).

Sudarwin (2003), menyatakan bahwa banyak tanaman air yang dapat bertahan hidup dengan pH berkisar antara 6,5-7,4. Tetapi tidak semua tanaman air hidup pada kisaran itu melainkan tergantung dari jenis tanaman. Menurut

Wardhana (2005) dalam Pratiwi (2010), air yang memiliki pH lebih kecil dari pH normal akan bersifat asam, sedangkan air yang mempunyai pH lebih besar dari normal akan bersifat basa. Air limbah dan bahan buangan dari kegiatan industri yang dibuang ke sungai akan mengubah pH air yang akhirnya dapat mengganggu kehidupan organisme dalam air.



3. METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

Materi dalam penelitian ini adalah tanaman Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*), orthofosfat dan limbah cair Rumah Sfait Saiful Anwar yang telah diolah di Instalasi PenyehatanLingkungan. Parameter utama yang diukur yaitu perubahan kandungan orthofosfat (PO_4) pada media tanam. Sedangkan parameter kualitas air yang diukur yaitu oksigen terlarut (DO), suhu dan pH.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan penelitian yang digunakan untuk pengukuran parameter dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Alat Penelitian beserta Fungsinya

No.	Nama Alat	Fungsi
1	Spektrofotometer	Menganalisa orthofosfat pada media tanam dan air sampel
2	DO meter	Mengukur Oksigen Terlarut air
3	pH Meter	Mengukur pH air
4	Erlenmenyer 500 ml	Wadah sampel
5	Bak percobaan 10 liter	Wadah percobaan
6	Pipet volume	Mengambil larutan dalam skala besar atau yang diinginkan
7	Bola Hisap	Membantu mengambil larutan

Tabel 2. Bahan Penelitian beserta Fungsinya

No.	Bahan	Fungsi
1.	Aquadest	Aklimatasi tanaman air
2.	Kayu apu (<i>Pistia stratiotes L.</i>)	Tanaman yang akan dianalisa konsentrasi orthofosfat yang terserap
3.	Limbah cair rumah sakit	Bahan uji analisis orthofosfat
4.	Kertas Label	Pemberi Keterangan
5.	Larutan SnCl ₂	Pengukuran orthofosfat
6.	amonium molybdat	Pengukuran orthofosfat

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Hanifah (2005), menyatakan bahwa metode eksperimen atau percobaan suatu tindakan coba-coba yang dirancang untuk menguji hipotesa yang diajukan dan dalam penelitian ini kondisi baik bahan, media maupun lingkungannya dibuat sehomogen mungkin. Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap Tersarang (digunakan dalam laboratorium) dan terdapat faktor lain yang mempengaruhi pada percobaan. Absorpsi orthofosfat oleh tanaman air Kayu apu (*Pistia Stratiotes L.*) dengan prosentase penutupan 25%, 50%, 75% dan 100% sebagai perlakuan dan lama kontak 0, 2, 4, 6 hari, sebagai ulangnya dilakukan sebanyak 3 kali. Sehingga diperoleh rancangan yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rancangan Percobaan Penelitian

Perlakuan	Lama Kontak (hari) ke-	Ulangan		
		I	II	III
Penutupan 25%	0			
	2			
	4			
	6			
Penutupan 50%	0			
	2			
	4			
	6			
Penutupan 75%	0			
	2			
	4			
	6			
Penutupan 100%	0			
	2			
	4			
	6			

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah model umum dari Rancangan Acak Lengkap Tersarang yaitu :

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_{j(i)} + \varepsilon_{(ij)k}$$

Dengan $i = 1, 2, \dots, a$

$j = 1, 2, \dots, b$

$k = 1, 2, \dots, c$

Keterangan :

Y_{ijk} = variabel respon (penyerapan orthofosfat) karena prosentase penutupan Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dan lama kontak.

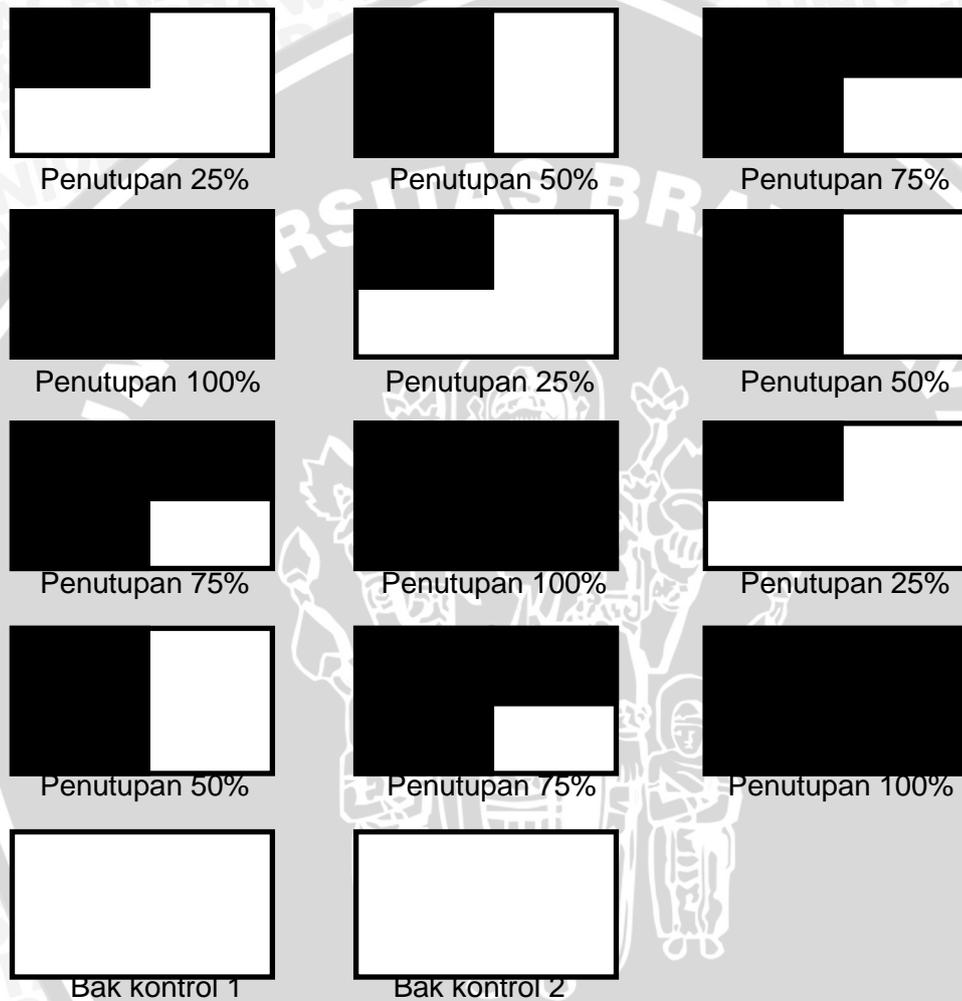
μ = rata-rata sebenarnya (berharga konstan)

α_i = efek taraf ke i pada kolom perlakuan prosentase penutupan

$\beta_{j(i)}$ = efek taraf ke j pada kolom lama kontak yang bersarang pada kolom prosentase penutupan taraf ke i

Σk_{ij} = Pengaruh galat percobaan untuk ulangan ke k pada lama kontak taraf ke j yang bersarang pada perlakuan prosentase penutupan taraf ke i.

Tata letak bak percobaan dalam penelitian ini dilakukan secara acak. Denah tata letak berdasarkan prosentase penutupannya di bak percobaan yang disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Denah Tata Letak Bak Percobaan

Keterangan

 = daerah bak yang tertutupi Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*)

 = daerah bak yang tidak tertutupi Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*)

3.4 Persiapan Penelitian

1. Persiapan Wadah

Wadah yang digunakan dalam penelitian yaitu 14 bak percobaan yang terdiri dari 12 bak perlakuan dan 2 bak kontrol dengan menggunakan akuarium, dimana fungsi dari bak kontrol ini adalah sebagai pembanding antara bak yang diberi perlakuan dan tidak diberi perlakuan. Bak percobaan diletakkan di tempat dengan instalasi cahaya matahari yang cukup dan terlindung dari hujan. Urutan bak percobaan dilakukan secara acak setiap perlakuan.

2. Penyortiran Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*)

Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) diperoleh dari suatu populasi dicuci bersih dan dipilih yang memiliki berat, ukuran dan lebar daun yang sama serta daun yang masih dalam keadaan segar dan tidak menguning.

3. Aklimitasi Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dan perlakuan yang diberikan

Tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) yang telah dipilih kemudian dibersihkan dari kotoran yang menempel untuk selanjutnya diaklimitasi sebelum penelitian. Aklimitasi tanaman dilakukan dengan mengadaptasikan tanaman selama 3 hari dengan media tanam dan digunakan sebagai stok kultur yang selanjutnya siap dipakai untuk percobaan. Aklimitasi dilakukan di Laboratorium Reproduksi. Tanaman diaklimitasi selama 3 hari dengan tujuan agar menyesuaikan diri dengan lingkungan barunya, untuk mengurai pengotor dalam akar sehingga diharapkan tanaman dapat menyerap orthofosfat dalam kondisi yang optimal. Pengukuran orthofosfat dilakukan setiap dua hari dan selama enam hari.

5. Penentuan Prosentase Penutupan

Langkah awal dalam menentukan prosentase penutupan pada penelitian ini adalah satu bak penelitian diberi tanaman Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) sampai memenuhi permukaan bak, lalu dihitung berapa batang tanamannya dan

dihitung sebagai penutupan 100%. Kemudian jumlah total batang tanaman yang ada dalam bak percobaan sampai penuh tersebut dikalikan seperempat sebagai penutupan 75% dan dikalikan seperempat sebagai penutupan 25% dan dikalikan seperempat sebagai 25%. Penutupan 0% tidak diberi perlakuan penutupan karena digunakan sebagai bak kontrol. Setelah melakukan hasil tersebut, langkah selanjutnya adalah memberi batas dengan benang pada setiap perlakuan, pada perlakuan penutupan 100%, 75%, 50% dan 25%. Setelah itu Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) disebar merata ke seluruh bak percobaan.

3.5 Pengukuran Orthofosfat (SNI, 1990)

Prosedur pengukuran ortophosphat adalah sebagai berikut:

- Diukur dan menuangkan 50 ml sampel ke dalam Erlenmeyer
- Ditambahkan 2 ml amonium molybdat dan dikocok
- Ditambah 5 tetes SnCl_2 dan dikocok
- Dihitung nilai orthofosfat dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 690 μm

Adapun tingkatan larutan pengenceran baku Orthofosfat dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini:

Tabel 4. Pengenceran Larutan Baku Orthofosfat

Larutan 5 ppm fosfat (ml)	Aquadest (ml)	Kadar fosfat (ppm)
0,50	25	0,10
1,25	25	0,25
2,50	25	0,50
3,75	25	0,75
5,00	25	1,00

3.6 Parameter Kualitas Air Pendukung

3.6.1 Oksigen Terlarut (DO)

Suprpto (2011), menyatakan bahwa untuk mengetahui oksigen terlarut dalam air dapat diukur menggunakan DO meter yaitu dengan cara :

1. Melakukan kalibrasi DO meter dengan larutan zero (DO 0%) dan 100% (udara lembab) / sesuai instruksi kerja alat DO meter
2. Untuk contoh uji yang mempunyai suhu tinggi, mengkondisikan contoh uji sampai suhu kamar
3. Mengeringkan dengan kertas tisu selanjutnya bilas elektroda dengan aquadest
4. Membilas elektroda dengan contoh uji
5. Mencelupkan elektroda ke dalam contoh uji sampai DO meter menunjukkan pembacaan yang tetap (jangan sampai ada gelembung udara)
6. Mencatat hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan dari DO meter.

3.6.2 pH

RSUD Saiful Anwar, (2012) dalam Harsono (2014), menyatakan bahwa pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH meter. Adapun prosedur yang dilakukan yaitu pertama mengambil air sampel yang akan diukur pH nya, kemudian ambil unit pH meter. Nyalakan pH meter dan masukkan ke sampel air. Tunggu beberapa saat sampai angka pembacaan menunjukkan nilai yang konstan.

3.6.3 Suhu

Suhu air limbah diukur dengan menggunakan thermometer air raksa yang mempunyai garis skala 0,1°C. Pengukuran langsung dilakukan di lokasi tempat pengambilan sampel kemudian dicatat hasilnya.

3.7 Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil penelitian, kemudian dianalisis secara statistik manual dengan menggunakan analisis keragaman (ANOVA) sesuai dengan rancangan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap Tersarang (RAL-Tersarang). Analisis keragaman (ANOVA) dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap respon yang diukur dengan uji F dengan taraf 5% dan 1%. Jika terdapat hasil yang berbeda nyata maka dilakukan uji BNT pada taraf 5% dan 1% untuk mengetahui perlakuan mana yang paling berpengaruh.

Menurut Hanifah (2005), apabila hasil analisis keragaman/sidik ragam ternyata berbeda nyata atau berbeda sangat nyata maka dilakukan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan sehingga didapatkan urutan terbaik dengan menggunakan rumus :

$$SED = \sqrt{\frac{2x KT acak}{r}}$$

$$BNT 5\% = t \text{ tabel } 5\% (\text{db acak}) \times SED$$

$$BNT 1\% = t \text{ tabel } 1\% (\text{db acak}) \times SED$$

Kemudian dibuat Tabel BNT yang merupakan tabel selisih harga rata-rata terbesar ke terkecil atau sebaliknya, tergantung parameter yang diamati.

Selanjutnya dibandingkan dengan nilai BNT 5% dan 1% dengan ketentuan :

- Bila selisih < BNT 5% → n.s (non significant), berarti tidak berbeda nyata
- Bila BNT 5% < selisih < BNT 1% → *, berarti berbeda nyata
- Bila selisih > 1% → **, berarti berbeda sangat nyata

Ditentukan notasinya dengan ketentuan notasi sama apabila hasilnya tidak berbeda nyata seperti Tabel 5.

Untuk menghitung BNJ (Beda Nyata Jujur)

$$BNJ_{0.05} = q (v,t) \times \sqrt{\frac{KT Galat}{ulangan}}$$

Tabel 5. Tabel Beda Nyata Terkecil

Rata-rata perlakuan	Kecil → Besar	Notasi
Kecil ↓ Besar		

Menurut Sastrosupadi (1999), Andaikata waktu yang tersarang dalam perlakuan pada uji F berpengaruh maka kombinasi faktor A (perlakuan) dan faktor B(waktu) dibandingkan dengan uji BNJ (Beda Nyata Jujur) dengan rumus sebagai berikut : $BNJ_{0.05} = q(v,t) \times \sqrt{\frac{KT\ Galat}{ulangan}}$. Dimana q = derajat bebas pada tabel HSD yang dapat nilainya berdasarkan v (galat) dan t (jumlah waktu yang tersarang dalam perlakuan).

Setelah itu dihitung dan diurutkan rata-rata kombinasi antara kombinasi waktu yang tersarang dalam perlakuan untuk mengetahui perlakuan mana yang paling berpengaruh.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakterisasi Limbah Cair Rumah Sakit Saiful Anwar yang Digunakan dalam Penelitian

Limbah cair yang digunakan dalam penelitian ini di ambil dari bak indikator IPL (Instalasi Penyehatan Lingkungan) Rumah Sakit Saiful Anwar Malang dimana limbah cair tersebut adalah hasil akhir dari pengolahan limbah di tempat tersebut. Karakteristik dari limbah cair pada waktu di saat pengambilan mempunyai suhu 22°C dengan nilai pH 6,68 dan mempunyai kandungan oksigen terlarut (DO) sebesar 3,45mg/l, berwarna putih bening dan tidak berbau dan memiliki nilai orthofosfat sebesar 0,127mg/l.

4.2 Kondisi Tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) sebelum dan selama penelitian

Sebelum penelitian keadaan tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) memiliki daun yang berwarna hijau segar, ukurannya relatif sama dan kondisi akar juga bagus dan sehat. Seiring dengan berjalannya waktu dalam penelitian dan tumbuhan yang digunakan dalam penelitian ini mulai melakukan adaptasi lingkungan baru dengan media tanam pada bak-bak percobaan. Adaptasi tumbuhan dengan lingkungan tersebut ditunjukkan dengan adanya perubahan secara bertahap dari hari ke hari yang meliputi warna daun dan kondisi akar.

Pada hari ke-0 daun tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) masih hijau segar dan masih belum ada kerontokan pada akar.



Gambar 4. Tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) pada hari ke-0

Pada hari ke-2 daun tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) masih terlihat hijau segar dan beberapa muncul warna coklat dan kekuningan pada daun.



Gambar 5. Tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) pada hari ke-2

Pada hari ke-4 daun tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) sudah mulai terlihat coklat dan pada beberapa daun terlihat mengelupas.



Gambar 6. Tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) pada hari ke-4

Pada hari ke-6 daun tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) sudah banyak terlihat berwarna coklat dan sebagian daun juga terlihat mengelupas.



Gambar 7. Tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) pada hari ke-6

Gambar di atas menunjukkan adanya perubahan kondisi fisik dari tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) selama penelitian. Perubahan warna daun dari yang berwarna hijau hingga menjadi kecoklatan sampai layu atau mengelupas yang terjadi pada tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) sebanding dengan semakin lamanya waktu fitoremediasi disebabkan karena berkurangnya unsur hara dalam air limbah. Dewi et al., dalam Ibrahim (2014), menyatakan bahwa limbah detergen merupakan racun pada tumbuhan dan jika dalam jumlah yang banyak, dapat menghambat proses pertumbuhan, mengalami perubahan dan merusak tumbuhan bahkan menyebabkan kematian pada tumbuhan.

Tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) mengalami perubahan warna dari hijau segar menjadi kecoklatan hingga layu. (Rock dalam Stefhany et al., 2013) Pada proses penyerapan yang memegang peranan penting untuk mengurangi atau menyerap kandungan polutan di dalam air limbah adalah akar. Tumbuhan dapat menyerap kontaminan sedalam atau sejauh akar tumbuhan air dapat tumbuh.

Tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) mempunyai keunggulan seperti daya berkecambah yang tinggi, pertumbuhan cepat, tingkat absorpsi atau penyerapan unsur hara dan air yang besar, mudah ditemukan, dan daya adaptasi yang tinggi terhadap iklim.

4.3 Kualitas Air Pendukung

4.3.1 Suhu

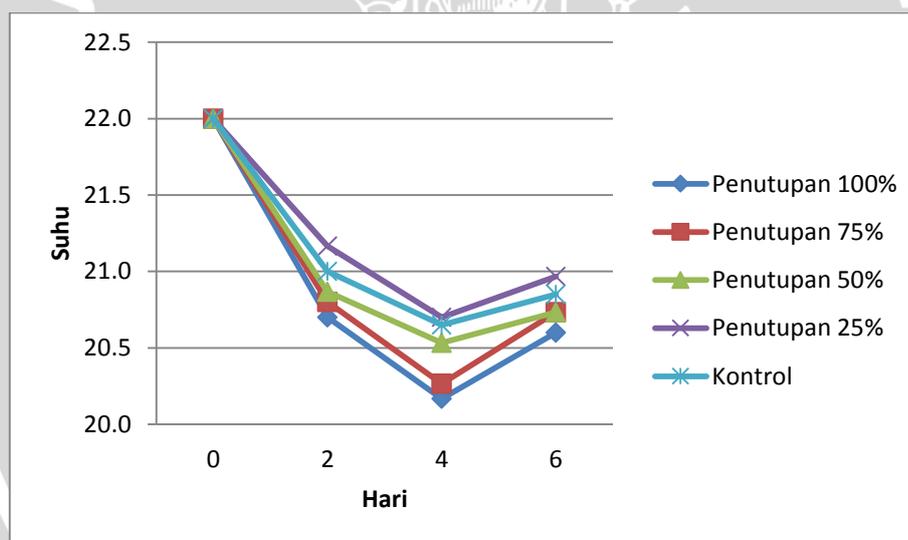
Suhu merupakan salah satu faktor fisika yang dapat mempengaruhi proses kimia tanaman air dan medianya. Hasil pengukuran suhu yang diperoleh pada saat penelitian yaitu rata-rata berkisar antara 20,2°C - 22.°C. Data hasil rata-rata suhu pada saat penelitian dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-rata Suhu (°C) pada media tanam

Perlakuan	Lama kontak Hari ke-	Ulangan			Rata-rata
		I	II	III	
100%	0	22	22	22	22.0
	2	20.6	20.8	20.7	20.7
	4	20	20.3	20.2	20.2
	6	20.7	20.5	20.6	20.6
75%	0	22	22	22	22.0
	2	21	20.7	20.7	20.8
	4	20.2	20.4	20.2	20.3
	6	20.7	20.9	20.6	20.7
50%	0	22	22	22	22.0
	2	21	20.7	20.9	20.9
	4	20.5	20.4	20.7	20.5
	6	20.7	20.7	20.8	20.7
25%	0	22	22	22	22.0
	2	21.5	21.1	20.9	21.2
	4	20.8	20.5	20.6	20.7
	6	21.3	20.7	20.9	21.0
Kontrol	0	22	22		22.0
	2	20.9	21.1		21.0
	4	20.7	20.6		20.7
	6	20.7	21		20.9

Tabel 6. di atas dapat dilihat bahwa perubahan suhu pada masing-masing bak percobaan tidak terlalu signifikan sehingga pada bak-bak dengan perlakuan yang berbeda mempunyai kisaran suhu yang hampir sama atau nilai dari suhu tersebut tidak berbeda jauh. Berdasarkan kisaran suhu pada bak-bak percobaan yang ditanami oleh tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) masih dapat

dikatakan baik untuk pertumbuhan tanaman. Perubahan suhu berpengaruh terhadap penyerapan, karena suhu berkaitan dengan proses metabolisme dan fotosintesis. Effendi (2003), menyatakan bahwa suhu sangat berpengaruh terhadap perkembangan alga dan tumbuhan air karena akan mempengaruhi metabolisme sel. Kisaran suhu optimum bagi pertumbuhan fitoplankton dan tumbuhan air di perairan adalah 20°C - 30°C. Hidayat (2011), mengatakan bahwa jika semakin tinggi suhu lingkungan tanaman maka semakin tinggi pula tingkat penyerapan oleh tanaman, dimana suhu lingkungan akan menyebabkan proses fotosintesis meningkat sehingga penyerapan nutrisi oleh tanaman juga semakin meningkat. Hasil pengukuran suhu dapat dilihat dalam grafik berikut pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Perubahan Suhu Selama Penelitian

Gambar 8. Menunjukkan bahwa selama melakukan penelitian terjadi perubahan naik turunnya suhu pada bak-bak percobaan yang ditanami oleh tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*). Selama 6 hari pengamatan suhu terendah yaitu sebesar 20,2°C pada perlakuan penutupan 100% yang terjadi pada hari ke- 4, hal ini dikarenakan pada saat pengukuran hari ke-4 keadaan cuaca yang kurang mendukung sehingga cahaya yang masuk ke dalam bak-bak

percobaan kurang tercukupi. Suhu tertinggi terdapat pada hari ke-2 perlakuan penutupan 25% yaitu sebesar 21,2°C, hal ini dikarenakan cahaya yang masuk ke dalam bak-bak percobaan lebih tercukupi sehingga nilai suhu pada hari ke-2 lebih besar dari pada hari ke-4. perubahan naik turunnya suhu hal ini dikarenakan cuaca yang berbeda-beda pada saat dilakukan pengukuran suhu pada bak-bak percobaan dan nilai perubahan suhu yang diperoleh juga tidak berbeda jauh. Rosnah (2012), menyatakan bahwa semakin tinggi suhu lingkungan tanaman maka semakin tinggi penyerapan oleh tanaman, dimana suhu lingkungan akan menyebabkan proses fotosintesis meningkat, sehingga penyerapan tanaman terhadap unsur hara meningkat juga.

4.3.2 pH

Derajat keasaman (pH) media tanam merupakan faktor kimia yang berpengaruh terhadap laju pertumbuhan tanaman. Nilai pH pada media tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) memiliki nilai pH berkisar antara 6,68 -7,17. Data hasil rata-rata pH pada media tanam dapat dilihat pada Tabel 7.

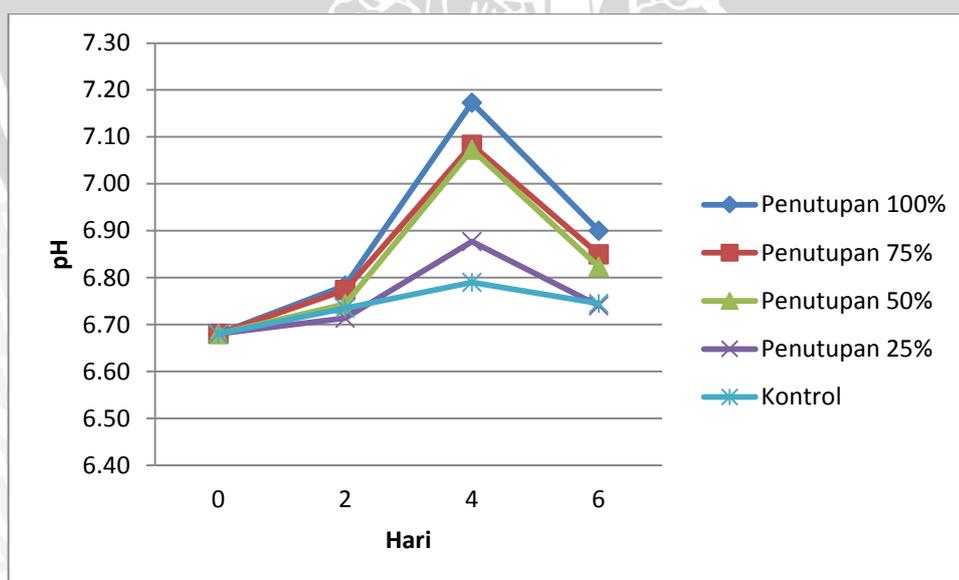
Tabel 7. Rata-rata pH pada media tanam

Perlakuan	Lama kontak Hari ke-	Ulangan			Rata-rata
		I	II	III	
100%	0	6.68	6.68	6.68	6.68
	2	6.82	6.79	6.74	6.78
	4	7.16	7.14	7.22	7.17
	6	6.85	6.94	6.91	6.90
75%	0	6.68	6.68	6.68	6.68
	2	6.75	6.81	6.76	6.77
	4	7.1	7.03	7.12	7.08
	6	6.84	6.89	6.82	6.85
50%	0	6.68	6.68	6.68	6.68
	2	6.76	6.74	6.73	6.74
	4	7.15	7.11	6.96	7.07
	6	6.8	6.86	6.81	6.82

Lanjutan Tabel 7. Rata-rata pH pada media tanam

25%	0	6.68	6.68	6.68	6.68
	2	6.7	6.71	6.73	6.71
	4	6.71	6.73	7.19	6.88
	6	6.72	6.73	6.77	6.74
Kontrol	0	6.68	6.68		6.68
	2	6.75	6.72		6.74
	4	6.78	6.8		6.79
	6	6.77	6.72		6.75

Tabel 7. Menunjukkan nilai pH terendah yang diperoleh selama 6 hari pengamatan pada media tanam terdapat pada perlakuan penutupan 100% hari ke-2 yaitu sebesar 6,71, sedangkan nilai pH tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol hari ke-4 yaitu sebesar 7,17 pada perlakuan penutupan 100%. Yusuf (2008), menyatakan bahwa pada pH 6 – 9 kehidupan biota dalam suatu perairan dapat berlangsung secara normal, baik kehidupan hewan maupun tumbuhan air. Hal ini menunjukkan pada penelitian yang dilakukan nilai pH masih berada dalam kisaran yang baik untuk kehidupan tumbuhan air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*). Hasil pengukuran pH dapat dilihat dalam grafik berikut pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Perubahan pH Selama Penelitian

Gambar 9. di atas menunjukkan bahwa hasil pengukuran pH dari awal sampai akhir penelitian terjadi perubahan pada bak-bak percobaan. Pada hari ke-4 nilai pH mengalami kenaikan dan pada hari ke-6 nilai pH menurun. Namun, jika dilihat dari grafik tersebut penurunan dan peningkatan nilai pH yang terjadi pada bak-bak percobaan tidak terlalu signifikan. Peningkatan pH yang terjadi akan mempengaruhi proses dekomposisi dan nitrifikasi pada media tanam tersebut. Effendi (2003), menyatakan bahwa nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir jika pH rendah.

Nilai pH selain itu juga dapat dipengaruhi secara tidak langsung oleh suhu sehingga dalam hal ini meningkatnya suhu air mengakibatkan dekomposisi bahan organik dan respirasi dalam perairan yang dapat menurunkan kandungan oksigen terlarut (DO) serta menaikkan CO_2 yang berpengaruh pada penurunan nilai pH (Erlangga, 2005 dalam Wirespath *et al.*, 2012).

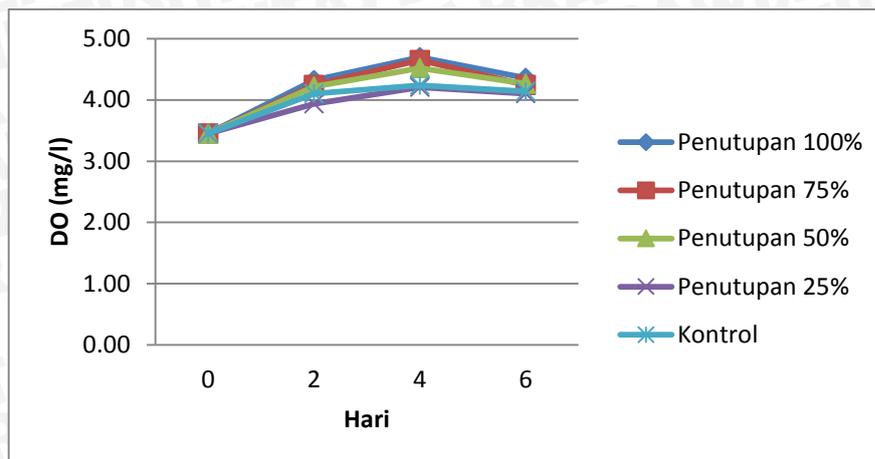
4.3.3 Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut (DO) merupakan nilai kandungan oksigen terlarut di dalam air. Sumber oksigen terlarut di dalam air dapat berasal dari difusi oksigen yang terdapat di atmosfer, aliran air melalui air hujan maupun dari proses fotosintesis oleh tumbuhan air dan fitoplankton di dalam perairan. Nilai rata-rata pengukuran oksigen terlarut (DO) yang didapatkan pada saat penelitian ini berkisar antara 3,45 - 4,70 mg/l. Data hasil rata-rata oksigen terlarut saat penelitian pada media tanam dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Rata-rata Oksigen terlarut (DO) pada media tanam

Perlakuan	Lama kontak Hari ke-	Ulangan			Rata-rata
		I	II	III	
100%	0	3.45	3.45	3.45	3.45
	2	4.32	4.29	4.36	4.32
	4	4.77	4.63	4.69	4.70
	6	4.28	4.42	4.38	4.36
75%	0	3.45	3.45	3.45	3.45
	2	4.07	4.36	4.31	4.25
	4	4.69	4.62	4.65	4.65
	6	4.31	4.19	4.24	4.25
50%	0	3.45	3.45	3.45	3.45
	2	4.17	4.25	4.23	4.22
	4	4.54	4.56	4.47	4.52
	6	4.26	4.32	4.21	4.26
25%	0	3.45	3.45	3.45	3.45
	2	3.82	3.96	4.03	3.94
	4	4.12	4.29	4.22	4.21
	6	3.93	4.26	4.12	4.10
Kontrol	0	3.45	3.45		3.45
	2	4.15	4.06		4.11
	4	4.21	4.27		4.24
	6	4.25	4.03		4.14

Tabel diatas menunjukkan bahwa selama penelitian terjadi fluktuasi naik dan turunya oksigen terlarut yang berada di setiap bak penelitian. perubahan tersebut terjadi dikarenakan proses respirasi, fotosintesis dan difusi oksigen dari udara. Perubahan naik turunnya nilai oksigen terlarut selama 6 hari pengamatan pada bak-bak percobaan tidak berbeda jauh. Kordi dan Tancung (2007), menyatakan bahwa oksigen di dalam air dapat menurun dikarenakan adanya proses respirasi. Pengurangan oksigen di dalam air yang paling banyak adalah karena terjadi proses pernapasan pada organisme dalam air. Hasil pengukuran oksigen terlarut (DO) pada saat penelitian dapat dilihat dalam grafik berikut pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Perubahan Oksigen Terlarut (DO) Selama Penelitian

Gambar grafik di atas menunjukkan bahwa hasil pengukuran oksigen terlarut dari awal sampai akhir penelitian terjadi perubahan pada bak percobaan. Penurunan kadar oksigen terlarut pada media tanam dipengaruhi oleh faktor cahaya matahari yang kurang bisa masuk ke dalam bak-bak percobaan. Cahaya matahari sangat diperlukan untuk melakukan fotosintesis, dimana hasil dari fotosintesis tersebut yaitu oksigen. Selama 6 hari pengamatan pada bak-bak percobaan nilai oksigen terlarut (DO) yang terendah terdapat pada perlakuan penutupan 25% hari ke-2 yaitu sebesar 3,94 mg/l. Hal ini dikarenakan pada saat pengukuran DO keberadaan suhu pada bak tersebut lebih tinggi, sedangkan oksigen terlarut (DO) tertinggi yaitu sebesar 4,70mg/l terdapat pada hari ke-4 perlakuan penutupan 100%. Oksigen terlarut (DO) berkaitan dengan suhu, semakin meningkatnya suhu dalam air maka kandungan oksigen dalam perairan akan menurun. Perubahan kadar oksigen terlarut pada media tanam dipengaruhi oleh faktor cahaya matahari yang masuk ke dalam bak-bak percobaan tersebut, dimana cahaya matahari yang masuk ke dalam bak percobaan sangat diperlukan untuk melakukan fotosintesis, dimana hasil dari fotosintesis tersebut adalah oksigen. Yusuf (2008), menyatakan bahwa pada perairan dengan kadar oksigen terlarut 3-5 mg/l telah memenuhi bagi kehidupan organisme perairan karena

pada kondisi seperti itu proses anaerobik di dalam perairan dapat dicegah sehingga kehidupan organisme di dalamnya dapat berlangsung. Sedangkan kadar oksigen terlarut dibawah 3 mg/l akan membahayakan organisme perairan karena dapat mengakibatkan kematian. Oksigen merupakan faktor penting yang dibutuhkan oleh makhluk hidup untuk melakukan respirasi. Kehidupan makhluk hidup di dalam air tergantung dari kemampuan air untuk mempertahankan konsentrasi oksigen minimal yang dibutuhkan untuk kehidupan (Wardhana, 1995).

Penurunan atau rendahnya oksigen terlarut dalam air disebabkan karena pada perlakuan tumbuhan hampir menutupi permukaan air sehingga memungkinkan rendahnya difusi oksigen bebas dari udara ke air, serta dapat dipengaruhi adanya proses respirasi yang dilakukan oleh biota atau organisme dalam air.

4.4. Hasil Pengukuran Konsentrasi Orthofosfat (PO_4^{3-}) Pada Media Tanam

Fosfor merupakan salah satu bahan kimia yang sangat penting bagi makhluk hidup. Fosfor terdapat di alam dalam dua bentuk yaitu senyawa fosfat organik dan senyawa fosfat anorganik. Senyawa fosfat organik terdapat pada tumbuhan dan hewan, sedangkan senyawa fosfat anorganik terdapat pada air dan tanah dimana fosfat ini terlarut di air tanah maupun air laut yang terkikis dan mengendap di sedimen. Fosfat terdapat dalam air alam atau air limbah sebagai senyawa ortofosfat, polifosfat dan fosfat organis. Setiap senyawa fosfat tersebut terdapat dalam bentuk terlarut, tersuspensi atau terikat di dalam sel organisme air. Orthofosfat di dalam perairan dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan air secara langsung tanpa harus adanya penyederhaan senyawa. Kemampuan tumbuhan air dalam menurunkan kandungan senyawa fosfat dalam media ditunjukkan

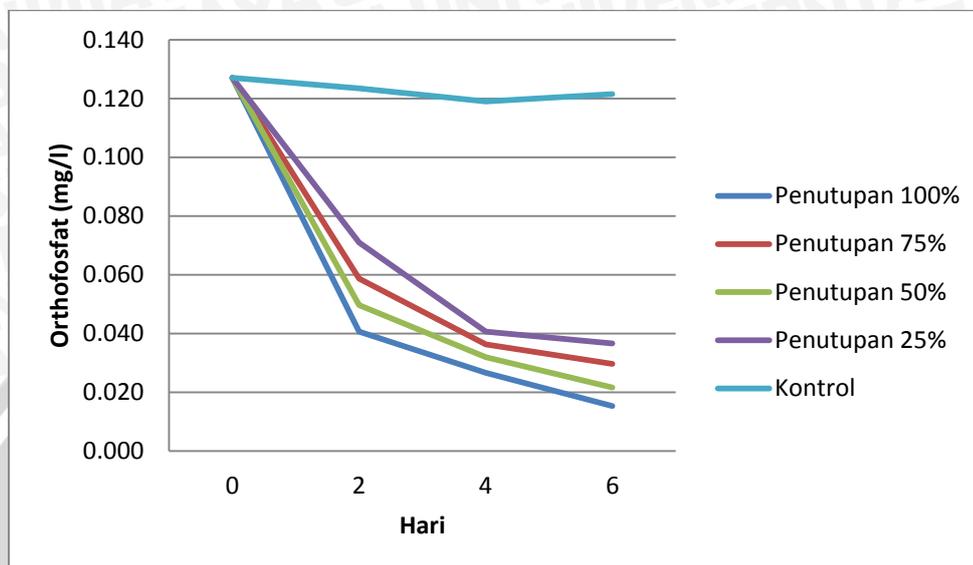
dengan adanya perubahan konsentrasi selama waktu pengamatan. Hasil konsentrasi orthofosfat dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil konsentrasi orthofosfat pada media tanam

Perlakuan	Lama kontak Hari ke-	Ulangan			Rata-rata
		I	II	III	
100%	0	0.127	0.127	0.127	0.127
	2	0.042	0.042	0.038	0.041
	4	0.029	0.020	0.031	0.027
	6	0.016	0.012	0.018	0.015
75%	0	0.127	0.127	0.127	0.127
	2	0.059	0.064	0.053	0.059
	4	0.028	0.051	0.030	0.036
	6	0.022	0.043	0.024	0.030
50%	0	0.127	0.127	0.127	0.127
	2	0.046	0.041	0.062	0.050
	4	0.032	0.023	0.041	0.032
	6	0.022	0.011	0.032	0.022
25%	0	0.127	0.127	0.127	0.127
	2	0.070	0.076	0.067	0.071
	4	0.049	0.051	0.022	0.041
	6	0.044	0.047	0.019	0.037
Kontrol	0	0.127	0.127		0.127
	2	0.122	0.125		0.124
	4	0.118	0.120		0.119
	6	0.120	0.123		0.122

Bedasarkan tabel di atas menunjukkan bahwa nilai konsentrasi rata-rata senyawa orthofosfat selama pengamatan adalah nilai yang terkecil dalam media tanam Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) yaitu sebesar 0,015mg/l yang berada pada perlakuan penutupan 100% pada hari ke-6 sedangkan nilai konsentrasi rata-rata terbesar adalah 0,127mg/l yang berada pada setiap perlakuan di hari ke-0. Kandungan orthofosfat yang berada di limbah Rumah Sakit Saiful Anwar dihasilkan dari berbagai kegiatan dan/atau tempat di lingkungan Rumah Sakit seperti dapur (sisa makanan, sisa masakan) dan laundry (detergen). Dengan kisaran tersebut kandungan orthofosfat dalam limbah Rumah Sakit Saiful Anwar tidak melebihi ambang batas dari batas yang ditentukan dalam Peraturan Gubernur Jatim nomor 72 tahun 2013 karena nilai batas maksimum orthofosfat

limbah rumah sakit yang akan di buang ke perairan umum adalah sebesar 2mg/l. Hasil analisa penurunan konsentrasi senyawa orthofosfat dapat dilihat dalam bentuk grafik pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik Hasil Pengukuran Konsentrasi Orthofosfat (PO_4^{3-}) Pada Media Tanam

Bedasarkan grafik di atas diketahui bahwa dari hari ke-0 sampai hari ke-6 senyawa fosfat terus mengalami penurunan. Perlakuan yang paling mengalami penurunan paling besar yaitu terdapat pada perlakuan penutupan 100% karena semakin banyak agen fitoremediasi di dalam bak percobaan maka semakin banyak pula senyawa orthofosfat yang terserap. Menurut Purnamasari (2014), semakin banyak individu dari suatu tanaman maka semakin banyak pula unsur hara yang akan dibutuhkan untuk pertumbuhannya. Orthofosfat merupakan fosfor dalam bentuk anorganik yang dapat langsung dimanfaatkan dan mudah diserap oleh organisme autotrof seperti alga dan beberapa jenis bakteri untuk pertumbuhannya serta dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan. Seperti halnya nitrogen, fosfor merupakan unsur penting dalam suatu ekosistem air. Zat-zat organik terutama protein mengandung gugus fosfor, misalnya ATP, yang terdapat di dalam sel makhluk hidup dan berperan penting dalam

penyediaan energi. Dalam ekosistem perairan fosfor terdapat dalam tiga bentuk yaitu senyawa fosfor anorganik seperti orthofosfat, senyawa organik dalam protoplasma dan sebagai senyawa organik terlarut yang terbentuk dari proses penguraian tubuh organisme (Barus, 2004). Keberadaan fosfor di perairan adalah sangat penting terutama berfungsi dalam pembentukan protein dan metabolisme bagi organisme. Fosfor juga berperan penting dalam transfer energi di dalam sel misalnya adenosine triphosphate (ATP) dan adenosine diphosphate (ADP). Orthofosfat yang merupakan produk ionisasi dari asam orthofosfat adalah bentuk yang paling sederhana di dalam perairan (Boyd, 1982).

Dari hasil penurunan konsentrasi senyawa orthofosfat yang secara terus-menerus oleh tanaman Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) selama 6 hari masa tanam dikarenakan adanya pemanfaatan senyawa fosfor anorganik yang terlarut yaitu orthofosfat di dalam suatu perairan yang dibutuhkan oleh tanaman dalam proses metabolismenya. Hariyadi et al.,(1992) dalam Apridayanti, (2008), menyatakan bahwa fosfat anorganik merupakan salah satu bentuk fosfor (P) yang larut dalam air dan dapat dimanfaatkan oleh organisme nabati atau tanaman air. Unsur hara P merupakan unsur hara yang penting bagi metabolisme sel tumbuhan yaitu sebagai transfer energi dari ADP ke ATP. Berdasarkan hasil analisa ragam yang telah dilakukan uji F untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap respon yang diukur sebagaimana terlihat pada tabel berikut.

Tabel 10. Sidik Ragam Kandungan Orthofosfat (PO_4^{3-}) pada media tanam.

Sumber Keragaman	db	JK	kt	f hitung	f table	
					5%	1%
Perlakuan	3	0.000824	0.000275	29.01625**	2.90	4.46
waktu dalam perlakuan	12	0.034	0.002856	301.8628**	2.07	2.8
Galat	32	0.000303	9.46E-06			
Total	47					

Keterangan ** = berbeda sangat nyata

Bedasarkan tabel Anova di atas dapat diketahui bahwa perlakuan penutupan dan waktu yang tersarang dalam perlakuan memiliki pengaruh yang sangat nyata terhadap penurunan orthofosfat (PO_4^{3-}). Hal tersebut dibuktikan dengan nilai F hitung pada perlakuan dan waktu yang tersarang dalam perlakuan melebihi nilai F tabel 1%. Untuk mengetahui perlakuan yang paling berpengaruh yaitu dilakukan uji BNT (Beda Nyata Terkecil). Hasil dari perhitungan dengan metode tersebut dapat dilihat pada tabel 11 berikut.

Tabel 11. Hasil Perhitungan BNT (Beda Nyata Terkecil) Pada Penyerapan Orthofosfat

Perlakuan Penutupan	Kadar orthofosfat pada media tanam		
100%	8.912125	2.228031	A
75%	8.998002	2.249501	C
50%	8.954431	2.238608	B
25%	9.045733	2.261433	D
BNT _{0.05}	0.002872508		

Bedasarkan tabel di atas diketahui bahwa perlakuan yang paling berpengaruh adalah perlakuan prosentase penutupan 100% dan berdasarkan uji BNJ kombinasi waktu dalam perlakuan yang paling berpengaruh adalah pada pengamatan hari ke-6.

4.5 Pengaruh Penutupan Tanaman Air Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) Terhadap Laju Penurunan Orthofosfat (PO_4^{3-}) Pada Limbah

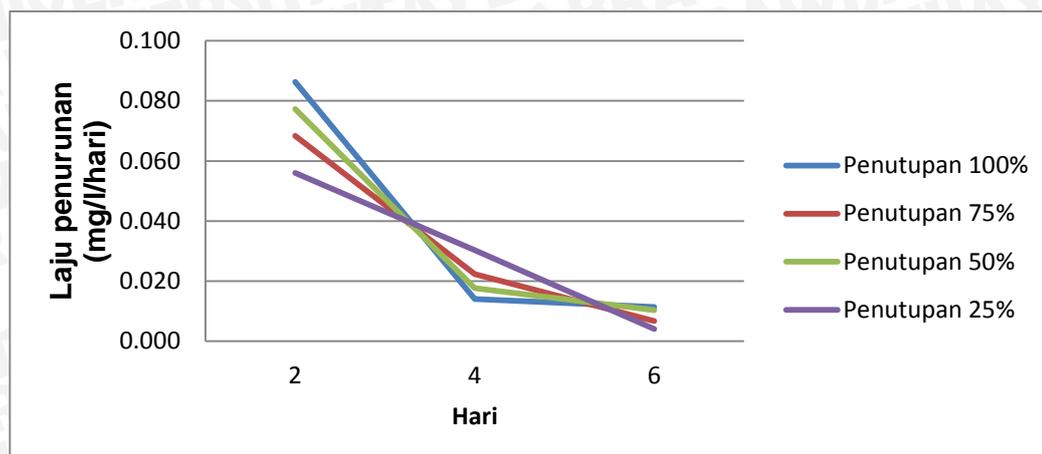
Setelah diketahui nilai absorpsi orthofosfat pada tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*), kemampuan penyerapan yang tertinggi yaitu terdapat pada perlakuan penutupan Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) 100%. Maka untuk mengetahui kecepatan tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dalam menyerap orthofosfat, harus menghitung nilai laju penurunannya. Pada saat semua nilai laju penurunan sudah didapatkan lalu nilai tersebut di analisis

dengan metode Rancangan Acak Lengkap Tersarang untuk mengetahui perlakuan mana yang paling berpengaruh dan kombinasi waktu dalam perlakuan mana yang paling cepat dalam menurunkan orthofosfat. Berikut ini adalah nilai laju penurunan orthofosfat pada setiap perlakuan yang dapat dilihat pada tabel 12 berikut.

Tabel 12. Rata-rata Laju Penyerapan Orthofosfat (PO_4^{3-}) pada setiap perlakuan (mg/l/hari) Pada Limbah Rumah Sakit

Perlakuan	Waktu	Ulangan			Rata-rata
		I	II	III	
100%	2	0.085	0.085	0.089	0.086
	4	0.013	0.022	0.007	0.014
	6	0.013	0.008	0.013	0.011
75%	2	0.068	0.063	0.074	0.068
	4	0.031	0.013	0.023	0.022
	6	0.006	0.008	0.006	0.007
50%	2	0.081	0.086	0.065	0.077
	4	0.014	0.018	0.021	0.018
	6	0.010	0.012	0.009	0.010
25%	2	0.057	0.051	0.060	0.056
	4	0.021	0.025	0.045	0.030
	6	0.005	0.004	0.003	0.004

Bedasarkan tabel tersebut data rata-rata laju penyerapan tertinggi terdapat pada perlakuan penutupan Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dengan prosentase penutupan 100% pada hari ke-2 yaitu sebanyak 0.086mg/l dan data terendah terdapat pada perlakuan penutupan Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dengan prosentase penutupan 25% pada hari ke-6 yaitu 0.004 mg/l. Untuk lebih menganalisa laju penyerapan tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) terhadap orthofosfat dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik Laju Penyerapan Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) terhadap orthofosfat

Laju peyerapan oleh tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) meyebabkan kandungan orthofosfat di dalam media menurun. Hal ini membuktikan bahwa tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi Hardyanti dan Rahayu (2006), menyatakan bahwa proses penyerapan zat-zat yang terdapat dalam limbah dilakukan oleh ujung-ujung akar tanaman dengan jaringan meristem terjadi karena adanya gaya tarik menarik oleh molekul-molekul air yang ada pada tumbuhan air. Berdasarkan grafik diatas diketahui bahwa terjadi penurunan laju penyerapan pada semua perlakuan penutupan tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) selama 6 hari pengamatan. Penurunan laju peyerapan terjadi dikarenakan tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) yang digunakan pada penelitian ini mengalami perubahan warna pada tanaman yang semakin lama harinya terlihat menguning dan layu. Laju penyerapan oleh tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) berpengaruh terhadap umur pada tanaman. Untuk mengetahui apakah setiap perlakuan penutupan dan kombinasi waktu yang tersarang di dalam perlakuan Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) memberi pengaruh yang berbeda atau tidak, maka data yang telah di dapat tersebut di analisa menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap Tersarang. Bedasarkan hasil analisa ragam yang telah dilakukan

uji F untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap respon yang diukur sebagaimana terlihat pada tabel 13 berikut.

Tabel 13. Sidik Ragam Kandungan Orthofosfat (PO_4^{3-}) pada media tanam.

Sumber Keragaman	db	jk	Kt	f hitung	f tabel	
					5%	1%
perlakuan	3	0.000111146	3.70488E-05	1.901152	3.01	4.72
waktu(perlakuan)	8	0.013438982	0.001679873	86.20237**	2.36	3.36
galat	24	0.000467701	1.94875E-05			
Total	35					

Keterangan ** = berbeda sangat nyata

Bedasarkan tabel sidik ragam di atas diketahui bahwa setiap perlakuan penutupan tanaman Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) tidak memberikan pengaruh yang nyata jadi perlakuan penutupan berapapun akan menghasilkan laju penurunan yang sama akan tetapi terdapat perbedaan pengaruh yang sangat nyata pada kombinasi waktu yang tersarang dalam perlakuan. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa kombinasi waktu yang tersarang dalam perlakuan yang berbeda akan menghasilkan laju penyerapan yang berbeda. Untuk mengetahui kombinasi mana yang memiliki laju penurunan tertinggi maka dilakukan Uji BNJ (Beda Nyata Jujur) untuk mengetahui kombinasi waktu dalam perlakuan penyerapan orthofosfat. Berdasarkan pengujian yang dilakukan dengan metode tersebut maka kombinasi waktu dalam perlakuan tersebut yang memiliki laju tertinggi adalah perlakuan penutupan 100% pada waktu 2 hari. Kombinasi tersebut yang paling memiliki laju penurunan tertinggi karena tanaman Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) pada hari tersebut masih terlihat segar sehingga memiliki laju penyerapan yang semakin maksimal dibanding hari lainnya serta pada hari ke-6 sebagian besar tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) pada bak percobaan mengalami kelayuan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- Penyerapan orthofosfat oleh tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) pada setiap perlakuan prosentase penutupan 100%, 75%, 50%, 25% didapatkan hasil yang berbeda. Perlakuan yang paling berpengaruh yaitu perlakuan yang menurunkan kandungan orthofosfat paling banyak melalui uji BNT yaitu terdapat pada perlakuan prosentase penutupan 100%.
- Terdapat pengaruh lama kontak oleh tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) pada media tanam terhadap laju dan penyerapan kandungan orthofosfat. Pada penyerapan orthofosfat, lama kontak yang paling berpengaruh yaitu terdapat pada hari ke-6 di perlakuan prosentase penutupan 100%. Pada laju penyerapan orthofosfat, lama kontak yang paling berpengaruh yaitu terdapat pada pengamatan hari ke-2 di perlakuan prosentase penutupan 100%.
- Hasil analisis kualitas air dengan kisaran sebagai berikut, suhu 20,2 - 22°C, pH 6,68 - 7,17, oksigen terlarut 3,45 - 4,70mg/l. Berdasarkan hasil pengukuran kualitas air yang tertera menunjukkan keadaan di media tanam masih dapat ditoleransi oleh tanaman air Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidupnya.

5.2 Saran

Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dapat digunakan sebagai agen hayati dalam menurunkan nutrient pada limbah rumah sakit, disarankan untuk penellitian selanjutnya mengenai penggunaan tanaman air Kayu apu maupun tanaman air lainnya dapat digunakan sebagai agen hayati dalam menurunkan nutrient yang berlebih pada limbah industri lainnya dan dikondisikan agar setiap media tanam dalam peneltian mendapatkan cahaya matahari yang sama.



DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, Sujana. 2007. **Merakit Sendiri Alat Penjernih Air**. Kawan Pustaka. Jakarta
- Aphrodyanti, L. 2007. **Spodoptera pectinicornis (Hampson) (Lepidoptera: Noctuidae) Sebagai Agens Hayati Kayu apu (*Pistia stratiotes* L): Kajian Hidup, Kemampuan Merusak Dan Kisaran Inang**. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor: Bogor
- Apriadi, T. 2008. **Kombinasi Bakteri dan Tumbuhan Air sebagai Bioremediator dalam Mereduksi Kandungan Bahan Organik Limbah Kantin**. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor; Bogor.
- Aprodyanti, E. 2008. **Evaluasi Pengelolaan Lingkungan Perairan Waduk Lahor Kabupaten Malang Jawa Timur**. Tesis. Universitas Diponegoro : Semarang.
- Azwar, Azrul. 1996. **Pengantar Ilmu Kesehatan Lingkungan**. Jakarta: Mutiara Sumber Widya.
- Barus, T. A. 2004. **Pengantar Limnologi Studi Tentang Ekosistem Air Daratan**. Medan: USU Press.
- Budi, S.S. 2006. **Penurunan Fosfat dengan Penambahan Kapur (Lime), Tawas dan Filtrasi Zeolit pada Limbah Cair (Studi Kasus RS Bethesda Yogyakarta)**. Program Master Ilmu Lingkungan. Universitas Diponegoro; Semarang.
- Boyd, C. E. 1998. **Water Quality Manajemen For Pond Fish Culture. Development in Aquaquulture and Fisheries Science**. Vol. 9. Elseioser Amsterdam.
- Connell, D.W. and Miller G.J. 1984. **Chemistry and Ecotoxicology of Pollution**. John Wiley & Sons, Inc. New York
- Damayanti, A. 2000. **Studi Pemanfaatan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) Untuk Menurunkan COD, N, P pada Lindi TPA Keputih Surabaya**. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS: Surabaya
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 2001. **Profil Kesehatan Indonesia 2000**. Jakarta.
- Effendi, H. 2003. **Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan Perairan**. Penerbit Kanisius; Yogyakarta.
- Fachrul, Melati Ferianita, Herman Haeruman, dan Anita Anggraeni. 2006. **Distribusi Spatial Nitrat, Fosfat dan Ratio N/P di Perairan Teluk Jakarta**. Teknik Lingkungan, Universitas Trisakti: Jakarta

- Glass, D., 1998. **The 1998 United States Market for Phytoremediation**, D. Glass Associates, Inc. Needham, MA, Introduction to Phytoremediation, <http://www.cluin.org/download/remed/introphyto.pdf>, 20 Februari 2015.
- Hanifiah, H. 2009. **Rancangan Percobaan Teori dan aplikasi, Edisi Ketiga**. PT. Raja Grafindo Persada; Jakarta.
- Hardiani, Henggar. 2009. **Potensi Tanaman dalam Mengakumulasi Logam Cu pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas**. BS, Vol. 44 No 1, Juni 2009 : 27-40.
- Hardyanti dan Rahayu. 2006. **Fitoremediasi Phosphat dengan Pemanfaatan Enceng Gondok (Studi kasus pada Limbah Cair Industri Kecil Laundry)**. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Harsono, Suko. 2014. **Kajian tentang Proses Pengolahan dan Efektivitas Limbah Cair (Water wasted) di Instalasi Penyehatan Lingkungan (IPL) Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Dr. Saiful Anwar Malang, Propinsi Jawa Timur**. PKL. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya; Malang.
- Hidayat, I. 2011. **Efektivitas Tanaman Eceng gondok (*Eichornia crassiper*) dalam Penurunan Kadar Besi (Fe) pada Air Limbah Rumah Tangga**. Universitas Muhammadiyah Semarang; Semarang
- Ibrahim, P. S. 2014. **Efektivitas dan Efisiensi Penyerapan Orthofosfat Pada Limbah Detergen Dengan Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*)**. Universitas Brawijaya: Malang
- Jenie, B.S.L dan Rahayu W.P. 1993. **Penanganan Limbah Industri Pangan**. Penerbit Kanasius; Yogyakarta.
- Kementerian Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 1995. **KEP-58/MENLH/12/1995**. Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Rumah Sakit.
- Kementerian Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 1988. **02/MENKLH/I/1988**. Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan.
- Kementerian Negara Kesehatan Republik Indonesia. 2004. **1204/MENKES/SK/X/2004**. Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit.
- Kordi, K dan Tancung, B. 2007. **Pengelolaan Kualitas Air**. Rieka Cipta. Jakarta
- Kumar, G.A, S., Sabumon P.C. 2006. **Preliminary Study of Physico-Chemical Treatment Options for Hospital Wastewater**. Journal of Enviromental Management. Vellore Institute of Technology. Vellore Tamil Nadu. India.

- Kurniawan, A. 2006. **Studi Kemampuan Penyerapan Unsur Hara (N dan P) oleh *Gracillaria sp.* Dalam Skala Laboratorium.** Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Lakitan, B. 2010. **Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan.** Raja Grafindo Persada. Jakarta
- Lusianty, S.W. dan Soerjani, M. 1974. **Pertumbuhan Massal Tumbuhan Air dan Pengaruhnya Terhadap Kuantitas dan Kualitas Air.** Tropical Pest Biology Programe. Bogor: BIOTROP.
- Nxawe, S.P.A. Ndakidemi dan C.P Laubscher. 2010. **Possible Effect of Regulating Hydroponic Water Temperature on Plant Growth, Accumulation of Nutrients and Other Metabolites:** South Africa. African Journal of Biotechnology Vol. 9(54): 9128-9134.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72. 2013. **Baku Mutu Air Ilmbah Bagi Industri Dan / Atau Kegiatan Usaha Lainnya.**
- Pratiwi, M.C. 2010. **Pemanfaatan Kangkung Air (*Ipomea Aquatic*) dan Lumpur Aktif Pabrik Tekstil dalam Pengelolaan Limbah Cair Tahu.** Skripsi. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Purnamasari, Meuthia.2014.**Efektifitas Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dalam Menurunkan Kandungan Nitrat dan Orthofosfat pada Limbah Cair Tahu.** Skripsi. Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya; Malang.
- Purwaningsih, I.S, Evelyn, Wanda M., dan Yusmanelly, 2008. **Laju “Uptake” Fenol oleh Enceng Gondok (*Eichornia crassipes*) pada Proses Fitoremediasi.** Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia, Teknologi Oleo & Petrokimia Indonesia, 18 Desember, ISSN 1907-0500. Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau, Pekanbaru.
- Putri, Y.D., Holis Abd. K., Ida, M. 2014. **Pemanfaatan Tanaman Eceng-Ecengan (*Pontederiaceae*) sebagai Agen Fitoremediasi dalam Pengolahan Limbah Krom Industri Penyamakan Kulit.** Vol.1 (1). Universitas Padjadjaran: Bandung
- Rosmarkam, A. dan N.W. Yuwono. 2002. **IlmuKesuburan Tanah.** Hlm. 42-80. Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada Yogyakarta: Yogyakarta.
- Rosnah.2012. **Efektivitas Fitoremediasi Enceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Terhadap Fosfat Pada Limbah Laundry.**Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Ilmu Kelautan Perikanan. Universitas Maritim Raja Ali Haji

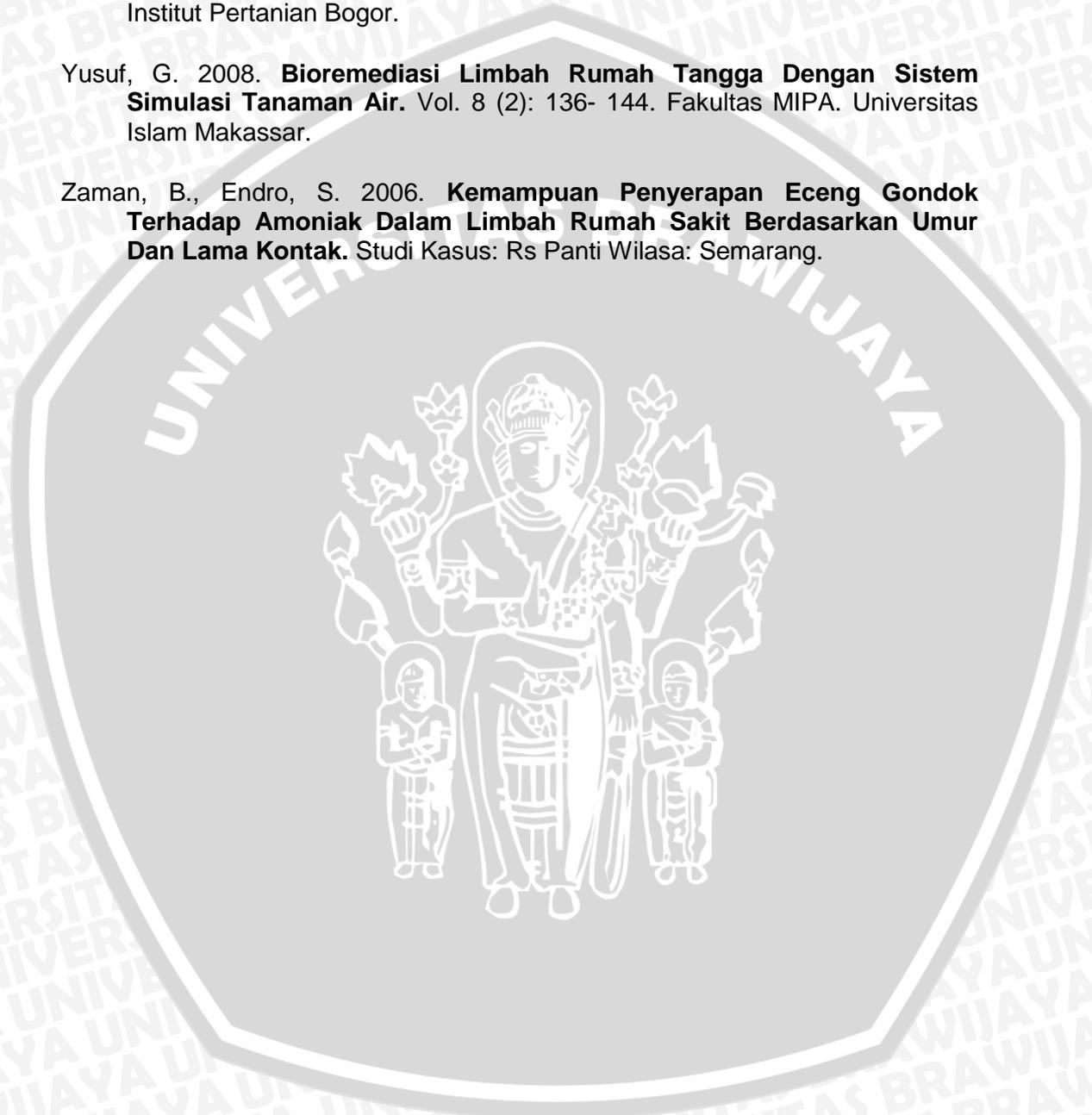
- Safitri, R. 2009. **Phytoremediasi Greywater dengan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) serta Pemanfaatannya untuk Tanaman Selada Secara Hidroponik**. Skripsi. Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Sandriati, D. 2010. **Kajian Pemanfaatan Tanaman Air Eceng Gondok (*Eichornia crassiper*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*) untuk Menurunkan Kadar Nutrien pada Limbah Cair Tahu**. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institute Pertanian Bogor.
- Sari, P. M. 1999. **Studi Pemanfaatan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) untuk Menurunkan COD, N dan P pada Air Limbah Pabrik Tahu**. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS: Surabaya
- Sastropuadi, Adji. 1997. **Rancangan Praktis Bidang Pertanian**. Kanikus ; Malang.
- Sidharta, B.R. 2000. **Pengantar Mikrobiologi Kelautan**. 32-34. Universitas Atmajaya: Yogyakarta
- SNI. 1990. **Metode Pengukuran Kualitas Air**. Dinas Pekerjaan Umum; Jakarta.
- Stefhany, C. A., M. Sutisna., K. Pharmawati. 2013. **Fitoremediasi Phospat Dengan Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Pada Limbah Csir Industri Kecil Pencucian Pakaian (Laundry)**. Reka Lingkungan. Jurnal Institut Teknologi Nasional. Vol.1(1). Teknik Lingkungan Itenas.
- Sudarwin. 2003. **Analisa Spasial Logam Berat (Pb dan Cu) pada Sedimen Aliran Sungai dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Jatibarang**. Tesis. Universitas Diponegoro: Semarang.
- Sumarno, I. Sumatri dan A. Nugroho. 1996. **Penurunan Kadar Detergen dalam Limbah cair dengan pengendapan secara kimiawi**. Laporan Hasil Penelitian. Universitas Diponegoro; Semarang.
- Suprpto, Djoko. 2011. **Ekofologi Bivalvia dan Konsumsi Oksigen. Semarang**. Badan Penerbit Universitas Diponegoro; Semarang.
- Tjitrosoepomo, G., 2000. **Taksonomi Tumbuhan Spermathophyta**. Cetakan ke-9, UGM Press Yogyakarta: Yogyakarta
- Wardhana, W. A. 1995. **Dampak Pencemaran Lingkungan**. Yogyakarta
- Wiresspath E. A. M. O., Rahardjo dan W. Budiastuti. 2012. **Pengaruh Kromiun Hexavalen VI Terhadap Tingkat Kelangsungan Hidup Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*)**. Lentera Bio. Vol. 1 (2): 75- 79. Universitas Negeri Surabaya.

Wisaksono, Satmoko, 2001, **Karakteristik Limbah Rumah Sakit dan Pengaruhnya terhadap Kesehatan dan Lingkungan**. Direktorat Pengawasan Narkoba, Direktorat Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan Departemen Kesehatan RI: Jakarta

Yusuf, G. 2001. **Proses Bioremediasi Limbah Rumah Tangga Dalam Skala Kecil Dengan Kemampuan Tanaman Air Pada Sistem Simulasi**. Tesis. Institut Pertanian Bogor.

Yusuf, G. 2008. **Bioremediasi Limbah Rumah Tangga Dengan Sistem Simulasi Tanaman Air**. Vol. 8 (2): 136- 144. Fakultas MIPA. Universitas Islam Makassar.

Zaman, B., Endro, S. 2006. **Kemampuan Penyerapan Eceng Gondok Terhadap Amoniak Dalam Limbah Rumah Sakit Berdasarkan Umur Dan Lama Kontak**. Studi Kasus: Rs Panti Wilasa: Semarang.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan data Penyerapan Orthofosfat

Data asli kandungan orthofosfat pada media tanam

Perlakuan	Lama kontak Hari ke-	Ulangan			Rata-rata
		I	II	III	
100%	0	0.127	0.127	0.127	0.127
	2	0.042	0.042	0.038	0.041
	4	0.029	0.020	0.031	0.027
	6	0.016	0.012	0.018	0.015
75%	0	0.127	0.127	0.127	0.127
	2	0.059	0.064	0.053	0.059
	4	0.028	0.051	0.030	0.036
	6	0.022	0.043	0.024	0.030
50%	0	0.127	0.127	0.127	0.127
	2	0.046	0.041	0.062	0.050
	4	0.032	0.023	0.041	0.032
	6	0.022	0.011	0.032	0.022
25%	0	0.127	0.127	0.127	0.127
	2	0.070	0.076	0.067	0.071
	4	0.049	0.051	0.022	0.041
	6	0.044	0.047	0.019	0.037
Kontrol	0	0.127	0.127		0.127
	2	0.122	0.125		0.124
	4	0.118	0.120		0.119
	6	0.120	0.123		0.122

Data setelah di transformasi menggunakan rumus transformasi akar $\sqrt{(X + 0.5)}$

Perlakuan penutupan (%)	Pengamatan hari ke-	ulangan			jumlah
		1	2	3	
100%	0	0.7918	0.7918	0.7918	2.3755
	2	0.7362	0.7362	0.7335	2.2059
	4	0.7273	0.7211	0.7287	2.1771
	6	0.7183	0.7155	0.7197	2.1536
75%	0	0.7918	0.7918	0.7918	2.3755
	2	0.7477	0.7510	0.7436	2.2423
	4	0.7266	0.7423	0.7280	2.1969
	6	0.7225	0.7369	0.7239	2.1833
50%	0	0.7918	0.7918	0.7918	2.3755
	2	0.7389	0.7355	0.7497	2.2241
	4	0.7294	0.7232	0.7355	2.1881
	6	0.7225	0.7148	0.7294	2.1667
25%	0	0.7918	0.7918	0.7918	2.3755
	2	0.7550	0.7589	0.7530	2.2669
	4	0.7409	0.7423	0.7225	2.2057
	6	0.7376	0.7396	0.7204	2.1976

Faktor A	Faktor B				Jumlah
	B1	B2	B3	B4	
A1	2.3755	2.2059	2.1771	2.1536	8.9121
A2	2.3755	2.2423	2.1969	2.1833	8.9980
A3	2.3755	2.2241	2.1881	2.1667	8.9544
A4	2.3755	2.2669	2.2057	2.1976	9.0457

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{Y^2}{abn} = \frac{(2.3755+2.2059+\dots+2.1976)^2}{4 \times 4 \times 3} = \frac{(35.9103)^2}{48} = 26.8656$$

$$\begin{aligned} \text{JK Total (JKT)} &= \sum_{i=1} \sum_{j=1} \sum_{k=1} Y_{ijk}^2 - \frac{(Y)^2}{abn} \\ &= (2.3755^2 + 2.2059^2 + \dots + 2.1976^2) - 26.8656 \\ &= 26.901 - 26.8656 \\ &= 0.0354 \end{aligned}$$

$$\text{JK Perlakuan (JKP)} = \sum_{i=1} \frac{y_i^2}{bn} - \frac{(Y)^2}{abn}$$

$$= \frac{(8.9121^2 + 8.9980^2 + 8.9544^2 + 9.0457^2)}{3 \times 4} - 26.86643$$

$$= 26.86643 - 26.8656$$

$$= 0.000824$$

JK Waktu (Perlakuan)

$$= \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^4 \frac{Y_{ij}^2}{n} - \left(\sum_{i=1}^3 \frac{Y_i^2}{bn} \right)$$

$$= \frac{(2.3755^2 + 2.2059^2 + \dots + 2.1976^2)}{3} - \frac{(8.9121^2 + 8.9980^2 + 8.9544^2 + 9.0457^2)}{3 \times 4}$$

$$= 26.901 - 26.86643$$

$$= 0.034$$

JK Galat (JKG)

$$= \text{JK Total} - (\text{JK Perlakuan} + \text{JK Waktu})$$

$$= (0.0354) - (0.000824 + 0.034)$$

$$= 0.000303$$

Perhitungan BNT perlakuan penyerapan Orthofosfat

$$\text{BNT}_{0.05} = t_{0.05\alpha} \sqrt{\frac{2KT \text{ Galat}}{\text{ulangan} \times \text{perlakuan}}}$$

$$= 2.0369 \times 0.001256$$

$$= 0.002872508$$

Perlakuan Penutupan	Kadar orthofosfat pada media tanam		
100%	8.912125	2.228031	A
75%	8.998002	2.249501	C
50%	8.954431	2.238608	B
25%	9.045733	2.261433	D
BNT _{0.05}	0.002872508		

Perhitungan BNJ kombinasi waktu dalam perlakuan penyerapan orthofosfat

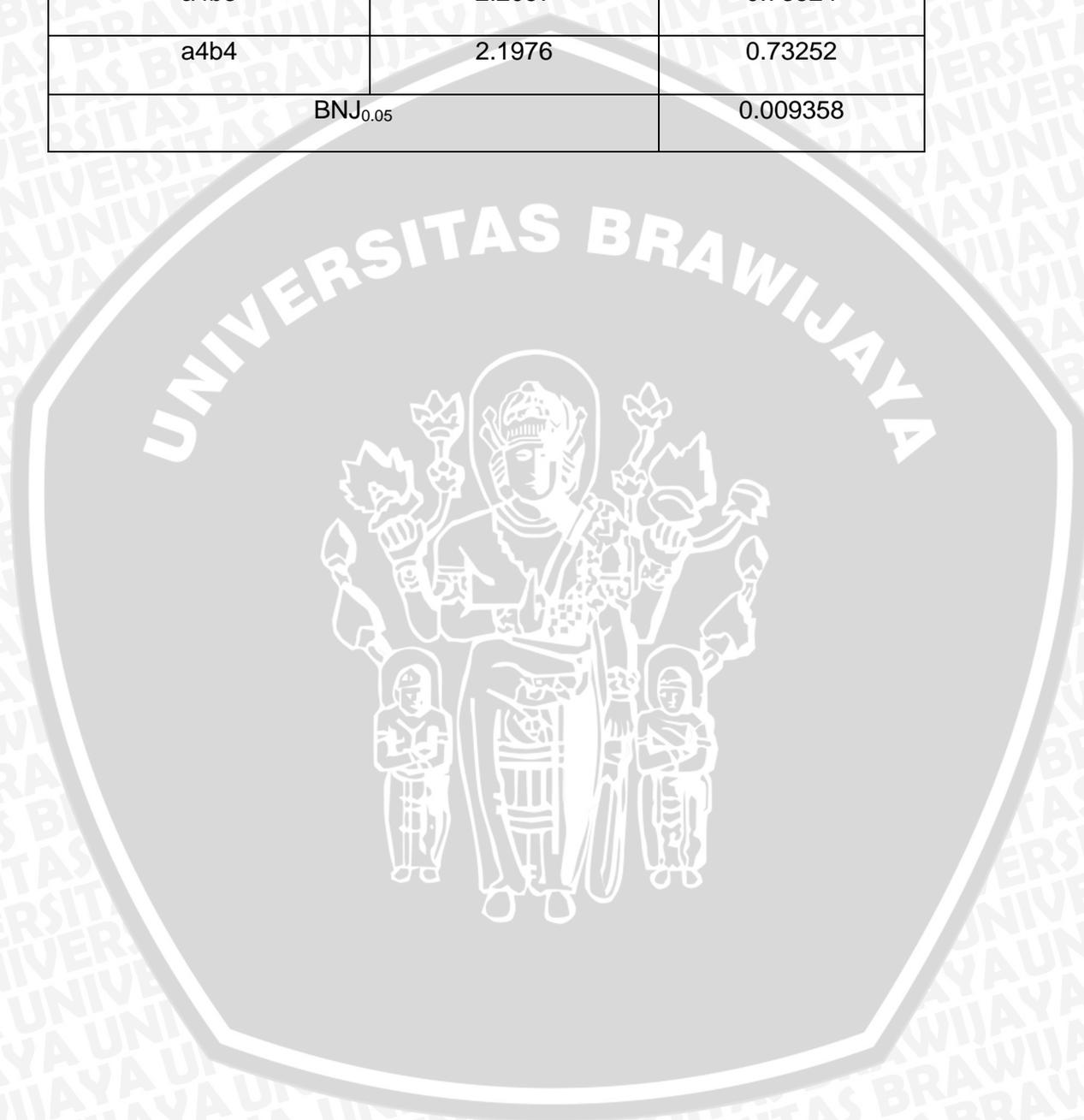
$$\begin{aligned}
 \text{BNJ}_{0.05} &= q(v,t) \times \sqrt{\frac{KT \text{ Galat}}{\text{ulangan}}} \\
 &= q(12;32) \times 0.001776 \\
 &= 5.27 \times 0.001776 \\
 &= 0.009358
 \end{aligned}$$

Kombinasi waktu dalam perlakuan	Kadar phospat dalam media percobaan	
a1b1	2.3755	0.79183
a1b2	2.2059	0.73530
a1b3	2.1771	0.72571
a1b4	2.1536	0.71787
a2b1	2.3755	0.79183
a2b2	2.2423	0.74743
a2b3	2.1969	0.73231
a2b4	2.1833	0.72775
a3b1	2.3755	0.79183
a3b2	2.2241	0.74137
a3b3	2.1881	0.72937
a3b4	2.1667	0.72224



Lanjutan lampiran 1

a4b1	2.3755	0.79183
a4b2	2.2669	0.75564
a4b3	2.2057	0.73524
a4b4	2.1976	0.73252
BNJ _{0.05}		0.009358



Lampiran 2. Perhitungan data Laju Penyerapan Orthofosfat

Data asli kandungan orthofosfat pada media tanam

Perlakuan	Waktu	Ulangan			Rata-rata
		I	II	III	
100%	2	0.085	0.085	0.089	0.086
	4	0.013	0.022	0.007	0.014
	6	0.013	0.008	0.013	0.011
75%	2	0.068	0.063	0.074	0.068
	4	0.031	0.013	0.023	0.022
	6	0.006	0.008	0.006	0.007
50%	2	0.081	0.086	0.065	0.077
	4	0.014	0.018	0.021	0.018
	6	0.010	0.012	0.009	0.010
25%	2	0.057	0.051	0.060	0.056
	4	0.021	0.025	0.045	0.030
	6	0.005	0.004	0.003	0.004

Data setelah di transformasi menggunakan rumus transformasi akar $\sqrt{(X + 0.5)}$

Perlakuan penutupan (%)	Pengamatan hari ke-	ulangan			jumlah
		1	2	3	
100%	2	0.7649	0.7649	0.7675	2.2972
	4	0.7162	0.7225	0.7120	2.1508
	6	0.7162	0.7127	0.7162	2.1452
75%	2	0.7537	0.7503	0.7576	2.2616
	4	0.7287	0.7162	0.7232	2.1681
	6	0.7113	0.7127	0.7113	2.1354
50%	2	0.7622	0.7655	0.7517	2.2794
	4	0.7169	0.7197	0.7218	2.1585
	6	0.7141	0.7155	0.7134	2.1431
25%	2	0.7463	0.7423	0.7483	2.2369
	4	0.7218	0.7246	0.7382	2.1846
	6	0.7106	0.7099	0.7092	2.1298

Lanjutan Lampiran 2.

Faktor A	Faktor B			jumlah
	B1	B2	B3	
A1	2.2972	2.1508	2.1452	6.5932
A2	2.2616	2.1681	2.1354	6.5652
A3	2.2794	2.1585	2.1431	6.5810
A4	2.2369	2.1846	2.1298	6.5514

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{Y^2}{abn} = \frac{(2.2972+2.1508+\dots+2.1298)^2}{4 \times 3 \times 3} = \frac{(26.2907)^2}{36} = 19.199982$$

$$\begin{aligned} \text{JK Total (JKT)} &= \sum_{i=1} \sum_{j=1} \sum_{k=1} Y_{ijk}^2 - \frac{(Y)^2}{abn} \\ &= (2.2972^2 + 2.1508^2 + \dots + 2.1298^2) - 19.199982 \\ &= 19.212 - 19.199982 \\ &= 0.014 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Perlakuan (JKP)} &= \sum_{i=1} \frac{Y_i^2}{bn} - \frac{(Y)^2}{abn} \\ &= \frac{(6.5932^2 + 6.5652^2 + 6.5810^2 + 6.5514^2)}{3 \times 3} - 19.199982 \\ &= 19.2001 - 19.199982 = 0.0001 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Waktu (Perlakuan)} &= \sum_{i=1} \sum_{j=1} \frac{Y_{ij}^2}{n} - \left(\sum_{i=1} \frac{Y_i^2}{bn} \right) \\ &= \frac{(2.2972^2 + 2.1508^2 + \dots + 2.1298^2)}{3} - \frac{(6.5932^2 + 6.5652^2 + 6.5810^2 + 6.5514^2)}{3 \times 3} \\ &= 19.214 - 19.2001 \\ &= 0.0134 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Galat (JKG)} &= \text{JK Total} - (\text{JK Perlakuan} + \text{JK Waktu}) \\ &= (0.014) - (0.0001 + 0.0134) \\ &= 0.00047 \end{aligned}$$

Lanjutan Lampiran 2

Perhitungan BNJ kombinasi waktu dalam perlakuan laju penyerapan amonium

$$\begin{aligned}
 \text{BNJ}_{0.05} &= q(v,t) \times \sqrt{\frac{KT \text{ Galat}}{\text{ulangan}}} \\
 &= q(12;24) \times 0.002548696 \\
 &= 5.1 \times 0.002548696 \\
 &= 0.012998347
 \end{aligned}$$

Kombinasi waktu dalam perlakuan	Kadar phospat dalam media percobaan	
	a1b1	2.2972
a1b2	2.1508	0.716925061
a1b3	2.1452	0.715073851
A2b1	2.2616	0.753872961
a2b2	2.1681	0.722708347
a2b3	2.1354	0.711804909
a3b1	2.2794	0.759801582
a3b2	2.1585	0.719487800
a3b3	2.1431	0.714375652
a4b1	2.2369	0.745649849
a4b2	2.1846	0.728204429
a4b3	2.1298	0.709929341
BNJ _{0.05}		0.01204627

Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian

