

repository.ub.ac.id

**EFEKTIVITAS TANAMAN KAYU APU (*Pistia stratiotes*) DAN  
KIAMBANG (*Salvinia molesta*) DALAM PENURUNAN ORTHOFOSFAT  
( $PO_4^{3-}$ ) PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI TEMPE**

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

Oleh:  
**TRIA INDAH ROHMAWATI  
NIM. 125080100111004**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2016**



repository.ub.ac.id

**EFEKTIVITAS TANAMAN KAYU APU (*Pistia stratiotes*) DAN  
KIAMBANG (*Salvinia molesta*) DALAM PENURUNAN ORTHOFOSFAT  
( $PO_4^{3-}$ ) PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI TEMPE**

**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:  
**TRIA INDAH ROHMAWATI**  
**NIM. 125080100111004**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**  
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**MALANG**  
**2016**



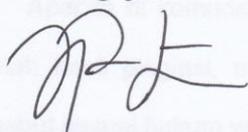
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

EFEKTIVITAS TANAMAN KAYU APU (*Pistia stratiotes*) DAN KIAMBANG (*Salvinia molesta*) DALAM PENURUNAN ORTHOFOSFAT ( $PO_4^{3-}$ ) PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI TEMPE

Oleh:  
TRIA INDAH ROHMAWATI  
NIM. 125080100111004

Telah dipertahankan di depan penguji pada tanggal 2 Agustus 2016 dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Penguji II



(Nanik Retno Buwono, S.Pi, MP)

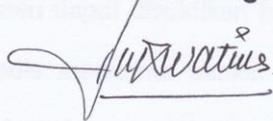
NIP. 19840420 201404 2 002

Tanggal :

15 AUG 2016

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



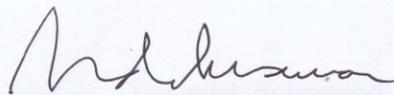
(Ir. Herwati Umi S., MS)

NIP. 19720529 200312 1 001

Tanggal :

15 AUG 2016

Dosen Pembimbing II



(Andi Kurniawan, S.Pi, M.Eng, D.Sc)

NIP. 19790331 200501 1 003

Tanggal :

15 AUG 2016

Mengetahui,  
Ketua Jurusan



(Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS)

NIP. 19620805 198603 2 001

15 AUG 2016

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tria Indah Rohmawati

NIM : 125080100111004

Prodi : Manajemen Sumberdaya Perairan

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

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa Skripsi ini adalah hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, 2 Agustus 2016

Tria Indah Rohmawati

NIM. 125080100111004

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan laporan penelitian skripsi ini tidak lepas dari segala bentuk dukungan yang penulis peroleh dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ayah Nasirin, Ibu Kun Sukarlin, Kakak Ika Nur Azizah dan Dwi Rizka Yulianti, SE serta teman hidup Danang Yudha Raharja yang telah memberi semangat, dorongan dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini.
2. Ibu Ir. Herwati Umi S., MS dan Bapak Andi Kurniawan S.Pi, M.Eng, D.Sc selaku dosen pembimbing atas bimbingan serta nasehat yang telah diberikan.
3. Ibu Dr. Uun Yanuhar, S.Pi, M.Si dan Ibu Nanik Retno Buwono, S.Pi, MP selaku dosen penguji atas kritik dan saran yang telah diberikan.
4. Tim ala kadarnya (Dian Mega Safitri, Farida Nikmatusya'ban dan Dewi Safitri) serta seluruh teman-teman dari Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan angkatan 2012.

Semoga Allah SWT senantiasa membalas segala kebaikan yang telah diberikan oleh pihak-pihak tersebut dengan pahala dan ilmu yang bermanfaat. Semoga apa yang kita kerjakan dapat menjadi berkah, Aamiin.

Malang, 2 Agustus 2016

Penulis

## RINGKASAN

**TRIA INDAH ROHMAWATI.** Skripsi tentang Efektivitas Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*) Dalam Penurunan Orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) Pada Limbah Cair Industri Tempe (dibawah bimbingan **Ir. Herwati Umi S., MS** dan **Andi Kurniawan S.Pi, M.Eng, D.Sc.**)

---

Industri tempe Sanan merupakan sebuah sentra industri kecil berskala rumah tangga yang sekitar 70% penduduknya bermata pencaharian sebagai produsen tempe maupun keripik tempe. Jenis limbah yang dihasilkan dari industri ini adalah limbah padat dan limbah cair. Dimana limbah padat berupa kulit kedelai masih dapat dimanfaatkan sebagai campuran pakan ternak. Sedangkan limbah cair yang dihasilkan mengandung cemaran organik seperti pati, lemak, minyak dan protein serta mengandung cemaran anorganik yaitu ammonia, nitrat dan fosfat. Dimana apabila limbah tersebut langsung dibuang ke perairan akan menimbulkan pencemaran. Salah satu bahan anorganik yang berbahaya bagi lingkungan adalah fosfat. Fosfat terdapat dalam air sebagai orthofosfat yang apabila berlebih akan menimbulkan masalah lingkungan seperti eutrofikasi. Salah satu teknik yang dianggap efisien dengan biaya yang relatif murah adalah dengan fitoremediasi. Tanaman yang dapat digunakan untuk menurunkan orthofosfat seperti yang terkandung dalam limbah cair industri tempe adalah kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan kiambang (*Salvinia molesta*). Untuk itu diperlukan studi untuk mengetahui efektivitas kedua jenis tanaman ini dalam menurunkan orthofosfat yang terkandung dalam limbah cair seperti dari industri tempe.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui keefektifitasan kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan kiambang (*Salvinia molesta*) dalam penurunan kadar orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) pada air yang terpapar limbah cair industri tempe. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2016 di Laboratorium Reproduksi Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan dan Laboratorium Lingkungan Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, Malang.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Tersarang. Penelitian ini menggunakan 2 perlakuan jenis tanaman yang berbeda yaitu kayu apu dan kiambang, serta terdapat bak kontrol yang tidak diberi perlakuan tanaman, dimana masing-masing perlakuan tersebut mendapat 3 kali pengulangan dan mendapat pengaruh waktu dalam proses fitoremediasinya. Konsentrasi limbah tempe yang digunakan sebanyak 5% dengan berat tanaman yang digunakan  $\pm$  200 gram. Penelitian dilakukan selama 8 hari, dengan pengukuran parameter orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), oksigen terlarut (DO), suhu dan pH setiap 2 hari sekali, serta pengukuran bobot basah tanaman dilakukan pada awal dan akhir penelitian.

Hasil penelitian menunjukkan nilai parameter kualitas air pada awal penelitian yaitu oksigen terlarut (DO) sebesar 3,25 mg/l, suhu sebesar 27°C, derajat keasaman (pH) sebesar 5 serta kandungan orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) sebesar 7,15 mg/l. Bak penelitian kontrol tanpa perlakuan tanaman, pada akhir penelitian mengalami penurunan nilai oksigen terlarut menjadi 3,05 mg/l, suhu naik menjadi 27,3°C, derajat keasaman (pH) naik menjadi 7,11 serta kandungan orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) menurun menjadi 5,13 mg/l. Bak penelitian dengan perlakuan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) mengalami kenaikan nilai oksigen terlarut (DO) menjadi 3,45 mg/l, suhu naik menjadi 28,2°C, derajat keasaman (pH) naik menjadi 7,37, kandungan orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) turun menjadi 1,46 mg/l serta berat basah tanaman kayu apu naik dari berat awal 200 gram menjadi 205 gram. Bak penelitian dengan perlakuan tanaman kiambang (*Salvinia molesta*) pada akhir

penelitian mengalami kenaikan nilai oksigen terlarut (DO) menjadi 3,19 mg/l, suhu naik menjadi 27,3°C, derajat keasaman (pH) naik menjadi 7,12, kandungan orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) turun menjadi 1,87 mg/l serta berat basah tanaman kiambang naik dari berat awal 200 gram menjadi 202,67 gram. Hasil analisa sidik ragam dan uji BNT menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang sangat nyata antara perlakuan jenis tanaman dan waktu dalam perlakuan terhadap penurunan konsentrasi orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), dimana F-hitung lebih besar dari F-tabel pada selang kepercayaan 95% maupun 99%.

Perlakuan fitoremediasi limbah cair industri tempe terbaik pada penelitian selama 8 hari yaitu dengan menggunakan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*), terbukti karena kemampuannya menyerap orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) lebih tinggi dibandingkan kiambang (*Salvinia molesta*). Berat basah tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan kiambang (*Salvinia molesta*) mengalami kenaikan. Hal ini menunjukkan bahwa air yang digunakan dalam media tanam mengandung unsur hara yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman tersebut.

Saran dari penelitian ini adalah perlu adanya peran pemerintah setempat dalam mengawasi pembuangan limbah oleh industri sehingga meminimalisir terjadinya pencemaran. Kayu apu lebih efektif dalam menurunkan nutrisi dibanding kiambang, sehingga perlu dilakukan penelitian lanjut dengan menggunakan tanaman air jenis lain dengan media tanam dari air limbah industri pada konsentrasi yang berbeda.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi yang berjudul “Efektivitas Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*) Dalam Penurunan Orthofosfat ( $PO_4^{3-}$ ) Pada Limbah Cair Industri Tempe”. Tujuan dibuatnya Laporan Skripsi ini adalah sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Perikanan (S.Pi) di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Laporan Skripsi ini masih memiliki kekurangan baik penulisan maupun penyampaian, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun agar tulisan ini menjadi lebih baik, sehingga dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi pembaca.

Malang, 2 Agustus 2016

Penulis

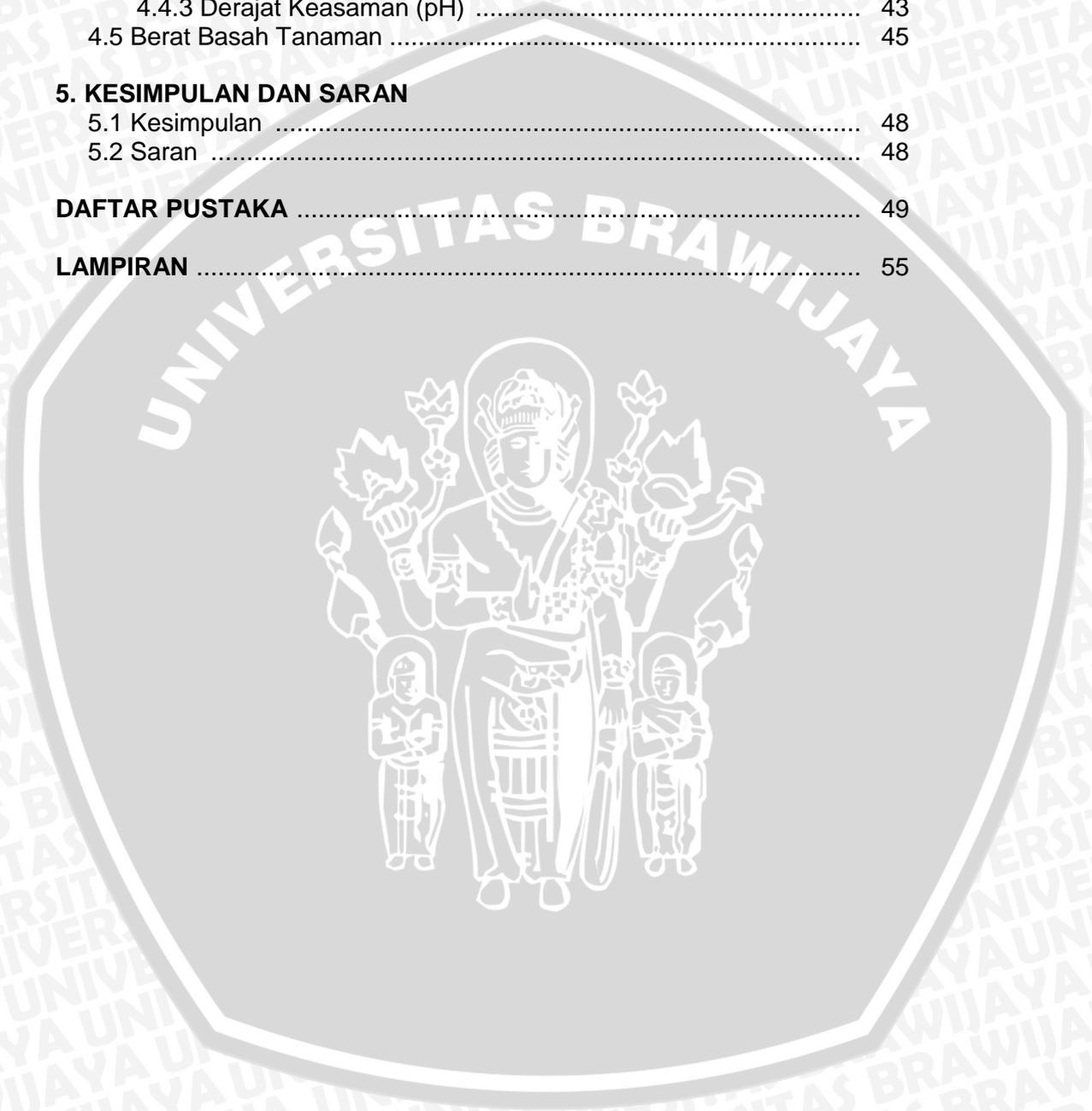
DAFTAR ISI

Halaman

<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	v
<b>RINGKASAN</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>1. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Hipotesis .....	4
1.5 Kegunaan Penelitian .....	5
1.5 Waktu dan Tempat Penelitian .....	5
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Pencemaran .....	6
2.2 Air Limbah .....	7
2.3 Limbah Organik .....	8
2.4 Limbah Cair Industri Tempe .....	9
2.5 Orthofosfat .....	10
2.6 Fitoremediasi .....	11
2.7 Agen Fitoremediasi .....	12
2.7.1 Kayu Apu .....	12
2.7.2 Kiambang .....	14
2.8 Parameter Kualitas Air Pendukung .....	15
2.8.1 Oksigen Terlarut .....	15
2.8.2 Suhu .....	16
2.8.3 Derajat Keasaman .....	17
<b>3. METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Materi Penelitian .....	19
3.2 Alat dan Bahan .....	19
3.3 Lokasi Pengambilan Sampel .....	19
3.4 Metode Penelitian .....	20
3.5 Tahapan Penelitian .....	21
3.6 Prosedur Pengukuran Kualitas Air Pada Media Limbah Cair Tempe .....	24
3.7 Analisis Data .....	26
<b>4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Karakteristik Limbah Cair Tempe yang Digunakan Dalam Penelitian .....	29



4.2 Kondisi Tanaman Kayu Apu dan Kiambang pada Awal dan Akhir Penelitian.....	29
4.3 Hasil Pengukuran Konsentrasi Orthofosfat Pada Media Tanam .....	32
4.4 Kualitas Air Pendukung .....	38
4.4.1 Oksigen Terlarut (DO) .....	38
4.4.2 Suhu.....	41
4.4.3 Derajat Keasaman (pH) .....	43
4.5 Berat Basah Tanaman .....	45
<b>5. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	48
5.2 Saran .....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>49</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>55</b>

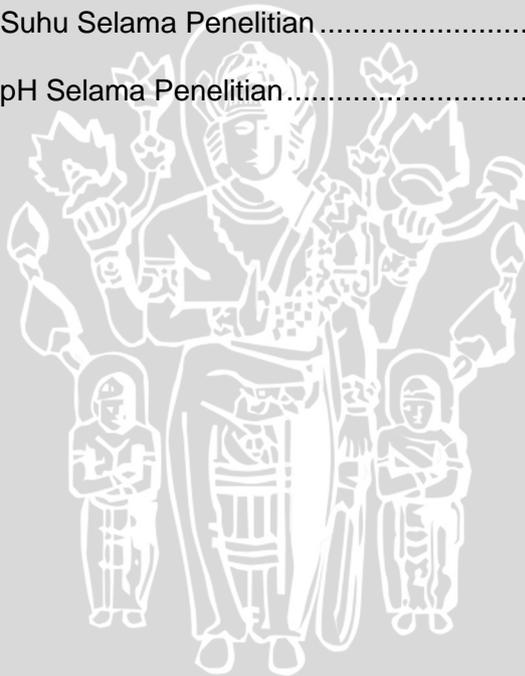


## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Alat dan Bahan Penelitian .....	19
2. Alat dan Fungsinya .....	55
3. Bahan dan Fungsinya .....	55
4. Sidik Ragam (ANOVA) RAL Tersarang .....	27
5. Perubahan Kondisi Fisik Tanaman Kayu Apu dan Kiambang Selama Penelitian .....	30
6. Data Hasil Konsentrasi Orthofosfat Pada Media Tanam .....	32
7. Presentase Penurunan Konsentrasi Senyawa Orthofosfat Pada Media Tanam .....	35
8. Sidik Ragam Konsentrasi Orthofosfat Pada Media Tanam .....	37
9. Hasil Rata-Rata Oksigen Terlarut/DO Pada Media Tanam .....	38
10. Hasil Rata-Rata Suhu Pada Media Tanam .....	41
11. Hasil Rata-Rata pH Pada Media Tanam .....	43
12. Hasil Berat Basah Tanaman dan RGR dan DT Pada Kayu Apu dan Kiambang.....	46

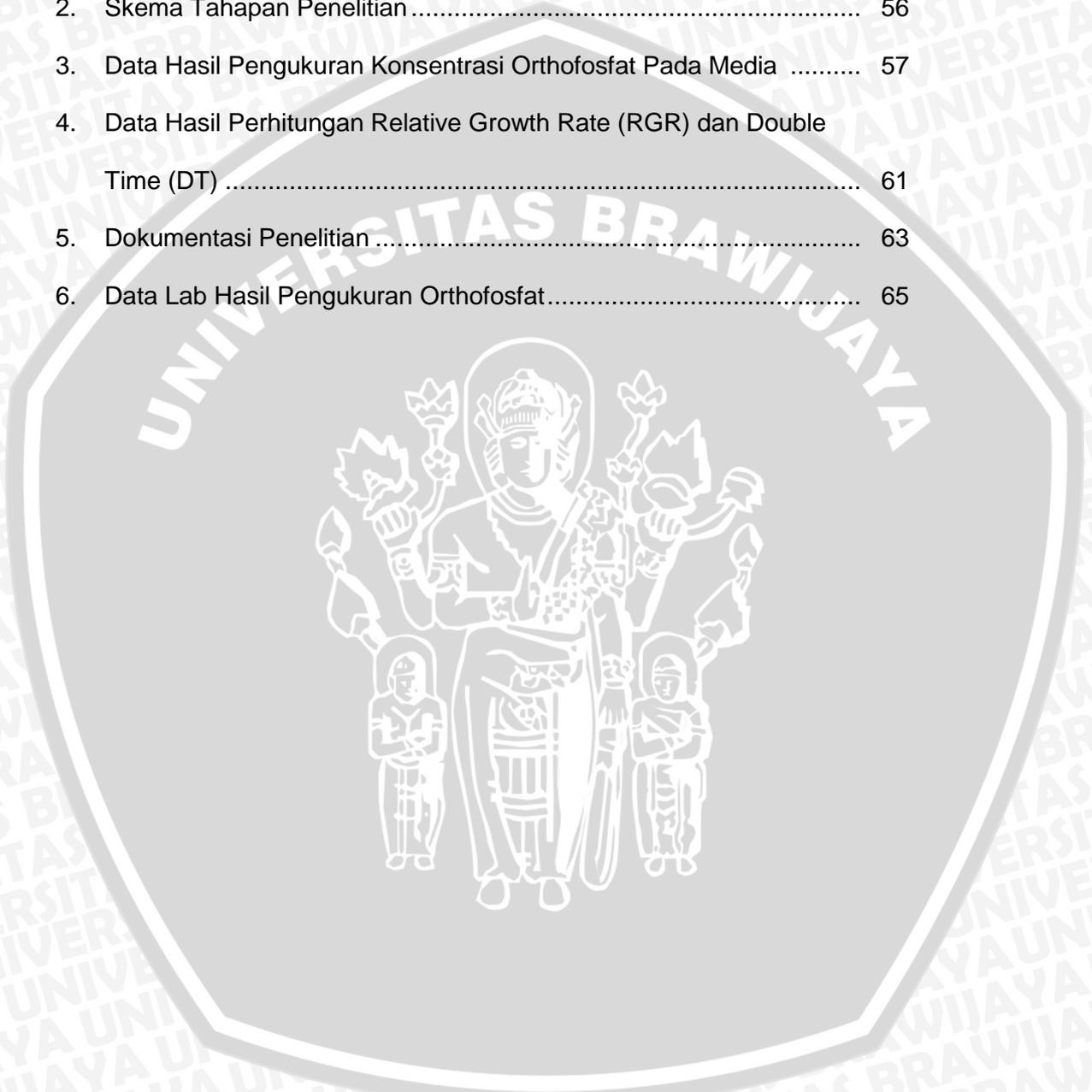
## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. Kayu Apu ( <i>Pistia stratiotes</i> ).....	13
2. Kiambang ( <i>Salvinia molesta</i> ) .....	14
3. Denah Tata Letak Rancangan Percobaan .....	21
4. Skema Tahapan Penelitian.....	56
5. Grafik Penurunan Konsentrasi Orthofosfat yang Terdapat Pada Media Tanam.....	34
6. Grafik Perubahan Oksigen Terlarut (DO) Selama Penelitian.....	40
7. Grafik Perubahan Suhu Selama Penelitian .....	42
8. Grafik Perubahan pH Selama Penelitian.....	45



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
1. Fungsi Alat Bahan Penelitian .....	55
2. Skema Tahapan Penelitian .....	56
3. Data Hasil Pengukuran Konsentrasi Orthofosfat Pada Media .....	57
4. Data Hasil Perhitungan Relative Growth Rate (RGR) dan Double Time (DT) .....	61
5. Dokumentasi Penelitian .....	63
6. Data Lab Hasil Pengukuran Orthofosfat .....	65



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembangunan di sektor industri maju dengan pesat selaras dengan laju pembangunan nasional. Pembangunan di sektor ini dianggap mampu memberikan nilai tambah secara nasional, mampu menciptakan lapangan kerja dan mendorong peningkatan teknologi bagi kehidupan manusia. Sebagai realisasi dan konsekuensi kegiatan pembangunan di sektor industri, muncul berbagai masalah lingkungan secara langsung maupun tidak langsung berupa pengotoran perairan oleh limbah cair. Pengamatan menunjukkan bahwa dari berbagai jenis industri, industri kecil dan industri rumah tangga sangat berpotensi memberikan kontribusi besar pada pengotoran perairan, salah satunya industri tempe. Kondisi yang demikian ini disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah kurangnya pengetahuan pengusaha tentang pencemaran lingkungan, teknologi proses produksi, serta tidak adanya unit sarana pengolahan limbah cair (Nutriyani *dalam* Supriyanto, 1997).

Industri Tempe Sanan merupakan sebuah sentra industri tempe di Kota Malang. Industri yang ada di sentra ini berskala rumah tangga dengan 70% penduduknya bermata pencaharian sebagai produsen tempe maupun keripik tempe. Sentra industri ini belum mempunyai tempat penampungan dan pengolahan limbah tersendiri. Jenis limbah yang dihasilkan sentra industri ini adalah limbah padat seperti kulit kedelai, dimana limbah tersebut dapat dimanfaatkan sebagai campuran pakan ternak. Sedangkan limbah cair yang dihasilkan dari proses perebusan dan perendaman kedelai mempunyai nilai TDS dan TSS yang jauh melewati standart baku mutu limbah cair. Menurut penelitian Wiryani (2006), besarnya kandungan TDS (Total Padatan Terlarut) sebesar 25.254 mg/l, kandungan TSS (Total Padatan Tersuspensi) 4.551 mg/l,

kandungan BOD (Kebutuhan Oksigen Terlarut) sebesar 31.380,87 mg/l dan kandungan COD (Kebutuhan Oksigen Kimiawi) sebesar 35.398,87 mg/l. Selain itu limbah cair dari sentra industri ini tinggi kandungan bahan cemaran organik yang berupa pati, lemak, minyak, protein serta mengandung cemaran anorganik seperti ammonia, nitrat dan fosfat (Wigyanto *et al.*, 2009). Apabila limbah tersebut langsung dibuang ke perairan tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu akan menyebabkan pencemaran air yang berdampak pada kerusakan lingkungan.

Fosfor yang terkandung dalam limbah cair industri tempe sebenarnya merupakan salah satu nutrisi utama yang sangat penting dalam pertumbuhan tanaman. Fosfor tidak terdapat secara bebas di alam. Fosfor ditemukan sebagai fosfat dalam beberapa mineral tanaman dan merupakan unsur pokok dari protoplasma. Fosfor terdapat dalam air sebagai ortofosfat. Sumber fosfor alami dalam air berasal dari pelepasan mineral-mineral dan biji-bijian (Bausch, 1974). Menurut Effendi (2003), ortofosfat merupakan bentuk fosfat yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tanaman, sedangkan polifosfat harus terlebih dahulu mengalami hidrolisis membentuk ortofosfat sebelum dimanfaatkan sebagai sumber fosfor. Hanya saja, kelebihan kandungan fosfat bisa menimbulkan masalah lingkungan seperti eutrofikasi.

Eutrofikasi merupakan masalah lingkungan hidup yang diakibatkan oleh masukan limbah fosfat khususnya yang mengandung nutrisi dalam ekosistem perairan yang menyebabkan kelebihan unsur hara yang dibutuhkan tumbuhan di perairan sehingga mampu meningkatkan produktivitas primer perairan. Penambahan yang berlebihan dari nutrisi atau unsur hara dapat mencemari perairan dan menghasilkan kandungan oksigen terlarut yang rendah dan meningkatkan bahan racun seperti amoniak dan nitrit (Ilyas, 1992 *dalam* Ambarwati *et.al.*, 2014). Jika konsentrasi orthofosfat di perairan berada pada

rentang 0.031 mg/l - 0.1 mg/l mengakibatkan perairan tersebut mengalami eutrofikasi (Vollenweider *dalam* Effendi, 2003).

Salah satu teknik mengatasi eutrofikasi yang dianggap efisien dengan biaya yang relatif murah adalah dengan menggunakan tanaman atau lebih dikenal dengan fitoremediasi. Fitoremediasi adalah upaya penggunaan tanaman untuk mengurangi konsentrasi limbah dan masalah-masalah pencemaran lingkungan baik secara *ex-situ* menggunakan kolam buatan atau reaktor maupun *in-situ* (langsung di lapangan) pada tanah atau perairan yang terkontaminasi limbah (Soetrisnanto *et al.*, 2012). Limbah cair yang akan diolah ditanami dengan tanaman tertentu yang mampu menyerap, mengumpulkan dan mendegradasi bahan-bahan pencemar tertentu yang terdapat di dalam limbah tersebut. Tanaman air dapat memfilter, mengadsorpsi partikel organik dan mengabsorpsi ion-ion logam yang terdapat dalam air melalui akar (Safitri, 2009).

Tanaman yang dapat digunakan untuk menurunkan orthofosfat seperti yang terkandung dalam limbah cair industri tempe adalah Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*). Kiambang merupakan tanaman remediator yang sangat baik dalam meremediasi limbah organik maupun anorganik karena memiliki sifat hiperakumulator yang tinggi dan pertumbuhan yang sangat cepat (Mcfarland, 2004). Tanaman Kayu Apu dipilih dikarenakan tanaman ini mudah untuk didapatkan dan mudah untuk dibudidayakan. Selain itu, tanaman ini juga dapat hidup pada lingkungan dengan air tergenang. Untuk itu diperlukan studi untuk mengetahui efektivitas kedua jenis tanaman ini dalam menurunkan orthofosfat yang terkandung dalam limbah cair seperti dari industri tempe.

## 1.2 Rumusan Masalah

Limbah cair yang dihasilkan oleh industri tempe memiliki potensi pencemaran lingkungan karena kandungan zat organik dan nutrisi yang cukup tinggi dalam limbah cairnya. Limbah cair industri tempe di Sanan mengandung kadar orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) yang tinggi yang bisa berdampak negatif bagi perairan. Oleh karena itu perlu dilakukan perlakuan pada limbah cair tempe untuk meminimalisir dampak yang dihasilkan. Salah satu alternatifnya adalah dengan pengolahan limbah secara biologis dengan menggunakan agen remediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui keefektifitasan kedua tanaman ini dalam menurunkan kandungan orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) pada limbah cair industri tempe.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui keefektifitasan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*) dalam penurunan kadar orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) pada air yang terpapar limbah cair industri tempe.

## 1.4 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah :

- $H_0$  : Diduga bahwa tidak ada perbedaan penurunan kadar orthofosfat antara tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*) pada air yang terpapar limbah cair industri tempe.
- $H_1$  : Diduga bahwa ada perbedaan penurunan kadar orthofosfat antara tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*) pada air yang terpapar limbah cair industri tempe.

### 1.5 Kegunaan Penelitian

Adapun kegunaan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Bagi pembaca secara umum diharapkan dapat memberikan informasi mengenai keefektivitasan tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*) sebagai agen remediasi dalam menurunkan kadar orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) pada limbah cair industri tempe.
- Bagi instansi pemerintah dapat dijadikan sebagai sumber informasi dan digunakan sebagai bahan penelitian lebih lanjut tentang penggunaan tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*) untuk remediasi bahan pencemar yang dihasilkan oleh suatu industri.

### 1.6 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2016 di Laboratorium Pemuliaan Ikan, Pembenuhan dan Reproduksi Ikan sebagai tempat percobaan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*) dan pengukuran bobot basah, dan pengukuran kualitas air. Analisis kandungan orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) pada limbah cair industri tempe dilakukan di Laboratorium Lingkungan Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, Malang.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pencemaran

Pencemaran lingkungan hidup menurut Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan. Cottam (1969) mengemukakan bahwa pencemaran air adalah bertambahnya suatu material atau bahan dan setiap tindakan manusia yang mempengaruhi kondisi perairan sehingga mengurangi atau merusak daya guna perairan.

Kumar (1977) berpendapat bahwa air dapat tercemar jika kualitas atau komposisinya baik secara langsung atau tidak langsung berubah oleh aktivitas manusia sehingga tidak lagi berfungsi sebagai air minum, keperluan rumah tangga, pertanian, rekreasi atau maksud lain seperti sebelum terkena pencemaran. Menurut Lutfi (2009), pada dasarnya bahan pencemar yang mencemari perairan dapat dikelompokkan menjadi: bahan pencemar organik, bahan pencemar penyebab terjadinya penyakit, bahan pencemar senyawa anorganik, bahan pencemar organik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme, bahan pencemar berupa zat radioaktif, bahan pencemar berupa endapan/sedimen. Menurut Notodarmojo (2005) pencemaran air perlu dibatasi untuk menjaga agar lingkungan tetap bertahan.

Hal-hal yang harus selalu diperhatikan terlebih dahulu dalam mengatasi pencemaran yaitu kita mengumpulkan informasi salah satunya adalah harus mengetahui sumber pencemaran, bahan-bahan atau zat pencemar, sifat dan karakteristik bahan pencemar. Setelah itu, baru mengambil tindakan menentukan metode atau tindakan konservasi yang efektif untuk mengatasi pencemaran. Pencemaran air akan sangat berpengaruh terhadap kondisi kesehatan dan

ekosistem lingkungan perairan sehingga perlu dilakukan penggolongan atas kelas sumber air sebagai tindakan preventif atau pencegahan untuk perlindungan sumber air dari pencemaran dan panduan bagi penetapan baku mutu air limbah. Penetapan baku mutu air limbah harus memperhatikan kelas badan air penerima (Purnamasari, 2015).

## 2.2 Air Limbah

Berdasarkan UU RI No.23 Tahun 1997, limbah adalah sisa suatu usaha atau kegiatan. Limbah cair merupakan buangan dalam bentuk zat cair yang mengandung bahan berbahaya dan beracun yang karena sifat dan konsentrasinya atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemari atau merusak lingkungan hidup, dan membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain. Hampir semua kegiatan manusia akan menghasilkan limbah cair ini, termasuk kegiatan industrialisasi.

Air limbah adalah sisa air yang digunakan dalam industri atau rumah tangga yang dapat mengandung zat tersuspensi dan zat terlarut. Air limbah adalah air yang dikeluarkan oleh industri akibat proses produksi dan pada umumnya sulit diolah karena biasanya mengandung beberapa zat seperti: pelarut organik zat padat terlarut, suspended solid, minyak dan logam berat (Metcalf & Eddy, 1991). Komponen limbah cair antara lain limbah cair domestik (*domestic waste water*), limbah cair industri (*industrial waste water*), rembesan dan luapan (*infiltration and inflow*) (Tchobanoglous and Eliassen dalam Soeparman dan Suparmin, 2002). Jika air limbah yang tidak diolah dibiarkan terakumulasi, maka dekomposisi material organik yang terdapat dalam air limbah dapat menimbulkan gas yang berbau busuk. Selain itu juga mengandung mikroorganisme penyebab penyakit (pathogen) (Metcalf dan Eddy, 1979).



Prinsip dasar pengolahan limbah cair adalah menghilangkan atau mengurangi sebesar-besarnya kontaminasi yang terdapat dalam limbah cair sehingga hasil olahan limbah tersebut tidak mengganggu lingkungan apabila dibuang ke tanah atau badan air penerima. Menurut Moersidik (1999), tujuan pengolahan limbah cair adalah: mengurangi jumlah padatan tersuspensi, mengurangi jumlah padatan terapung, mengurangi jumlah bahan organik, membunuh bakteri patogen, mengurangi jumlah bahan kimia yang berbahaya dan beracun, mengurangi unsur nutrisi (N dan P) yang berlebihan dan mengurangi unsur lain yang dianggap dapat menimbulkan dampak negatif terhadap ekosistem.

### 2.3 Limbah Organik

Menurut Sugiharto (1987) dalam Apriyadi (2008), limbah organik merupakan limbah yang mengandung bahan-bahan seperti karbohidrat, protein, lemak, minyak, detergen atau surfaktan. Pada umumnya kandungan bahan organik yang dijumpai dalam air limbah terdiri dari (40-60% protein, 25-50% karbohidrat dan 10% lainnya berupa lemak atau minyak). Limbah anorganik berasal dari sumber daya alam yang tidak dapat diuraikan dan tidak dapat diperbaharui. Menurut Soepardi (1983) dalam Zulkarnain *et al.*, (2011), bahan organik bertindak sebagai penyangga biologi yang dapat mempertahankan penyediaan hara dalam jumlah berimbang bagi akar tanaman.

Semua bahan organik mengandung unsur karbon (C) berkombinasi dengan satu atau lebih elemen lainnya. Umumnya bahan organik tersusun oleh unsur-unsur C, H, O, namun beberapa bahan organik ada yang mengandung N, S, P dan Fe. Bahan organik dalam limbah berada dalam bentuk terlarut (*dissolved*), koloid maupun partikel. Bahan-bahan tersebut ada yang mudah terurai (*biodegradable*) dan ada yang sukar terurai (*non biodegradable*)

(Sugiharto, 1987 *dalam* Apriyadi, 2008). Tingginya bahan organik dalam limbah cair ini akan menyulitkan pengelolaan limbah, karena beberapa zat sulit diuraikan oleh mikroorganisme (Rosiana, 2006 *dalam* Pratiwi, 2010). Sedangkan menurut Purnamasari (2015), limbah organik dapat memberikan dampak yang buruk bagi kondisi maupun kualitas perairan baik secara fisika, kimia dan biologi. Kualitas air merupakan pencerminan kandungan konsentrasi makhluk hidup, energi, zat-zat atau komponen lain yang ada dalam air.

#### 2.4 Limbah Cair Industri Tempe

Menurut Sani (2006), yang dimaksud limbah industri adalah segala bentuk bahan, yang tidak atau belum punya arti ekonomis, yang dihasilkan suatu proses teknologi yang dipakai. Sedangkan limbah cair industri adalah semua limbah industri yang berbentuk cairan atau berada dalam fase cair. Menurut Nugroho *et al.*, (2008), limbah cair industri merupakan limbah cair yang dikeluarkan dari proses produksi disuatu industri.

Industri tempe skala rumah tangga merupakan salah satu industri mikro yang banyak dijumpai di masyarakat. Produksi tempe ini banyak dilakukan di daerah perumahan serta lingkungan pemukiman penduduk. Namun, saat ini masih banyak dari industri tersebut belum memiliki sistem pengolahan limbah yang baik. Limbah cair yang diperoleh sebagai hasil sampingan pembuatan tempe jika tidak dikelola dengan baik dan hanya langsung dibuang ke perairan akan sangat mengganggu lingkungan disekitarnya karena dapat merusak kualitas air tanah, mengakibatkan timbulnya bau yang tidak sedap, serta memicu tumbuhnya berbagai bakteri patogen (Wiryani, 2009 *dalam* Fratama, 2013). Limbah cair dari proses pembuatan tempe terutama terdiri dari 99,9% atau lebih air dan 0,1% berupa benda-benda padat yang terdiri dari zat organik dan anorganik. Limbah cair industri tempe berasal dari proses pencucian,

perendaman, dan perebusan kedelai yang mengandung sejumlah besar unsur hara (Salamah *et al.*, 2009).

Terjadinya peningkatan eutrofikasi karena adanya kelebihan unsur hara. Salah satu unsur hara seperti orthofosfat dapat mengakibatkan daerah benthik kekurangan oksigen terlarut. Hal ini dapat menurunkan jumlah habitat yang sesuai untuk ikan dan dapat menyebabkan penurunan jumlah ikan secara keseluruhan (Connel dan Miller, 1995).

## 2.5 Orthofosfat

Fosfor merupakan salah satu nutrisi utama yang sangat penting dalam pertumbuhan tanaman. Fosfor tidak terdapat secara bebas di alam. Fosfor ditemukan sebagai fosfat dalam beberapa mineral, tanaman dan merupakan unsur pokok dari protoplasma. Fosfor terdapat dalam air sebagai orthofosfat. Sumber fosfor alami dalam air berasal dari pelepasan mineral-mineral dan biji-bijian (Bausch, 1974).

Fosfor di dalam perairan terdiri dari dua komponen, yaitu : (1) fosfor yang dapat larut (P terlarut) adalah dalam bentuk fosfat seringkali disebut orthofosfat, (2) fosfat organik yaitu yang terdapat dalam organisme-organisme plankton dan bahan-bahan organik lainnya dalam air. Fosfat organik (orthofosfat) dalam bentuk unsur P yang efektif bagi pertumbuhan tumbuhan air, dimana ketersediaannya ditentukan oleh faktor lingkungan, seperti alkalinitas, pH dan kandungan bahan organik serta keanekaragaman unsur-unsur lain misalnya kalsium (Ca), besi (Fe) dan alumunium (Al) (Subarijanti, 1990).

Senyawa orthofosfat merupakan faktor pembatas di perairan. Peranan fosfor sangat khusus di dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Fosfor yang cukup akan mempercepat pertumbuhan akar. Fosfor juga dapat meningkatkan bobot kering tajuk, bobot kering akar, memperbanyak akar halus

maupun akar rambut dan meningkatkan tinggi tanaman (Brady, 1974 dalam Gumail, 1999). Kekurangan fosfor pada tanaman dapat menyebabkan tajuk daun berwarna hijau gelap, selain itu membentuk warna merah atau ungu, tetapi daun bercabang, pada batang terdapat warna merah ungu dan lama kelamaan lambat laun menjadi berwarna kuning (Lakitan, 2007).

## 2.6 Fitoremediasi

Menurut Priyanto dan Prayitno (2006), fitoremediasi berasal dari kata *phyto* (asal kata Yunani *phyton*) yang berarti tumbuhan atau tanaman (*plant*) dan kata *remediation* (asal kata Latin *remediare* = *to remedy*) yaitu memperbaiki atau menyembuhkan atau membersihkan sesuatu, dengan demikian fitoremediasi dapat didefinisikan sebagai penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan, atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik. Fitoremediasi adalah suatu konsep yang memanfaatkan potensi yang dimiliki oleh tumbuhan untuk menghilangkan polutan dari tanah atau perairan yang telah terkontaminasi (Handayanto dan Hairiah, 2007).

Tanaman yang digunakan dalam fitoremediasi adalah tanaman yang memiliki kemampuan sangat tinggi untuk mengangkut berbagai pencemaran yang ada (*multiple uptake hyperaccumulator plant*) ataupun tanaman yang memiliki kemampuan mengangkut pencemaran yang bersifat tunggal (*spesific uptake hyperaccumulator plant*). Ada beberapa kriteria tumbuhan yang dapat digunakan dalam proses fitoremediasi, yaitu harus: memiliki kecepatan tumbuh yang tinggi, mampu mengkonsumsi air dalam jumlah banyak dan dalam waktu yang singkat, mampu meremediasi lebih dari satu jenis polutan, mempunyai toleransi tinggi terhadap polutan dan mudah dipelihara (Youngman, 1999 dalam Surtikanti, 2011). Mekanisme kerja fitoremediasi terdiri dari beberapa konsep

dasar yaitu: *fitoekstraksi*, *fitovolatilisasi*, *fitodegradasi*, *fitostabilisasi*, *rhizofiltrasi* dan interaksi dengan mikroorganisme pendegradasi polutan (Kelly, 1997).

*Fitoekstraksi* adalah penyerapan polutan oleh akar tanaman dan mengakumulasi polutan tersebut ke bagian-bagian tanaman seperti akar, batang dan daun. *Fitovolatilisasi* yaitu proses penyerapan polutan oleh tanaman dan melepaskannya ke udara lewat daun. Polutan tersebut mengalami degradasi terlebih dahulu sebelum dilepas lewat daun. *Fitodegradasi* adalah metabolisme polutan di dalam jaringan tanaman oleh enzim. *Fitostabilisasi* adalah proses yang dilakukan oleh tanaman untuk mentransformasi polutan di dalam tanah menjadi senyawa yang non toksik tanpa menyerap terlebih dahulu polutan tersebut ke dalam tubuh tanaman. *Rhizofiltrasi* adalah kemampuan akar tanaman untuk menyerap, mengendapkan dan mengakumulasi polutan dari aliran limbah (Anonim, 1999 dalam Moenir, 2010).

Sedangkan menurut Putri *et.al* (2014), 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 di dalam tanaman (daun atau batang), tanaman seperti itu disebut dengan hiperakumulator. Setelah polutan terakumulasi, tanaman bisa dipanen dan tanaman tersebut tidak dapat dikonsumsi tetapi harus dimusnahkan.

## 2.7 Agen Fitoremediasi

### 2.7.1 Kayu Apu

Menurut Muria *et al.*, (2012), Kayu apu merupakan tumbuhan berdaun hijau keabu-abuan yang membentuk kelopak bunga dan mengapung di permukaan air. Kayu apu 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). Gambar dari kayu apu dapat dilihat pada gambar 1.



**Gambar 1. Kayu apu (*Pistia stratiotes*)**  
(Sumber : Google.com, 2016)

Menurut Linnaeus (1753) dalam Muria *et al.*, (2012), taksonomi Kayu apu adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Phylum	: Angiosperms
Subphylum	: Monocots
Order	: Alismatales
Family	: Araceae
Subfamily	: Aroideae
Genus	: Pistia
Species	: <i>Pistia stratiotes</i>

Beberapa keunggulan dari kayu apu (*Pistia stratiotes*), diantaranya kayu apu (*Pistia stratiotes*) memiliki akar seperti bulu berbentuk labirin-labirin yang lembut dan ringan, berwarna putih, ungu dan hitam. Akar menyebar dengan akar pokok yang panjangnya dapat mencapai 90 mm, perkembangbiakan dengan tunas vegetatif lebih cepat dan panjangnya bisa mencapai 60 cm serta pemeliharaannya sangat mudah (Mustaniroh *et al.*, 2009). Menurut Pusat Litbang

PU Sumberdaya Air (2008) dalam Safitri (2009), tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) mampu menurunkan unsur N dan P secara berturut-turut yaitu 25% dan 12% perminggu dengan penyerapan kadar awal 0,87 mg/l dan 0,493 mg/l setiap minggunya.

### 2.7.2 Kiambang

Kiambang merupakan tumbuhan air yang banyak terdapat di sawah, kolam, sungai, genangan air, danau payau, dan saluran air. Terkadang menjadi sangat banyak dan menutupi permukaan air yang diam atau aliran yang lambat. Kiambang juga dapat dijumpai mulai dari dataran rendah sampai ketinggian 1800 m di atas permukaan laut. Di Indonesia kiambang banyak terdapat di Sumatra, Jawa, dan Kalimantan (Soerjani *et al.*, 1987). Menurut Halloo dan Silalahi (1997) mengemukakan bahwa Kiambang merupakan tumbuhan air yang hidup terapung bebas di atas permukaan air, yang pertumbuhan dan perkembangan sangat cepat sehingga menutupi permukaan air. Kiambang tumbuh baik pada suhu optimum 25-28°C. Pada kisaran suhu tersebut kiambang dapat melipatgandakan diri dalam waktu 1 minggu (Divakaran *et al.*, 1980). Menurut penelitian Yuliani *et al.*, (2013), tanaman kiambang (*Salvinia molesta*) memiliki kemampuan menyerap ion logam Cu (II) dalam air. Gambar dari kiambang dapat dilihat pada gambar 2.



**Gambar 2. Kiambang (*Salvinia molesta*)**  
(Sumber : Google.com, 2016)

Klasifikasi *Salvinia molesta* menurut USDA (2002) adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Sub kingdom	: Tracheobionta
Divisi	: Pteridophyta
Kelas	: Filicopsida
Ordo	: Hidropteridales
Famili	: Salviniaceae
Genus	: <i>Salvinia</i>
Spesies	: <i>Salvinia molesta</i>

Kiambang memiliki batang, daun, dan akar. Batang bercabang tumbuh mendatar, berbuku-buku, ditumbuhi bulu, dan panjangnya dapat mencapai 30 cm (Soerjani *et al.*, 1987). Pada setiap buku terdapat sepasang daun yang mengapung dan sebuah daun yang tenggelam. Daun yang mengapung berbentuk oval, alterna dengan panjang tidak lebih dari 3 cm, tangkai pendek ditutupi banyak bulu, dan berwarna hijau (Soerjani dan Pancho, 1978). Daun yang tenggelam menggantung dengan panjang mencapai 8 cm, berbelah serta terbagi-bagi dan berbulu halus. Sepintas penampilannya mirip akar, akan tetapi sebenarnya daun yang berubah bentuk dan mempunyai fungsi sebagai akar (Soerjani *et al.*, 1987).

## 2.8 Parameter Kualitas Air Pendukung

### 2.8.1 Oksigen Terlarut

Oksigen adalah gas tidak berbau, tidak berasa dan hanya sedikit larut dalam air. Untuk mempertahankan hidupnya makhluk yang tinggal di dalam air baik hewan maupun tumbuhan, bergantung pada oksigen terlarut ini. Jadi kadar oksigen terlarut dapat dijadikan ukuran untuk menentukan kualitas air.

Kehidupan di air dapat bertahan jika terdapat oksigen terlarut minimal 5 ppm (5 mg oksigen untuk setiap liter air) (Kristanto, 2002).

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 perairan dipengaruhi oleh proses aerasi, fotosintesis, respirasi dan oksidasi limbah. Semua limbah yang dioksidasi, terutama limbah domestik termasuk dalam kategori 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).

Kandungan oksigen terlarut sangat penting bagi biota perairan untuk melangsungkan metabolisme tubuhnya. Selain itu, oksigen terlarut juga diperlukan untuk dekomposisi bahan organik. Jika kandungan organik tinggi, maka oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk mendekomposisi bahan organik tersebut juga tinggi. Hasil dekomposisi bahan organik ini akan diserap tanaman untuk pertumbuhannya. Dengan ketersediaan oksigen terlarut yang cukup pula, proses remediasi yang dilakukan oleh tanaman akan semakin cepat (Apriyadi, 2008).

### **2.8.2 Suhu**

Menurut Nxawe *et al.*, (2010), suhu air dapat mempengaruhi proses fisiologis selama pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Suhu dibawah atau diatas tingkat optimal dapat mempengaruhi aktivitas metabolisme tanaman. Selain itu, peningkatan suhu di atas optimum juga dapat meningkatkan aktivitas enzim.

Menurut Dewi *et.al* (2013), peningkatan suhu berpengaruh terhadap tingkat penyerapan nutrisi termasuk orthofosfat karena suhu berkaitan dengan proses

metabolisme dan fotosintesis. Hal ini berarti suhu akan mempengaruhi proses fitoremediasi. Selain itu, 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 akan meningkat.

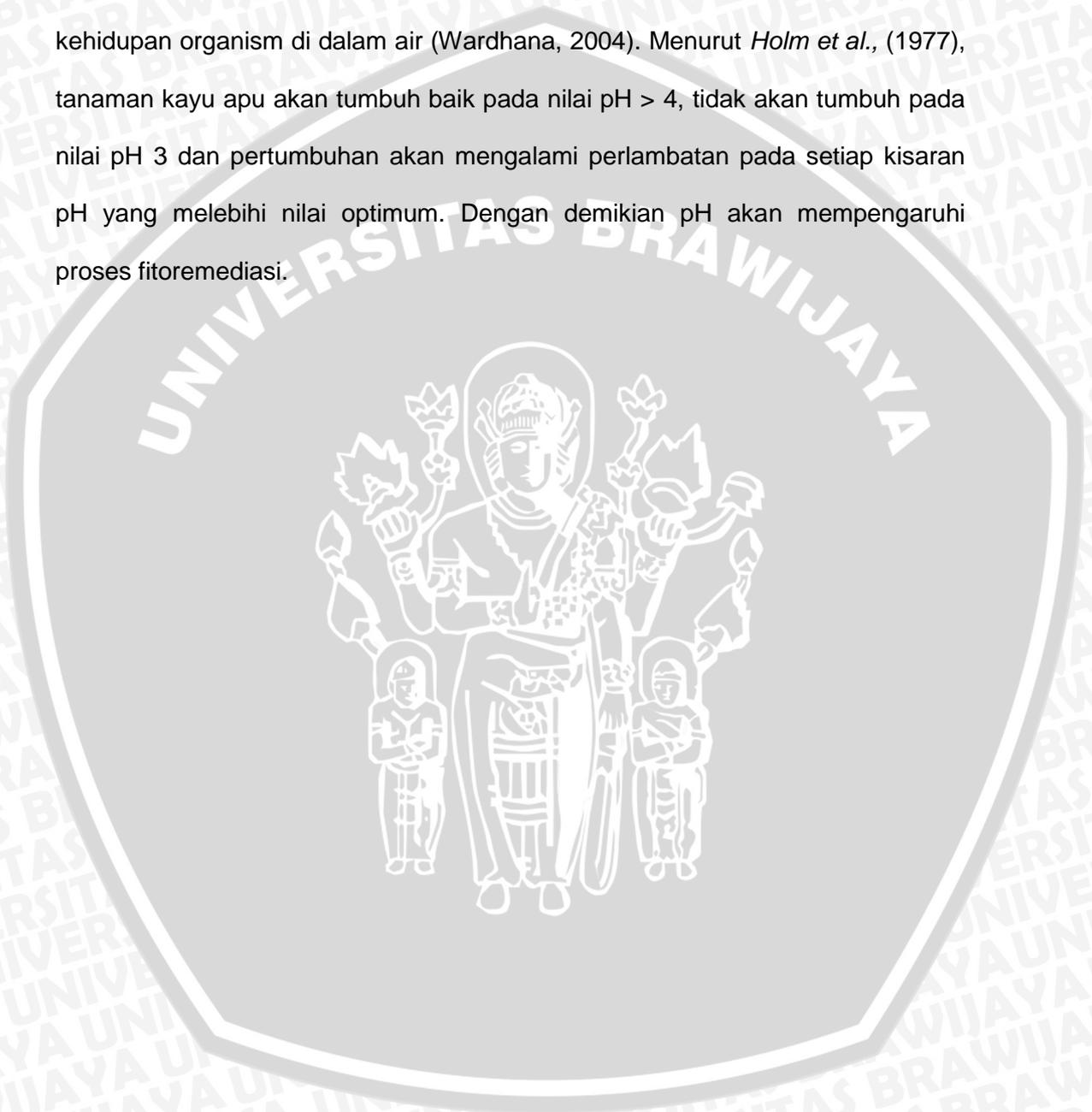
Suhu optimum untuk pertumbuhan tanaman air berkisar antara 20-32°C. Pertumbuhan dari tumbuhan air ini cukup mudah, yaitu setelah cukup dewasa, dari ketiak daun muncul batang kecil yang tumbuh menjulur dan pada ujungnya muncul anak tumbuhan air tersebut (*runner*). Anak tumbuhan air ini memiliki akar sendiri dan akan tumbuh sebagai tumbuhan air baru. Suhu optimum untuk pertumbuhan tanaman kayu apu berkisar antara 20-32°C (Ismanto, 2005). Menurut Moenandir (2010), kisaran suhu optimum untuk pertumbuhan *Kiambang* (*Salvinia molesta*) yaitu berkisar antara 25-28°C.

### 2.8.3 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan nilai yang menunjukkan aktivitas ion hidrogen dalam air. Nilai pH suatu perairan dapat mencerminkan keseimbangan antara asam dan basa dalam perairan tersebut. Nilai pH dipengaruhi oleh beberapa parameter, antara lain aktivitas biologi, suhu, kandungan oksigen dan ion-ion. Dari aktivitas biologi dihasilkan gas CO<sub>2</sub> yang merupakan hasil respirasi. Gas ini akan membentuk ion *buffer* atau penyangga untuk menjaga kisaran pH di perairan agar tetap stabil (Prescod, 1979 dalam Prasetyo dan Kusumaningrum, 2006).

Menurut Sudarwin (2003), 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 air. Air dapat bersifat asam atau basa, tergantung pada besar kecilnya pH air atau besarnya konsentrasi ion

hydrogen di dalam air. Air yang mempunyai pH lebih kecil dari pH normal akan bersifat asam, sedangkan air yang mempunyai pH lebih besar dari normal akan bersifat basa. Air limbah dari bahan buangan dari kegiatan industri yang dibuang ke sungai akan mengubah pH air yang pada akhirnya dapat mengganggu kehidupan organism di dalam air (Wardhana, 2004). Menurut *Holm et al.*, (1977), tanaman kayu apu akan tumbuh baik pada nilai pH > 4, tidak akan tumbuh pada nilai pH 3 dan pertumbuhan akan mengalami perlambatan pada setiap kisaran pH yang melebihi nilai optimum. Dengan demikian pH akan mempengaruhi proses fitoremediasi.



### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Materi Penelitian

Materi dalam penelitian ini adalah penyerapan orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) oleh Kayu apu (*Pistia stratiotes*), Kiambang (*Salvinia molesta*) dan limbah cair industri tempe. Parameter utama yang diukur yaitu perubahan kadar orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) dalam limbah cair industri tempe pada media tanam yang ditanami tanaman Kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*). Parameter pendukung yaitu kualitas air meliputi oksigen terlarut (DO), suhu dan derajat keasaman (pH). Pengambilan data dalam penelitian melakukan proses selama 3 kali ulangan.

#### 3.2 Alat dan Bahan

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

**Tabel 1.** Alat dan Bahan Penelitian

Alat	Bahan	Parameter yang diukur	Unit satuan
DO meter	Limbah cair tempe	DO	mg/l
pH meter	Limbah cair tempe	Ph	
Termometer digital	Limbah cair tempe	Suhu	°C
Timbangan digital	Kayu apu dan Kiambang		gram (gr)
Spektrofotometer, bola hisap, pipet volume, cuvet, gelas ukur, spatula	Aquades, larutan $\text{SnCl}_2$ , ammonium molybdat, air sampel	Orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) pada limbah cair industri tempe	mg/l

#### 3.3 Lokasi Pengambilan Sampel

Sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu limbah cair tempe yang diambil dari industri skala rumah tangga yang berlokasi di Sanan, Kota Malang.

Sedangkan tanaman Kayu apu (*Pistia stratiotes*) diambil di Instalasi Budidaya Air Tawar (IBAT) Punten, Kota Batu dan Kiambang (*Salvinia molesta*) diambil di persawahan daerah Kecamatan Dau, Kabupaten Malang.

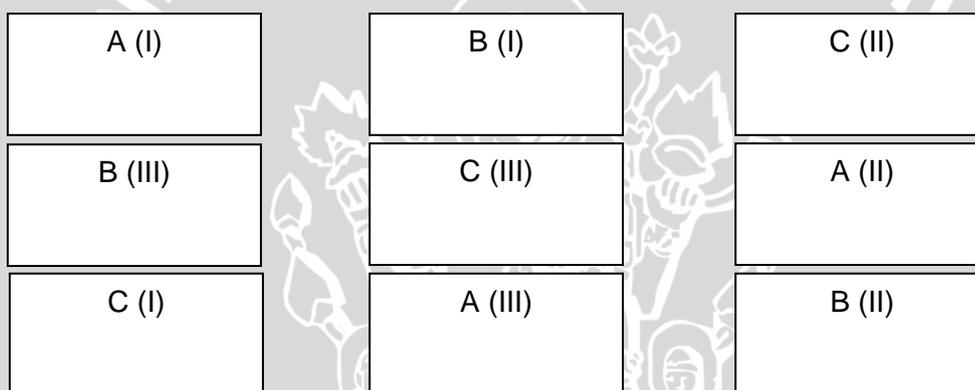
### 3.4 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen. Menurut Hanafiah (2005a), metode eksperimen atau percobaan adalah suatu tindakan coba-coba yang dirancang untuk menguji hipotesis yang diajukan dan dalam penelitian ini semua kondisi baik bahan, media maupun lingkungannya dibuat sehomogen mungkin. Dalam metode ilmiah eksperimen adalah suatu tindakan dan pengamatan yang dilakukan untuk menguji hipotesis atau mengenali hubungan, sebab akibat. Metode eksperimen dilakukan dengan memberikan perlakuan yang berbeda setiap sampel. Penelitian ini dilakukan selama 8 hari dengan menggunakan konsentrasi air limbah industri tempe sebanyak 5% mengacu pada penelitian sebelumnya oleh Purnamasari (2015), bahwa konsentrasi tersebut merupakan yang paling sesuai untuk tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) untuk bertahan hidup dan merubah warna daunnya setelah hari ke-8. Pengukuran kualitas air berupa oksigen terlarut (DO), suhu, derajat keasaman (pH) dan kandungan orthofosfat ( $PO_4^{3-}$ ) pada media tanam dilakukan setiap 2 hari sekali karena menurut Salisbury dan Rose (1992) bahwa setiap 2 hari terjadi pertumbuhan maksimum pada tumbuhan.

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Tersarang. Menurut Sudjana (1994), rancangan tersarang adalah suatu eksperimen dengan sifat bahwa taraf faktor yang satu tersarang dalam faktor yang lain, sehingga tidak akan terjadi interaksi antara dua faktor. Pada RAL Tersarang digunakan 2 perlakuan yang berbeda yaitu jenis tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan

kiambang (*Salvinia molesta*), serta terdapat bak kontrol yang berisi air limbah cair industri tempe dengan konsentrasi yang ditentukan tanpa diberi tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) maupun kiambang (*Salvinia molesta*), hal ini bertujuan untuk membandingkan kondisi air yang terpapar limbah cair industri tempe antara yang diberi tanaman air dan tidak. Masing – masing perlakuan tersebut mendapat pengulangan sebanyak tiga kali dan mendapat pengaruh waktu dalam proses fitoremediasinya.

Metode analisa yang digunakan dalam penelitian ini adalah model umum dari tata letak rancangan percobaan dilakukan secara acak. Adapun denah tata letak rancangan percobaan disajikan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Denah Tata Letak Rancangan Percobaan

Keterangan :

- A = Kontrol
- B = Kayu Apu
- C = Kiambang

- I = Ulangan ke-1
- II = Ulangan ke-2
- III = Ulangan ke-3

### 3.5 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini terdiri dari studi literatur, persiapan penelitian, pelaksanaan penelitian dan analisis data. Skema penelitian dapat dilihat di lampiran 2.

### 3.5.1 Studi Literatur

Studi literatur pada tahapan penelitian ini dilakukan untuk menentukan konsentrasi paparan limbah cair tempe serta waktu penelitian. Berdasarkan studi literatur, yaitu penelitian terdahulu oleh Purnamasari (2015), bahwa konsentrasi yang paling sesuai untuk tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) bertahan hidup dan merubah warna daun adalah 5% pada hari ke-8, sehingga konsentrasi limbah cair tempe yang akan dipaparkan yaitu sebesar 5% dengan waktu penelitian selama 8 hari. Pengukuran parameter orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), oksigen terlarut (DO), suhu dan derajat keasaman (pH) dilakukan setiap 2 hari sekali, mengacu pada Salisbury dan Ross (1992), bahwa pertumbuhan maksimum tumbuhan terjadi setiap 2 hari.

### 3.5.2 Persiapan Penelitian

#### a. Persiapan Bak Penelitian

Menyiapkan 9 bak plastik yang memiliki volume sebesar 20 liter. Volume media (air limbah) yang dibutuhkan untuk setiap bak adalah sebanyak 10 liter dengan konsentrasi limbah sebesar 5% yang didapatkan dari penelitian terdahulu oleh Purnamasari (2015) sehingga perbandingan limbah dengan air sumur sebesar 0,5 liter : 9,5 liter. Volume total air yang terpapar limbah cair tempe yang dibutuhkan yaitu 90 liter untuk 9 bak penelitian tersebut.

#### b. Persiapan Limbah Cair Industri Tempe

Menyiapkan limbah cair industri tempe yang akan digunakan untuk penelitian yang diambil dengan menggunakan jerigen dari *home industry* tempe Sanan Kota Malang. Limbah cair tempe yang digunakan merupakan limbah yang baru dihasilkan yang sifatnya masih segar.

c. **Penyortiran Kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*)**

Kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*) yang diperoleh dari suatu populasi dicuci bersih dan dipilih yang memiliki ukuran dan lebar daun yang sama serta daun yang segar dan tidak menguning.

d. **Aklimatisasi Kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*)**

Kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*) yang telah dipilih kemudian diaklimatisasi terlebih dahulu dalam air sumur selama 3 hari. Aklimatisasi dilakukan dengan tujuan untuk mengondisikan tanaman dalam menyesuaikan diri dengan lingkungan barunya.

e. **Memasukkan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*) ke Dalam Bak Penelitian**

Kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*) yang telah diaklimatisasi kemudian dimasukkan ke dalam bak penelitian yang sebelumnya telah diisi limbah cair tempe yang diencerkan menggunakan air sumur hingga memiliki konsentrasi 5%. Masing-masing kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*) yang dimasukkan ke dalam bak penelitian seberat  $\pm 200$  gram (Hermawati *et al.*, 2005) dan memiliki daun yang berwarna hijau segar, ukurannya relatif sama dan memiliki kondisi akar yang bagus..

### 3.5.3 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini menggunakan tanaman air kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*) seberat  $\pm 200$  gram (Hermawati *et al.*, 2005), yang dimasukkan ke dalam bak berisi limbah cair tempe sebanyak 10 liter dengan konsentrasi 5%, karena konsentrasi tersebut merupakan yang paling sesuai

untuk tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) untuk bertahan hidup dan merubah warna daunnya. Bak penelitian diletakkan secara acak. Pengukuran parameter orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), oksigen terlarut (DO), suhu dan pH dilakukan 2 hari sekali selama 8 hari penelitian (Purnamasari, 2015). Untuk pengukuran laju pertumbuhan relatif (RGR) kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan kiambang (*Salvinia molesta*) diukur bobot basah pada awal sebagai ( $X_0$ ) dan bobot basah akhir penelitian sebagai ( $X_t$ ).

### **3.6 Prosedur Pengukuran Kualitas Air Pada Media Limbah Cair Tempe**

#### **3.6.1 Orthofosfat (SNI, 1990)**

Prosedur pengukuran orthofosfat dengan menggunakan spektrofotometer adalah sebagai berikut :

- 1) Mengukur dan menuangkan 50 ml sampel ke dalam Erlenmeyer
- 2) Menambahkan 2 ml ammonium molybdat dan dikocok
- 3) Menambah 5 tetes  $\text{SnCl}_2$  dan dikocok
- 4) Menghitung nilai orthofosfat dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 690  $\mu\text{m}$

#### **3.6.2 Oksigen Terlarut (DO) (Hariyadi *et al.*,1992)**

Prosedur pengukuran oksigen terlarut (DO) dengan menggunakan DO meter adalah sebagai berikut :

- 1) Menyiapkan DO meter.
- 2) Menstandarisasi DO meter sebelum digunakan dengan aquades.
- 3) Masukkan pen ke dalam air sampel dan kemudian lihat angka pada layar DO meter yang menunjukkan nilai dari oksigen terlarut (DO) dengan satuan ppm. Setelah dipakai segera dilakukan kalibrasi kembali agar angka pada layar kembali nol.
- 4) Mencatat hasil pengukuran.

### 3.6.3 Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ) (Syamsurisal, 2011)

Prosedur pengukuran suhu dengan menggunakan DO-termometer adalah sebagai berikut :

- 1) Membilas probe dengan aquades atau dikalibrasi terlebih dahulu sebelum digunakan untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada ujung probe, jika tidak ada rendamlah dengan aquades selama 30 menit
- 2) Menyalakan DO-termometer, nilai DO terletak pada bagian atas layar sedangkan indicator suhu terletak pada bagian pojok kanan bawah dari layar
- 3) Mencilupkan probe pada sampel air dan biarkan beberapa saat sampai stabil. Ketika mencelupkan probe pada sampel, pastikan jangan sampai ada gelembung udara karena apabila hal itu terjadi maka dapat menyebabkan kesalahan dalam pembacaan nilai
- 4) Membaca nilai suhu ketika DO-termometer sudah stabil, lalu akan muncul "READY" dan sampel sudah bisa dibaca nilainya ( $^{\circ}\text{C}$ )
- 5) Menekan tombol "HOLD" untuk mengunci nilai suhu yang terbaca. Tekan "HOLD" lagi untuk melepaskan kuncinya

### 3.6.4 Derajat Keasaman (pH) (SNI, 1990)

Prosedur pengukuran derajat keasaman (pH) dengan menggunakan pH meter adalah sebagai berikut :

- 1) Menyiapkan pH meter
- 2) Melakukan kalibrasi pH meter dengan menggunakan larutan buffer atau aquadest
- 3) Menekan tombol "HOLD" pada pH meter untuk pengukuran
- 4) Memasukkan bagian sensor pH meter kedalam air sampel selama 2 menit
- 5) Mencatat hasil pengukuran.

### 3.6.5 Analisis Parameter pertumbuhan Tanaman Kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*)

Analisis parameter pertumbuhan kayu apu dan kiambang dengan menentukan besarnya laju pertumbuhan relatif (*Relative Growth Rate*), sebagaimana dijelaskan oleh Rini (1998) dalam Pratiwi (2010) berikut ini :

$$RGR (\%) = \frac{\ln X_t - \ln X_0}{t} \times 100\%$$

Keterangan :

- $X_t$  : bobot basah setelah waktu ke-t (gram)
- $X_0$  : bobot basah awal (gram)
- t : waktu (hari)
- RGR : pertumbuhan spesifik harian (%)

Adapun perhitungan waktu kemampuan tanaman kayu apu dan kiambang untuk melakukan pembelahan menjadi individu baru (*Double Time*) ditentukan berdasarkan laju pertumbuhan relatif tanaman (RGR) Haridjaja *et al.*, (2014) sebagai berikut :

$$DT = \frac{\ln 2}{RGR}$$

Menurut Purnamasari (2015), penentuan persentase penurunan kandungan orthofosfat didapatkan dengan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Penurunan}(\%) = \frac{\text{Orthofosfat awal (mg/l)} - \text{Orthofosfat akhir (mg/l)}}{\text{Orthofosfat awal (mg/l)}}$$

### 3.7 Analisis Data

Metode analisa yang digunakan dalam penelitian ini adalah model umum dari Rancangan Acak Lengkap (RAL) Tersarang sebagai berikut :

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

Keterangan :

$i$  : 1,2,..... a

$j$  : 1,2,..... b

$k$  : 1,2,..... n

$Y_{ijk}$  : respon yang diamati

$\mu$  : nilai tengah umum (mean)

$A_i$  : pengaruh faktor A ke-i

$B_{j(i)}$  : pengaruh faktor B ke-j yang tersarang pada faktor A ke-i

$\epsilon_{(ij)k}$  : galat percobaan untuk ulangan ke-k pada faktor B ke-j yang bersarang pada A ke-i

Data yang diperoleh dari hasil penelitian kemudian dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) (Tabel 4) untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap respon, yang diukur dengan uji F pada taraf kepercayaan 5% dan 1%.

**Tabel 4.** Sidik Ragam (ANOVA) RAL Tersarang

Sumber Keragaman	Db	Jumlah Kuadran (JK)	Kuadran Tengah (KT)	$F_{hitung}$	$F_{tabel}$	
					F5%	F1%
Perlakuan	a-1	JKP	KTP	KTP/KTG	F (a, db-P, db-G)	F (a, db-P, db-G)
Waktu dalam Perlakuan	a(b-1)	JKW(A)	KTW(A)	KTW(A)/KTG	F (a, db-P, db-G)	F (a, db-P, db-G)
Galat	ab(r-1)	JKG	KTG			
Total	abr-1	JKT	KTT			

Penarikan kesimpulan dari tabel ANOVA, yaitu:

- Jika nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  5% dan 1% maka tolak  $H_0$ , berarti minimal ada satu perlakuan yang memberikan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf kepercayaan 0,05 dan 0,01
- Jika nilai  $F_{hitung} < F_{tabel}$  5% dan 1% maka terima  $H_0$ , berarti tidak ada perlakuan yang memberikan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf kepercayaan 0,05 dan 0,01



Jika dari analisis sidik ragam diperoleh hasil yang berbeda nyata atau sangat nyata, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan sehingga didapat urutan perlakuan terbaik. Rumus perhitungannya yaitu:

$$\text{BNT} = t_{\alpha/2} \times \sqrt{2 \text{KTS}/n}$$

Keterangan:

BNT : Beda Nyata Terkecil

$t_{\alpha/2}$  : nilai t tabel pada selang kepercayaan  $\alpha/2$  ( $\alpha = 0,05$ ;  $\alpha = 0,01$ )

KTS : Kuadrat Tengah Sisa

n : jumlah ulangan

Langkah berikutnya yaitu dibuat tabel BNT yang merupakan tabel selisih harga rata-rata terbesar  $\longrightarrow$  terkecil atau sebaliknya, tergantung pada parameter yang diamati, selanjutnya dibandingkan dengan nilai BNT 5% dan 1% dengan ketentuan sebagai berikut:

- Bila selisih  $<$  BNT 5%  $\longrightarrow$  n.s (*non significant*), hal ini berarti tidak berbeda nyata
- Bila BNT 5%  $<$  selisih  $<$  BNT 1%  $\longrightarrow$  \*, hal ini berarti berbeda nyata
- Bila selisih BNT  $>$  1%  $\longrightarrow$  \*\*, hal ini berarti berbeda sangat nyata



## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Karakteristik Limbah Cair Tempe yang Digunakan Dalam Penelitian

Limbah cair tempe yang digunakan dalam penelitian ini diambil langsung dari pusat industri rumah tangga (*home industry*) pembuatan tempe yang berlokasi di daerah Sanan, Kota Malang. Limbah ini adalah hasil dari proses perendaman akhir setelah proses pemasakan kedelai yang berupa cairan kental berbusa, memiliki bau asam dan berwarna kuning. Dimana limbah perendaman akhir tersebut biasanya langsung dibuang ke sungai oleh produsen tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu.

Karakteristik limbah cair tempe sebelum dilakukan pengenceran adalah mempunyai nilai suhu 31<sup>0</sup>C, dengan nilai pH 3 dan mempunyai kandungan oksigen terlarut (DO) sebesar 3,03 mg/l. Limbah cair ini berwarna putih agak kuning kekeruhan, berbusa dan berbau asam serta memiliki kandungan orthofosfat (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) sebesar 17,5 mg/l. Pada limbah cair tempe yang telah diencerkan dengan konsentrasi 5% dengan perbandingan 0,5 liter air limbah tempe dan 9,5 liter air sumur/PDAM didapatkan suhu mengalami penurunan menjadi sebesar 27<sup>0</sup>C, pH meningkat menjadi 5, kandungan oksigen terlarut menjadi 3,25 mg/l serta kandungan orthofosfat (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) sebesar 7,15 mg/l yang dijadikan sebagai konsentrasi awal pada penelitian.

### 4.2 Kondisi Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*) pada Awal dan Akhir Penelitian

Keadaan awal tanaman kayu apu (*pistia stratiotes*) dan kiambang (*salvinia molesta*) memiliki daun yang berwarna hijau segar, ukurannya relatif sama dan memiliki kondisi akar yang bagus. Pada saat penelitian berlangsung, tanaman kayu apu dan kiambang yang digunakan mulai melakukan adaptasi dengan lingkungan baru (media tanam) pada bak penelitian. Adaptasi tumbuhan dengan

lingkungan tersebut ditunjukkan dengan adanya perubahan bertahap dari hari ke hari seperti perubahan kondisi akar dan warna daun pada masing-masing tanaman. Perubahan warna dan kondisi akar tanaman dapat dilihat pada **Tabel 5**.

**Tabel 5.** Perubahan Kondisi Fisik Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*) Selama Penelitian

Hari Ke-	Kayu Apu ( <i>Pistia stratiotes</i> )	Kiambang ( <i>Salvinia molesta</i> )
0	 <p>Daun masih segar serta akar masih belum terdapat kerontokan</p>	 <p>Daun masih segar dan belum terdapat kerontokan akar</p>
2	 <p>Tumbuh individu baru dan daun masih berwarna hijau segar</p>	 <p>Daun masih hijau segar</p>
4	 <p>Mulai berwarna kekuningan pada bagian tepi pada helai daun</p>	 <p>Beberapa daun mulai berwarna kecoklatan</p>

Lanjutan Tabel 5

Hari Ke-	Kayu Apu ( <i>Pistia stratiotes</i> )	Kiambang ( <i>Salvinia molesta</i> )
6	 <p>Daun masih segar namun pada tepi daun mengalami kekuningan namun tidak mendominasi</p>	 <p>Daun mendominasi berwarna kecoklatan dan sebagian masih segar</p>
8	 <p>Daun menjadi kuning dan mulai jatuh pada kolom perairan dan mengalami kerontokan akar</p>	 <p>Daun menjadi coklat kehitaman dan mulai tenggelam</p>

Tabel 5 menunjukkan adanya perubahan kondisi fisik dari tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan kiambang (*Salvinia molesta*) selama waktu penelitian. Daun yang berwarna hijau kekuningan pada tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan berwarna coklat kehitaman yang terjadi pada kiambang (*Salvinia molesta*) sebanding dengan semakin lamanya waktu fitoremediasi bisa disebabkan karena berkurangnya unsur hara dalam air limbah dan atau terserapnya zat toksik oleh tumbuhan (Purnamasari, 2014). Menurut Hermawati *et al.*, (2005), perubahan warna daun menjadi kekuningan pada beberapa spesies dapat disebabkan oleh pencemaran bahan organik.

Pada akar tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) mengalami kerontokan pada akhir penelitian. Hal ini bisa disebabkan karena akar merupakan bagian dari tumbuhan yang pertama kali berinteraksi secara langsung dengan limbah. Oleh karena itu akar mengalami kerontokan sebagai respon terhadap kandungan  $\text{PO}_4^{3-}$  yang sangat tinggi dari luar tubuh tumbuhan terutama bagi tanaman yang hidup di air (Dewi *et al.*, 2013).

#### 4.3 Hasil Pengukuran Konsentrasi Orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) Pada Media Tanam

Fosfor merupakan unsur yang essensial bagi tumbuhan dan alga, sehingga unsur ini menjadi faktor pembatas bagi tumbuhan dan alga serta sangat mempengaruhi tingkat produktivitas perairan. Unsur fosfor di dalam perairan terdapat dalam dua bentuk yaitu polifosfat dan orthofosfat. Orthofosfat adalah senyawa yang dimanfaatkan oleh tumbuhan air secara langsung karena merupakan senyawa yang paling sederhana atau tanpa harus adanya penyederhanaan senyawa lagi. Kemampuan tanaman air dalam menurunkan kandungan senyawa orthofosfat dalam media tanam limbah cair tempe ditunjukkan dengan adanya perubahan konsentrasi selama 8 (delapan) hari pengamatan. Hasil konsentrasi orthofosfat dapat dilihat pada **Tabel 6**.

**Tabel 6.** Data Hasil Konsentrasi Orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) Pada Media Tanam (Hasil Rerata Konsentrasi Orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) Dari 3 Kali Ulangan)

Hari ke-	Kandungan Orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) Dalam Limbah Cair Industri Tempe (mg/l)		
	A (Kontrol)	B (Kayu apu)	C (Kiambang)
0	7,15	7,15	7,15
2	6,54	5,31	5,73
4	6,16	4,04	4,73
6	5,57	2,18	2,90
8	5,13	1,46	1,87

Keterangan :

A = tanpa perlakuan tanaman (kontrol)

B = perlakuan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*)

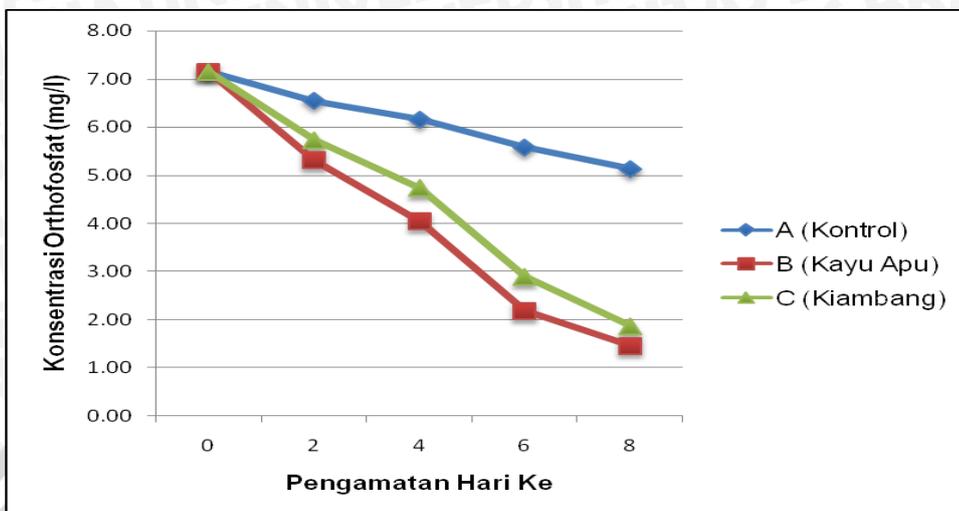
C = perlakuan tanaman kiambang (*Salvinia molesta*)

Hasil konsentrasi orthofosfat pada Tabel 6 di atas menunjukkan bahwa tingkat konsentrasi senyawa orthofosfat selama 8 hari terus mengalami penurunan. Konsentrasi senyawa orthofosfat terkecil pada bak penelitian A atau bak kontrol yaitu sebesar 5,13 mg/l. Pada bak penelitian B atau bak dengan perlakuan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*), konsentrasi senyawa orthofosfat terkecil yaitu sebesar 1,46 mg/l. Sedangkan pada bak penelitian C atau bak dengan perlakuan tanaman kiambang (*Salvinia molesta*), konsentrasi senyawa orthofosfat terkecil yaitu sebesar 1,87 mg/l.

Secara keseluruhan efektivitas penurunan senyawa orthofosfat terbesar terjadi pada bak penelitian B atau bak dengan perlakuan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dikarenakan akar dari tanaman tersebut yang berukuran besar dan panjang sehingga lebih banyak menyerap unsur P. Menurut Hernayanti dan Elly (2004), kayu apu merupakan gulma air yang sangat kuat dalam menyerap unsur hara maupun bahan pencemar melalui akarnya sehingga kandungan senyawa orthofosfat menjadi menurun.

Kandungan orthofosfat pada bak penelitian C atau bak dengan perlakuan tanaman kiambang mengalami penurunan yang lebih kecil dimungkinkan karena ukurannya yang lebih kecil antara kayu apu dan kiambang. Hal ini sesuai dengan pendapat Lidiawati (2009) bahwa tumbuhan yang berukuran lebih kecil memiliki kemampuan yang kurang baik dalam mengolah kontaminan. Sedangkan pada bak penelitian A atau bak kontrol kandungan orthofosfat juga mengalami penurunan yang tidak signifikan. Hal ini disebabkan karena tidak adanya tanaman yang digunakan sebagai agen penyerap orthofosfat. Menurut Khusnuryani (2006), penurunan orthofosfat ini karena adanya bakteri yang mengkonsumsi fosfor untuk pembentukan komponen selulernya dan mengakumulasi di dalam selnya. Sehingga walaupun tidak ada tanaman kandungan orthofosfat tetap akan mengalami penurunan namun tidak besar

seperti dengan menggunakan tanaman. Hasil analisa penurunan konsentrasi senyawa orthofosfat dapat dilihat dalam bentuk grafik pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Grafik Penurunan Konsentrasi Orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) yang Terdapat Pada Media Tanam

Gambar 5 diatas menunjukkan penurunan konsentrasi orthofosfat oleh tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*), tanaman kiambang (*Salvinia molesta*) dan tanpa perlakuan tanaman atau kontrol. Pada bak penelitian A atau bak kontrol, penurunan orthofosfat terkecilnya terjadi pada pengukuran hari ke-4 dengan penurunan sebesar 0,38 mg/l, dari nilai awal 6,54 mg/l menjadi 6,16 mg/l. Hari selanjutnya, nilai orthofosfat terus mengalami penurunan. Penurunan terbesar terjadi pada pengukuran hari ke-2 yaitu sebesar 0,61 mg/l, dari nilai awal 7,15 mg/l menjadi 6,54 mg/l.

Bak penelitian dengan perlakuan B atau bak dengan perlakuan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*), penurunan orthofosfat terkecilnya terjadi pada pengukuran hari ke-8 dengan penurunan sebesar 0,72 mg/l, dari nilai awal 2,18 mg/l menjadi 1,46 mg/l. Penurunan terbesar terjadi pada pengukuran hari ke-6 yaitu sebesar 1,86 mg/l, dari nilai awal 4,04 mg/l menjadi 2,18 mg/l. Sedangkan bak penelitian dengan perlakuan C atau dengan perlakuan tanaman kiambang (*Salvinia molesta*), penurunan orthofosfat terkecilnya terjadi pada pengukuran hari ke-4 dengan penurunan sebesar 1 mg/l, dari nilai awal 5,73 mg/l menjadi

4,73 mg/l. Penurunan terbesar terjadi pada pengukuran hari ke-6 yaitu sebesar 1,83 mg/l, dari nilai awal 4,73 mg/l menjadi 2,90 mg/l.

Hasil peningkatan penyerapan orthofosfat selama 8 hari dalam penelitian ini diakibatkan oleh adanya pemanfaatan senyawa orthofosfat yang dibutuhkan oleh tanaman untuk pertumbuhan akar. Dengan adanya fosfor yang cukup proses pertumbuhan akar akan berjalan dengan baik. Menurut Wibowo (2009), berkurangnya kandungan orthofosfat di perairan disebabkan karena orthofosfat disuatu perairan tersebut telah dimanfaatkan oleh tanaman air khususnya kayu apu dan kiambang. Presentase penurunan konsentrasi senyawa orthofosfat dapat dilihat pada **Tabel 7**.

**Tabel 7.** Presentase Penurunan Konsentrasi Senyawa Orthofosfat ( $PO_4^{3-}$ ) Pada Media Tanam Tanam (Hasil Rerata Konsentrasi Orthofosfat ( $PO_4^{3-}$ ) Dari 3 Kali Ulangan)

No.	Perlakuan	Pengamatan Hari Ke-	Konsentrasi Orthofosfat Pada Media (mg/l)	Penurunan Konsentrasi Orthofosfat Pada Media (%)
1	A (Kontrol)	0	7,15	0
		2	6,54	8,53
		4	6,16	13,84
		6	5,57	22,09
		8	5,13	28,25
2	B (Kayu Apu)	0	7,15	0
		2	5,31	25,73
		4	4,04	43,49
		6	2,18	69,51
		8	1,46	79,58
3	C (Kiambang)	0	7,15	0
		2	5,73	19,86
		4	4,73	33,84
		6	2,90	59,44
		8	1,87	73,84

Tabel 7 menunjukkan adanya penurunan konsentrasi senyawa orthofosfat dari awal penelitian yaitu sebesar 7,15 mg/l dengan di akhir penelitian pada tiap perlakuan. Konsentrasi orthofosfat pada perlakuan A atau bak kontrol berangsur – angsur mengalami penurunan sebesar 2,02 mg/l, dengan kandungan senyawa

orthofosfat pada akhir penelitian sebesar 5,13 mg/l dan besar presentase orthofosfat yang hilang sebesar 28,25%. Konsentrasi orthofosfat pada perlakuan B atau bak dengan perlakuan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) mengalami penurunan terbesar diantara perlakuan lain yaitu 5,69 mg/l, dengan kandungan senyawa orthofosfat pada akhir penelitian sebesar 1,46 mg/l dan besar presentase orthofosfat yang hilang sebesar 79,58%. Konsentrasi orthofosfat pada perlakuan C atau bak dengan perlakuan tanaman kiambang (*Salvinia molesata*) mengalami penurunan sebesar 5,28 mg/l, dengan kandungan senyawa orthofosfat pada akhir penelitian sebesar 1,87 mg/l dan besar presentase senyawa orthofosfat yang hilang sebesar 73,84%.

Penurunan kandungan senyawa orthofosfat terendah terjadi pada perlakuan A atau bak kontrol. Penurunan kandungan senyawa orthofosfat tersebut rendah karena tidak adanya tanaman yang menyerap bahan pencemar. Menurut Arizuna *et al* (2014), sifat fosfat adalah mudah menguap dan fosfat memerlukan waktu yang lama untuk terurai oleh bakteri. Oleh karena itu pada perlakuan A atau bak kontrol tetap mengalami penurunan walaupun tidak signifikan.

Pada perlakuan A atau bak kontrol, pada hari ke 2 mengalami penurunan kandungan senyawa orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) sebesar 0,61 mg/l, pada hari ke 4 mengalami penurunan sebesar 0,38 mg/l, pada hari ke 6 mengalami penurunan sebesar 0,59 mg/l dan pada hari ke 8 mengalami penurunan sebesar 0,44 mg/l. Pada perlakuan B atau bak dengan perlakuan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*), pada hari ke 2 mengalami penurunan kandungan senyawa orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) sebesar 1,84 mg/l, pada hari ke 4 mengalami penurunan sebesar 1,27 mg/l, pada hari ke 6 mengalami penurunan sebesar 1,86 mg/l dan pada hari ke 8 mengalami penurunan sebesar 0,72 mg/l. Pada perlakuan C atau bak dengan perlakuan tanaman kiambang (*Salvinia molesta*), pada hari ke 2 mengalami

penurunan kandungan senyawa orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) sebesar 1.42 mg/l, pada hari ke 4 mengalami penurunan sebesar 1 mg/l, pada hari ke 6 mengalami penurunan sebesar 1,83 mg/l dan pada hari ke 8 mengalami penurunan sebesar 1,03 mg/l. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa penurunan kandungan senyawa orthofosfat yang paling cepat yaitu pada perlakuan B atau bak dengan perlakuan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) sebesar 1,86 mg/l dengan waktu tanam selama 6 hari.

Berdasarkan analisa sidik ragam, dilakukan uji F untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap respon yang diukur sebagaimana ditunjukkan pada

**Tabel 8.**

**Tabel 8.** Sidik Ragam Konsentrasi Orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) Pada Media Tanam

SV	Dk	JK	KT	F hit	Ftab	
					5%	1%
<b>Perlakuan (tanaman)</b>	2	36.11	18.06	296.12**	2.92	4.51
<b>Waktu Dalam Perlakuan</b>	12	125.92	10.49	172.10**	2.09	2.84
<b>Galat</b>	30	1.83	0.06			
<b>Jumlah</b>	45					

Keterangan : \* = berbeda nyata  
\*\* = berbeda sangat nyata

Tabel sidik ragam di atas didapatkan nilai F hitung perlakuan yaitu 296,12, dimana nilai ini lebih besar dari F tabel 5% maupun 1%, sehingga dapat dikatakan bahwa perlakuan perbedaan tanaman memberikan pengaruh berbeda sangat nyata terhadap penurunan konsentrasi orthofosfat pada taraf kepercayaan 95% maupun 99%. Hasil F hitung waktu dalam perlakuan yaitu 172,10, dimana nilai ini lebih besar dari F tabel 5% maupun 1%, ini berarti waktu dalam perlakuan turut mempengaruhi penurunan konsentrasi orthofosfat pada taraf kepercayaan 95% maupun 99%.

Adanya penurunan konsentrasi orthofosfat yang berbeda sangat nyata pada perlakuan jenis tanaman dan waktu dalam perlakuan, maka dilakukan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) untuk mengetahui perbedaan masing-masing perlakuan terhadap penurunan kandungan orthofosfat, sehingga didapat urutan perlakuan yang terbaik. Hasil perhitungan BNT (Lampiran 3) pada perlakuan jenis tanaman dan waktu dalam perlakuan terhadap kandungan orthofosfat, didapatkan perbedaan yang nyata antara perlakuan A (Kontrol), B (Kayu apu) dan C (Kiambang), dengan penurunan konsentrasi orthofosfat terbesar pada perlakuan B, yaitu yang diberi perlakuan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dengan waktu 6 hari. Dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa perlakuan jenis tanaman yang paling baik yaitu tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dengan waktu perlakuan selama 6 hari.

#### 4.4 Kualitas Air Pendukung

Kualitas air pendukung yang diukur pada penelitian ini meliputi oksigen terlarut (DO), suhu dan derajat keasaman (pH).

##### 4.4.1 Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut merupakan salah satu parameter yang sangat berperan dalam proses dekomposisi, jika oksigen tersedia di perairan, maka akan terjadi dekomposisi aerob. Jika oksigen sangat sedikit atau tidak tersedia di perairan, maka akan terjadi dekomposisi anaerob. Data hasil rata-rata oksigen terlarut pada saat penelitian dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Hasil Rata-rata Oksigen Terlarut / DO (mg/l) Pada Media Tanam

Perlakuan	Pengamatan Hari Ke	Ulangan			Rerata
		I	II	III	
A (Kontrol)	0	3,25	3,13	3,05	3,14
	2	3,10	3,04	3,00	3,04
	4	3,05	3,00	2,90	2,98
	6	3,06	3,02	2,94	3,00
	8	3,10	3,05	3,00	3,05

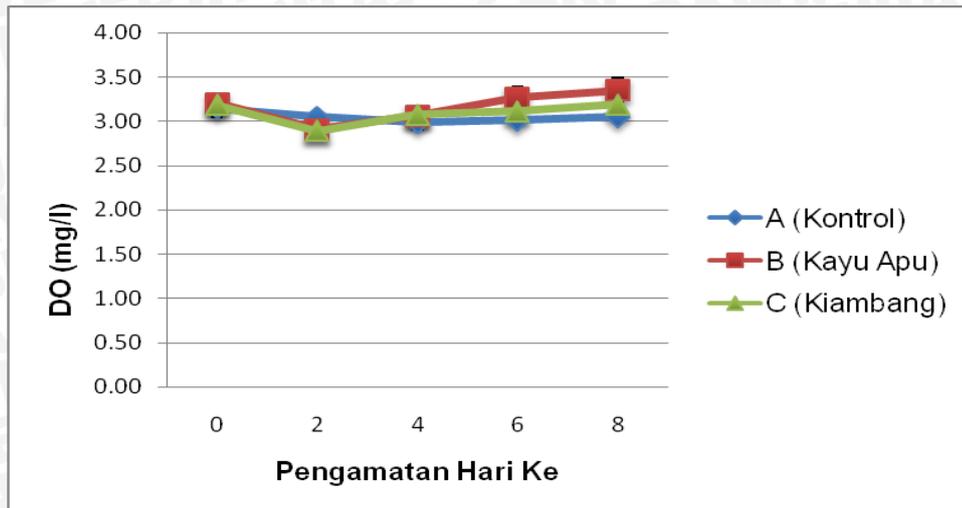
Lanjutan Tabel 9

Perlakuan	Pengamatan Hari Ke	Ulangan			Rerata
		I	II	III	
B (Kayu Apu)	0	3,20	3,16	3,25	3,20
	2	2,90	2,88	2,94	2,90
	4	3,00	3,06	3,12	3,06
	6	3,17	3,22	3,40	3,26
	8	3,21	3,33	3,50	3,45
C (Kiambang)	0	3,11	3,23	3,21	3,18
	2	2,95	2,93	2,80	2,89
	4	3,12	3,10	3,00	3,07
	6	3,16	3,12	3,06	3,11
	8	3,22	3,18	3,17	3,19
Oksigen terlarut minimum*		2 mg/l			

Ket : \* Kandungan oksigen terlarut yang cukup untuk mendukung kehidupan organisme menurut Salmin (2005)

Nilai oksigen terlarut (DO) yang terdapat pada bak A (Kontrol) memiliki kisaran yaitu antara 2,98 mg/l – 3,14 mg/l. Pada bak B atau bak dengan perlakuan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) memiliki kisaran oksigen terlarut (DO) antara 2,90 mg/l – 3,45 mg/l. Sedangkan besarnya nilai oksigen terlarut pada bak C atau bak dengan perlakuan tanaman kiambang (*Salvinia molesta*) memiliki kisaran antara 2,89 mg/l – 3,19 mg/l. Jika dilihat secara keseluruhan nilai oksigen terlarut (DO) yang dihasilkan pada bak penelitian berada di atas kisaran minimum untuk pertumbuhan tanaman. Hal ini sesuai dengan pernyataan Salmin (2005), bahwa kandungan oksigen terlarut yang cukup untuk mendukung kehidupan organisme adalah 2 mg/l.

Oksigen terlarut pada bak penelitian selain dari hasil fotosintesis, juga berasal dari difusi oksigen yang terdapat di udara. Oksigen terlarut dalam air diperoleh langsung dari udara yaitu dengan cara difusi langsung dari udara dan melalui pergerakan air yang teratur juga dihasilkan dari fotosintesis tanaman yang memiliki klorofil (Sutika, 1989 dalam Armita, 2011). Hasil pengukuran oksigen terlarut pada saat penelitian ini dapat dilihat dalam bentuk grafik pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Grafik Perubahan Oksigen Terlarut (DO) Selama Penelitian

Gambar 6 di atas menunjukkan bahwa hasil pengukuran oksigen terlarut dari awal sampai akhir penelitian terjadi perubahan pada bak – bak penelitian. Pada bak B atau dengan perlakuan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan bak C atau dengan perlakuan tanaman kiambang (*Salvinia molesta*), kadar oksigen terlarut (DO) mengalami penurunan pada hari ke 2 dan mengalami kenaikan sampai hari ke 8. Namun pada bak A atau kontrol mengalami fluktuasi (naik turun) dan cenderung lebih rendah dibanding perlakuan lainnya. Peningkatan kandungan oksigen terlarut yang terjadi dikarenakan kandungan bahan organik yang terdapat dalam limbah cair tempe kadarnya sudah mulai berkurang dikarenakan adanya proses penyerapan oleh tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan kiambang (*Salvinia molesta*) sebagai fitoremediator sehingga oksigen terlarut yang dimanfaatkan oleh bakteri aerob untuk mendegradasi bahan organik tidak terlalu besar, selain itu terjadinya proses fotosintesis oleh tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan kiambang (*Salvinia molesta*) juga mempengaruhi kadar oksigen terlarut pada media tanam. Menurut Sandriati (2010), peningkatan oksigen terlarut dikarenakan bahan organik yang tersisa dalam air limbah tinggal sedikit sehingga oksigen yang diperlukan untuk proses dekomposisi juga sedikit dan oksigen pun akan di suplai ke perairan.

Sedangkan pada bak A atau kontrol terjadi penurunan kandungan oksigen terlarut bisa terjadi karena adanya proses degradasi orthofosfat oleh bakteri aerob, selain itu adanya zat pencemar yang mengkonsumsi oksigen terlarut seperti senyawa ammonia. Menurut Yusuf (2008), penyebab utama berkurangnya kadar oksigen terlarut di dalam air disebabkan karena adanya zat pencemar yang dapat mengkonsumsi oksigen. Sebagian besar zat pencemar yang menyebabkan oksigen terlarut berkurang adalah limbah organik seperti limbah cair tempe. Sehingga memiliki kandungan amoniak yang tinggi dan aroma bau asam yang tidak enak. Kandungan ammonia tersebut juga berpengaruh terhadap penurunan kandungan oksigen terlarut.

#### 4.4.2 Suhu

Suhu sangat berpengaruh terhadap tanaman melalui proses metabolisme dalam tubuh tanaman. Selain itu suhu juga merupakan salah satu faktor fisika yang dapat mempengaruhi proses kimia tanaman air dan mediana. Data hasil rata-rata suhu pada saat penelitian dapat dilihat pada **Tabel 10**.

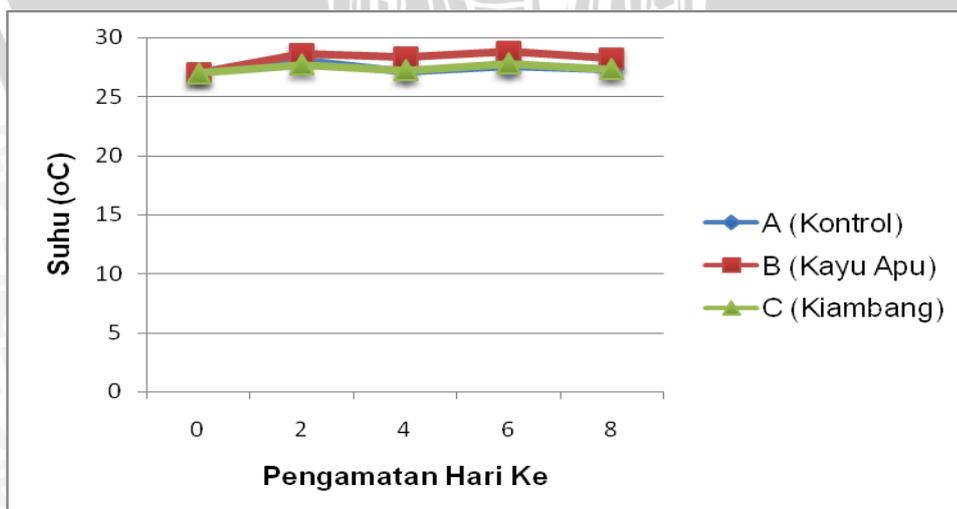
**Tabel 10.** Hasil Rata-rata Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ) Pada Media Tanam

Perlakuan	Pengamatan Hari Ke	Ulangan			Rerata
		I	II	III	
A (Kontrol)	0	27	27	27	27
	2	28	28,2	28,1	28,1
	4	27,2	27	27,1	27,1
	6	27,9	27,4	27,5	27,6
	8	27,3	27,2	27,4	27,3
B (Kayu Apu)	0	27	27	27	27
	2	28,8	28,5	28,4	28,6
	4	28,6	28,3	28,1	28,3
	6	29	28,7	28,5	28,8
	8	28,5	28	28	28,2
C (Kiambang)	0	27	27	27	27
	2	27,9	27,5	27,8	27,7
	4	27,4	27	27,1	27,2
	6	28	27,9	28	27,8
	8	27,6	27,1	27,3	27,3
Suhu maksimum*		38 $^{\circ}\text{C}$			

Ket : \* Standar Baku Mutu Peraturan Gubernur Jawa Tengah No.10 Tahun 2004

Hasil pengukuran suhu pada bak A atau kontrol adalah memiliki rata-rata berkisar antara  $27^{\circ}\text{C}$  –  $28,1^{\circ}\text{C}$ . Pada bak B atau dengan perlakuan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) memiliki kisaran antara  $27^{\circ}\text{C}$  –  $28,8^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan pada bak C atau dengan perlakuan tanaman kiambang (*Salvinia molesta*) memiliki kisaran antara  $27^{\circ}\text{C}$  –  $27,8^{\circ}\text{C}$ .

Tabel 10 diatas dapat dilihat bahwa perubahan suhu pada masing-masing bak penelitian tidak terlalu signifikan. Berdasarkan kisaran suhu pada bak B atau dengan perlakuan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan bak C atau dengan perlakuan tanaman kiambang (*Salvinia molesta*) masih dikatakan bagus untuk pertumbuhan tanaman jika dilihat nilai kisaran suhu menurut Ismanto (2005), bahwa suhu optimum untuk pertumbuhan tanaman kayu apu berkisar antara  $20-32^{\circ}\text{C}$ . Menurut Moenandir (2010), kisaran suhu optimum untuk pertumbuhan Kiambang (*Salvinia molesta*) yaitu berkisar antara  $25-28^{\circ}\text{C}$ . Menurut Rosnah (2012), semakin tinggi suhu lingkungan tanaman maka semakin tinggi penyerapan oleh tanaman, dimana suhu lingkungan tanaman menyebabkan proses fotosintesis meningkat, sehingga penyerapan tanaman terhadap unsur hara meningkat juga. Hasil pengukuran suhu dapat dilihat dalam bentuk grafik pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Grafik Perubahan Suhu Selama Penelitian

Gambar 7 diatas menunjukkan bahwa hasil pengukuran suhu pada bak penelitian A atau kontrol, bak B atau dengan perlakuan tanaman kayu *apu* (*Pistia stratiotes*) dan bak C atau dengan perlakuan tanaman kiambang (*Salvinia molesta*) mengalami fluktuasi (naik turun). Pada bak A atau kontrol, suhu tertinggi pada hari ke-2 sebesar 28,1<sup>0</sup>C. Pada bak B atau dengan perlakuan tanaman kayu *apu* (*Pistia stratiotes*), suhu tertinggi terdapat pada hari ke-6 sebesar 28,8<sup>0</sup>C. Sedangkan pada bak C atau dengan perlakuan tanaman kiambang (*Salvinia molesta*) sebesar 27,6<sup>0</sup>C.

Tingginya nilai suhu tersebut sesuai dengan hasil pengukuran orthofosfat yang semakin menurun. Meningkatnya suhu akan berpengaruh terhadap tingkat absorpsi nutrisi dikarenakan suhu berperan penting dalam proses fotosintesis pada tumbuhan air. Apabila suhu tinggi maka proses fotosintesis akan berjalan dengan baik dan proses penyerapan nutrisi pun semakin baik. Hal ini sesuai dengan pendapat Hidayat (2011), 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. Suhu berpengaruh langsung karena reaksi kimia anorganik yang berperan dalam proses fotosintesis. Peningkatan suhu sampai batas tertentu akan menaikkan laju fotosintesis (Nonji, 2006).

#### 4.4.3 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan nilai yang menunjukkan aktivitas ion hidrogen dalam air. Derajat keasaman (pH) ini merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi laju pertumbuhan pada tanaman terutama untuk pertumbuhan akar. Data hasil rata-rata pH pada media tanam dapat dilihat pada

**Tabel 11.**

**Tabel 11.** Hasil Rata-rata pH Pada Media Tanam

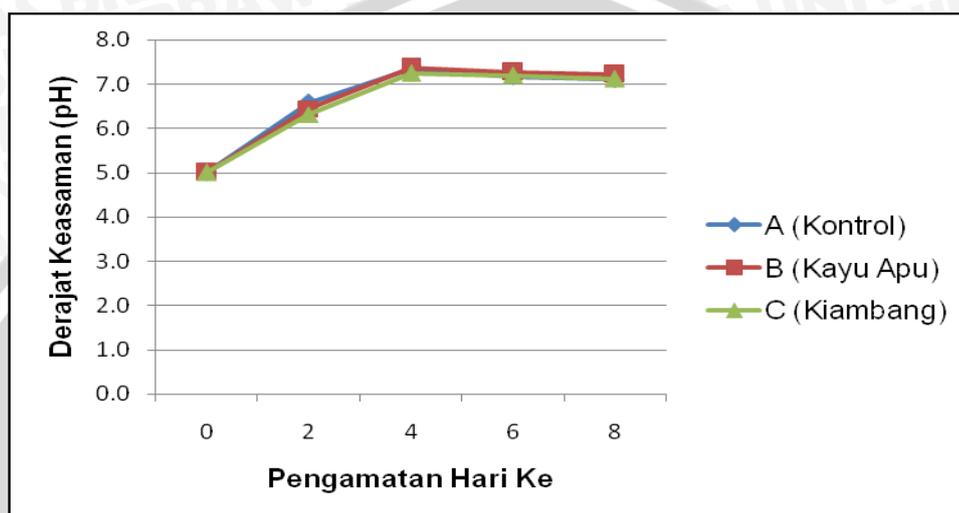
Perlakuan	Pengamatan Hari Ke	Ulangan			Rerata
		I	II	III	
A (Kontrol)	0	5	5	5	5
	2	6,63	6,4	6,72	6,58
	4	7,3	7,32	7,4	7,34
	6	7,25	7,10	7,16	7,17
	8	7,20	7,05	7,10	7,11
B (Kayu Apu)	0	5	5	5	5
	2	6,6	6,32	6,41	6,44
	4	7,4	7,38	7,35	7,37
	6	7,37	7,24	7,21	7,27
	8	7,30	7,22	7,15	7,22
C (Kiambang)	0	5	5	5	5
	2	6,54	6,10	6,34	6,32
	4	7,32	7,26	7,15	7,24
	6	7,28	7,20	7,10	7,19
	8	7,18	7,14	7,05	7,12
Baku Mutu*		6,0 – 9,0			

Ket : \* Standar Baku Mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013

Nilai pH pada bak A atau kontrol berkisar antara 5 - 7,34. Pada bak B atau dengan perlakuan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) memiliki nilai pH berkisar 5 – 7,37. Sedangkan pada bak C atau dengan perlakuan tanaman kiambang (*Salvinia molesta*) memiliki nilai pH berkisar antara 5 – 7,24. Kisaran pH pada tiap perlakuan menunjukkan bahwa kondisi yang agak asam sampai netral. Kondisi yang agak asam pada saat awal penelitian dikarenakan limbah cair tempe yang digunakan yaitu limbah dari hasil perendaman akhir serta bahan dasar yang digunakan dalam proses pembuatan tempe adalah kedelai, dimana kedelai mengandung bahan organik seperti pati, protein dan karbohidrat yang tinggi. Dari nilai tersebut dapat dilihat bahwa perubahan pH pada bak penelitian menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan sehingga memiliki kemasaman air yang hampir sama pada setiap bak penelitian.

Nilai pH tersebut dapat diketahui bahwa kondisi pH pada media tanam masih cukup mendukung untuk pertumbuhan tanaman. Menurut Sudarwin (2003), banyak tanaman air yang dapat bertahan hidup dengan pH berkisar

antara 6,5-7,4. Menurut *Holm et al.*, (1977), tanaman kayu apu akan tumbuh baik pada nilai pH > 4, tidak akan tumbuh pada nilai pH 3 dan pertumbuhan akan mengalami perlambatan pada setiap kisaran pH yang melebihi nilai optimum. Hasil pengukuran pH pada saat penelitian dapat dilihat dalam bentuk grafik pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Grafik Perubahan pH Selama Penelitian

Gambar 8 di atas menunjukkan bahwa hasil pengukuran pH dari awal sampai akhir penelitian terjadi perubahan pada bak penelitian. Peningkatan terjadi dari hari ke dua hingga hari keempat, selanjutnya mengalami penurunan dihari keenam sampai hari kedelapan. Peningkatan pH yang terjadi dikarenakan banyaknya proses dekomposisi bahan organik pada media yang menghasilkan senyawa ammonia ( $\text{NH}_3$ ). Apabila pH yang sangat rendah akan menyebabkan kelarutan logam-logam dalam air makin besar, akan bersifat toksik bagi organisme air (*Frasawi et al.*, 2013).

#### 4.5 Berat Basah Tanaman

Berat atau biomassa tanaman merupakan ukuran yang paling sering digunakan untuk menggambarkan dan mempelajari pertumbuhan tanaman. Pada akhir fitoremediasi rata-rata perlakuan menunjukkan adanya penambahan berat basah tanaman dari kondisi awal. Nilai laju pertumbuhan relatif (*Relative Growth*

Rate / RGR) merupakan gambaran dari kemampuan tanaman kayu apu dan kiambang dalam menyerap unsur hara dari air limbah yang digunakan untuk pertumbuhannya. Hasil pengukuran berat basah, laju pertumbuhan relatif dan waktu berganda dapat dilihat pada **Tabel 12**.

**Tabel 12.** Hasil Berat Basah Tanaman dan RGR (*Relative Growth Rate*) dan DT (*Double Time*) Pada Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*)

Perlakuan	Berat (Gram)		RGR (%/hari)	Rerata RGR	DT (hari)	Rerata DT
	0 Hari	8 Hari				
B I	200	204,48	0,28	0,31	2,5	2,2
B II	200	205,50	0,34		2	
B III	200	205,00	0,31		2,2	
C I	200	202,56	0,16	0,17	4,4	4,2
C II	200	202,44	0,15		4,6	
C III	200	203,00	0,19		3,7	

Keterangan : B : Perlakuan tanaman kayu apu  
 C : Perlakuan tanaman kiambang  
 I : Ulangan ke 1  
 II : Ulangan ke 2  
 III : Ulangan ke 3

Berdasarkan Tabel 12 di atas, semua tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan kiambang (*Salvinia molesta*) yang ditanam mengalami peningkatan bobot basah. Hal ini menunjukkan bahwa air yang digunakan dalam media tanam mengandung unsur hara yang diperlukan untuk pertumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan kiambang (*Salvinia molesta*), seperti P, sehingga tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan kiambang (*Salvinia molesta*) mampu menyerap unsur hara tersebut. Perbedaan jumlah pertambahan bobot basah tanaman disebabkan karena tanaman kayu apu dan kiambang memiliki kemampuan yang berbeda dalam menyerap unsur hara.

Berdasarkan hasil perhitungan RGR dan DT (Lampiran 4), dapat dilihat bahwa pada saat pertumbuhan relatif rata-rata (RGR) tanaman meningkat, maka waktu berganda (DT) tanaman akan menurun semakin cepat. Kondisi ini menggambarkan proses pertumbuhan yang terjadi pada tanaman kayu apu dan

kiambang, dimana pada saat tanaman dapat tumbuh dengan baik, maka tanaman akan semakin berkembang biak dan waktu yang dibutuhkan tanaman untuk berganda semakin cepat. Oleh karena itu perubahan senyawa orthofosfat mempengaruhi proses pertumbuhan dan perkembangbiakan tanaman, karena senyawa ini berfungsi sebagai nutrisi bagi tanaman. Hal ini dapat pula dilihat dari penurunan senyawa orthofosfat selama waktu penelitian. Menurut Bock (1969) dalam Rahmaningsih (2006), hubungan antara pertumbuhan tanaman terhadap kandungan nutrisi pada media adalah positif yang menghasilkan biomassa dengan pola pertumbuhan eksponensial pada waktu terbatas.

Nilai RGR merupakan cerminan dari kemampuan tanaman kayu apu dan kiambang dalam menyerap unsur hara dari air selain dari pengukuran biomassa. Pada Tabel 13, dapat terlihat bahwa RGR tertinggi terdapat pada perlakuan B yaitu bak penelitian dengan perlakuan tanaman kayu apu yaitu sebesar 0,31% perhari dengan hasil DT yaitu 2 hari. RGR tertinggi menunjukkan bahwa kayu apu memiliki kemampuan pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan kiambang. Hal ini sesuai dengan perubahan penurunan senyawa orthofosfat yang terdapat pada bak penelitian yang ditanami kayu apu, sehingga orthofosfat yang diserap oleh kayu apu digunakan untuk pertumbuhannya. Senyawa kimia yang diserap kayu apu dan kiambang diakumulasi dalam jaringan vaskuler tumbuhan atau digunakan untuk proses metabolisme tumbuhan dan kemampuan tanaman dalam menyerap senyawa kimia dalam air tidak lepas dari aspek fisiologis tumbuhan air itu sendiri (Larcher, 1980 dalam Rahmaningsih, 2006).

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Efektivitas terbaik pada penurunan kandungan senyawa orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) terjadi pada bak B atau bak dengan perlakuan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*). Hal ini ditunjukkan dengan hasil sidik ragam bahwa ada perbedaan yang sangat nyata pada perlakuan perbedaan jenis tanaman, hal ini dilihat dari nilai F hitung yang lebih besar dari F tabel ( $F_{\text{hitung}} = 296,12 > F_{\text{tabel}} = 2,92$ ) pada selang kepercayaan 95% dan ( $F_{\text{hitung}} = 296,12 > F_{\text{tabel}} = 4,51$ ) pada selang kepercayaan 99%. Begitupun pada waktu dalam perlakuan juga memberikan hasil yang berbeda sangat nyata dengan nilai F hitung lebih besar dari F tabel ( $F_{\text{hitung}} = 172,10 > F_{\text{tabel}} = 2,09$ ) pada selang kepercayaan 95% dan ( $F_{\text{hitung}} = 172,10 > F_{\text{tabel}} = 2,84$ ) pada selang kepercayaan 99%.
- Dari data pada parameter kualitas air pendukung yang didapatkan bahwa kondisi pH pada saat penelitian yaitu berkisar antara 5 – 7,37, suhu yang didapatkan memiliki kisaran antara  $27^{\circ}\text{C}$  –  $28,8^{\circ}\text{C}$ , serta kandungan oksigen terlarut berkisar antara 2,9 mg/l – 3,45 mg/l. kondisi kualitas air tersebut masih cocok untuk kehidupan organisme perairan.

### 5.2 Saran

Saran dari penelitian ini adalah perlu adanya peran pemerintah setempat dalam mengawasi pembuangan limbah oleh industri sehingga meminimalisir terjadinya pencemaran. Kayu apu lebih efektif dalam menurunkan nutrisi dibanding kiambang, sehingga perlu dilakukan penelitian lanjut dengan menggunakan tanaman air jenis lain dengan media tanam dari air limbah industri pada konsentrasi yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ambarwati, Saifullah dan Mustahal. 2014. Identifikasi Fitoplankton Dari Perairan Waduk Nadra Krenceng Kota Cilegon Banten. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. Vol.4 No. 4 : 283-291.
- Apriyadi, T. 2008. *Kombinasi Bakteri dan Tumbuhan Air Sebagai Bioremediator Dalam Kandungan Bahan Organik Limbah Kantin*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Arizuna, M., D. Suprpto dan M.R. Muskanafola. 2014. Kandungan Nitrat dan Fosfat Dalam Air Pori Sedimen di Sungai Dari Muara Sungai Wadung Demak. *Diponegoro Journal Of Maquares*. 3(1): 7-16.
- Armita, D. 2011. *Analisis Perbandingan Kualitas Air Di Daerah Budidaya Rumput Laut Dengan Daerah Tidak Ada Budidaya Rumput Laut Di Dusun Malalajaya Desa Punaga Kecamatan Mangararombang Kabupaten Takalar*. Skripsi. Prodi Manajemen Sumberdaya Perairan Jurusan Perikanan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hassanudin Makasar. Makasar.
- Bausch, Lomb. 1974. *Analytical System Division*. New York. Rochester.
- Connel, D. W. dan Miller, G. J. 1995. *Kimia dan Otoksikologi Pencemaran*. Cetakan Pertama. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Cottam, T. 1969. *Research for Establishment of Water Quality Criteria for Aquatic Life*. Reprint Transac of the 2<sup>nd</sup> Seminar on Biology, April 20-24, Ohio.
- Damayanti, A. 2000. *Studi Pemanfaatan Kayu Apu (Pistia stratiotes) Untuk Menurunkan COD, N, P pada Lindi TPA Keputih Surabaya*. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS.
- Dewi, R.K., R.M. Winny dan A. Zulfikar. 2013. *Efektifitas dan Efisiensi Fitoremediasi Orthofosfat Pada Deterjen Menggunakan Kiambang*. Maritime Raja Ali Haji of University.
- Dewi, Y.S. 2012. Efektivitas Jumlah Rumpun Tanaman Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes (Mart) Solm*) Dalam Pengendalian Limbah Cair Domestik. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 13 (2) : 151 – 158.
- Divakaran, O., M. Arunachalam, dan N.B. Nair. 1980. Growth rates of *Salvinia molesta* Mitchell with special reference to salinity. *Proceedings of Indian Academy of Science, Plant Science*, 89:161-168.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Frasawi, A., Robert, R dan Juliaan, W. 2013. Potensi Budidaya Ikan di Waduk Embung Klamalu Kabupaten Sorong Provinsi Papua Barat: Kajian Kualitas Fisika Kimia Air. *Jurnal Budidaya Perairan*. Vol. 1 No. 3: 24-30.

- Fratama, B. 2013. *Utilization Of Liquid Waste From Tempe Industry As Productive Liquid Fertilizer As Revealed By Various Npk Fertilizer Additions*. Universitas Kristen Satya Wacana. Salatiga.
- Gumail, P. 1999. *Pengaruh Pemberian Bahan Organik Dengan Inokulasi Trichoderma viridae Dan Pemupukan P Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (Elasis guineensis Jacq)*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hanafiah, K.A. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- \_\_\_\_\_. 2005a. *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi*. Edisi ketiga. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Haloo, L dan M.Silalahi. 1997. *Pengaruh Penggunaan Tepung Kiambang (Salvinia molesta) Sebagai Substitusi Dedak Halus Dalam Ransum Ayam Pedaging Arbor Arces (cp-707) Umur 11-54 Hari*. Prosiding seminar nasional ilmu nutrisi dan makanan ternak. Asosiasi Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak Indonesia dan Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Handayanto, E dan Hairiah, K. 2007. *Biologi Tanah : Landasan Pengelolaan Tanah Sehat*. Pustaka Adipura. Malang.
- Haridjaja, O., Wahyu, P dan Ratih S. 2014. *Pemanfaatan Kayu Apu (Pistia stratiotes L.) Dan Kiambang (Salvinia molesta D.Mitch) Untuk Meningkatkan Kualitas Air Greywater Hidroponik Tanaman Selada (Lactuca sativa L)*. IPB. Bogor.
- Hariyadi, S., Suryadiputra dan B. Widigdo. 1992. *Limnologi Metode Kualitas Air*. Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hermawati, E., Wiryanto dan Solichatun. 2005. *Fitoremediasi Limbah Detergen Menggunakan Kayu Apu (Pistia stratiotes L.) dan Genjer (Limnoclaris crassipes L.)*. jurnal BioSMART. 7(2):115-124.
- Hernayanti dan Elly P. 2004. *Fitoremediasi Limbah Cair Batik Menggunakan Kayu Apu (Pistia stratiotes L.) Sebagai Upaya Untuk Memperbaiki Kualitas Air*. Jurnal Pembangunan Pedesaan. Vol.IV No. 13.
- Hidayat, I. 2011. *Efektivitas Tanaman Enceng Gondok Dalam Penurunan Kadar Besi (Fe) Pada Air Limbah Rumah Tangga*. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Semarang: Semarang.
- Holm, L.G., Plucknett dan Herberger. 1997. *The World's Worst Weeds Distribution and Biology*. East-West Center/University Press of Hawaii. 609pp.
- Ismanto, F.N. 2005. *Pemanfaatan Enceng Gondok (Eicchornia crassipes), Kayu Apu (Pistia stratiotes L.) dan Kangkung (Ipomea aquatic) Secara Bertahap Dalam Memperbaiki Kualitas Air Limbah Kantin*. ITB. Bogor.

- Kelly, E.B. 1997. Ground Water Polution: Phytoremediation. Downloading available at [http://www.cee.vt.edu/program\\_areas/enviromental/teach/gwprimer/phyto/phyto/html](http://www.cee.vt.edu/program_areas/enviromental/teach/gwprimer/phyto/phyto/html).
- Kristanto, P. 2002. Ekologi Industri. Penerbit ANDI. Yogyakarta. Hal 20 dan 167-170.
- Khusnuryani, A. 2008. *Mikroba Sebagai Agen Penurunan Fosfat Pada Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit*. Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi. 1 (1):144-151.
- Kumar, H.D. 1977. Modern Concept of Ecology. Vikas Published Houses, VT. Ltd, New Delhi.
- Lakitan, B. 2007. Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Lidiawati, Tuani. 2009. *Penurunan Konsentrasi Warna Limbah Tekstil dengan Menggunakan Tumbuhan Air*. Prosiding Nasional Teknik Kimia Indonesia. Bandung.
- Lutfi, A. 2009. Penanggulangan Terhadap Terjadinya Pencemaran Air dan Pengolahan Limbah. *Tanpa Nama Jurnal*. Vol 1 No 1 (<http://www.chemistry.org> diakses 17 Februari 2016).
- Mcfarland, D. 2004. *Salvinia molesta* D. S. Mitchell (Giant Salvinia) in the United States : A Review of species Ecology and Approaches to management. Aquatic Plant Control Research Program. Washington.
- Metcalf dan Eddy. 1979. Wastewater Engineering Treatment, Disposa, and Reuse (2<sup>nd</sup> Edition). New York ; McGraw-Hill Book Company, Inc.
- \_\_\_\_\_ 1991. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. Edisi III. Mc Graw Hill Inc. New York.
- Moenandir, J. 2010. Ilmu Gulma. Universitas Brawijaya Press, Malang.
- Moenir, M. 2010. Kajian Fitoremediasi Sebagai Alternatif Pemulihan Tanah Tercemar Logam Berat. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan dan Pencemaran Industri*. Vol.1 No.2.
- Moersidik, S. 1999. Analisis Kualitas Air. Universitas terbuka. Jakarta.
- Muria, E.S., Shofy M dan Endang D.M. 2012. Pengaruh Penggunaan Media Dengan Rasio C:N Yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Tubifex. *Journal Of Aquaculture And Fish Health*. Vol.1 No.2.
- Mustaniroh, S. A., Wignyanto dan B. S Endi. 2009. Efektivitas Penurunan Bahan Organik dan Anorganik pada Limbah Cair Penyamakan Kulit Menggunakan Tumbuhan Kayu Apu (*Pistia stratotes* L.) sebagai Biofilter. *Jurnal Teknologi Pertanian*. Vol. 10 No 1. 10-18.

- Nonji. 2006. *Tiada Kehidupan di Bumi Tanpa Keberadaan Plankton*. LIPI. Pusat Penelitian Oseanografi. Jakarta.
- Notodarmojo, S. 2005. *Pencemaran Tanah Dan Air*. Penerbit: ITB Bandung.
- Nugroho, R., Ikkal dan Nurtya Sulasmi. 2008. *Pengolahan Limbah Cair Industri Percetakan Uang Kertas (UTAS) Menggunakan Proses Biologis Anaerob*. *JAI*. Vol.4 No.1.
- Nxawe, S., P.A Ndakidemi dan C.P. Laubscher. 2010. *Possible effects of regulating hydroponic water temperature on plant growth, accumulation of nutrient sand other metabolites* : South Africa. *Biotechnology* Vol. 9 (54), pp.9128-9134.
- Prasetyo, B dan E.N. Kusumaningrum. 2010. *Penentuan Jenis Spirulina sp. di Situ Babakan, Jagakarsa, Jakarta Selatan*. Laporan Penelitian. Tangerang Selatan; Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Lembaga Penelitian Universitas Terbuka.
- Pratiwi, M.C. 2010. *Pemanfaatan kangkung Air (Ipomea aquatic) Dan Lumpur Aktif Pabrik Tekstil Dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu*. Skripsi. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Priyanto B dan Prayitno J. 2006. *Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat Melalui <http://lftl.bppt.tripod.com/sublab/lflora1.htm>*. Diakses pada tanggal 26 Februari 2016 pukul 13.00 WIB.
- Purnamasari, M. 2014. *Efektifitas Tanaman Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) dan Kayu Apu (Pistia stratiotes) dalam Menurunkan Kandungan Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dan Ortofosfat (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) pada Limbah Cair Tahu*. Skripsi. Fakultas Perikanan - Universitas Brawijaya.
- Purnamasari, R. 2015. *Pengaruh Variasi Penutupan Tanaman Kayu Apu (Pistia stratiotes) Terhadap Penurunan Kadar Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) Dan Orthofosfat (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) Pada Limbah Cair Industri Tempe Sanan Kota Malang*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Putri, N., Muhiddin dan Suhaeni. 2014. *Bioakumulasi Logam Berat Kadmium (Cd) pada Tanaman Kangkung Darat (Ipomea reptans) di Dusun Borong Karamasa Desa Toddota Kecamatan Pallangga Kabupaten Gowa. Makassar*. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alaudin Makassar.
- Rahmaningsih, H.D. 2006. *Kajian Penggunaan Enceng Gondok Pada Penurunan Senyawa Nitrogen Efluen Pengolahan Limbah Cair PT. Capsugel Indonesia*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Rosnah. 2012. *Efektivitas Fitoremediasi Enceng Gondok Terhadap Phospat Pada Limbah Laundry*. Skripsi. Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan. Universitas Maritim Raja Ali Haji: Tanjungpinang.

- Safitri, R. 2009. *Phytoremediasi Greywater Dengan Tanaman Kayu Apu (Pistia stratiotes) Dan tanaman Kiambang (Salvinia molesta) Serta pemanfaatan Untuk Tanaman Selada (Lactuca sativa) Secara Hidroponik*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Salamah, Z., Suci T.W dan Listiatie B.U. 2009. *Pemanfaatan Limbah Cair Industri Tempe Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Kangkung Darat (Ipomoea reptans, Poir) Kultivar Kencana*. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Salisbury, F.B dan C.W. Ross. 1992. *Fisiologi Tumbuhan*. Jilid Satu. Penerbit ITB. Bandung.
- Salmin. 2005. *Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan*. 30(3): 21-26
- Sandriati, D. 2011. *Kajian Pemanfaatan Tanaman Enceng Gondok Dan Kiambang Untuk Menurunkan Kadar Nutrien Pada Limbah Cair Tahu*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Sani, E.Y. 2006. *Pengolahan air Limbah Tahu Menggunakan Reaktor Anaerob Bersekat Dan Aerob*. Tesis. Ilmu Lingkungan. Universitas Semarang.
- Sari, P. M. 1999. *Studi Pemanfaatan Kayu Apu (Pistia stratiotes) untuk Menurunkan COD, N dan P pada Air Limbah Pabrik Tahu*. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS.
- SNI. 1990. *Metode Pengukuran Kualitas Air*. Dinas Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Soeparman, H.M dan Suparmin. 2002. *Pembuangan Tinja Dan Limbah Cair : Suatu Pengantar*. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Soerjani, M. and J.V Pancho. 1978. *Aquatic Weeds of Southeast Asia. A Systematic Account of Common southeast Asian Aquatic Weeds*. National Publishing Company. Quenzon city. Philippines.
- Soerjani, M., A.J.G.H. Kostermans and G. Tjitrosoepomo. 1987. *Weed of rice in Indonesia*. Penerbit Balai Pustaka. Jakarta.
- Soetrinanto, dani, Marcelinus C dan Hadiyanto. 2012. *Application Of Phytoremediation For Herbal Medicine Waste And Its Utilization For Protein Production*. *Jurnal Reaktor* Vol.14(2) 129-134.
- Subarijanti, H.U. 1990. *Limnologi*. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang.
- Sudarwin. 2003. *Analisis Spasial Logam Berat (Pb dan Cd) Pada Sedimen Aliran Sungai Dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Jatibarang*. Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Sudarwin. 2008. *Analisis Spasial Pencemaran Logam Berat (Pb dan Cd) pada Sedimen Aliran Sungai dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah*

Jatibarang Semarang. Tesis. Program Pasca Sarjana, Universitas Diponegoro.

Sudjana. 1994. Desain dan Analisis Eksperimen. Penerbit Tarsita. Bandung.

Supriyanto, B. 1997. *Kinetika Reaksi Biokimiawi EM4 Pada Penguraian Limbah Cair Pabrik Tahu (Studi Kasus Pabrik Tahu, Kukusan, Depok, Jawa Barat)*. Tesis . Universitas Indonesia.

Surtikanti, H.K. 2011. Toksikologi Lingkungan dan Metode Uji Hayati. Bandung. Rizki Press.

Syamsurisal. 2011. *Studi Beberapa Indeks Komunitas Makrozoobenthos di Hutan Mangrove Kelurahan Coppo Kabupaten Barru*. SKRIPSI. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan Jurusan Perikanan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hassanuddin, Makassar.

Undang-undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jakarta: Sekretariat Negara.

Undang-Undang RI Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup.

United States Department of Agriculture (USDA). 2002. Available: [http://plants.usda.gov/classification/output\\_report.cgi?5](http://plants.usda.gov/classification/output_report.cgi?5). Diakses pada tanggal 26 Februari 2016 pukul 12.00 WIB.

Wardhana, W.A. 2004. Dampak Pencemaran Lingkungan. Cetakan keempat. Yogyakarta : Penerbit ANDI.

Wibowo, R.K.A. 2009. *Analisis Kualitas Air Pada Sentral Outlet Tambak Udang Sistem Terpadu Tulang Bawang Lampung*. Skripsi. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.

Wigyanto., Nur Hidayat dan Alfia A. 2009. *Bioremediasi Limbah Cair Sentra Industri Tempe Sanan Serta Perencanaan Unit Pengolahnya (Kajian Pengaturan Kecepatan Aerasi dan Waktu Inkubasi)*. Universitas brawijaya. Malang.

Wiryani, E. 2006. *Analisis Kandungan Limbah Cair Pabrik Tempe*. Skripsi. Fakultas MIPA UNDIP Semarang.

Yuliani, D.E., Saibun S dan Teguh W. 2013. Analisis Kemampuan Kiambang (*Salvinia molesta*) Untuk Menurunkan Konsentrasi Ion Logam Cu (II) Pada Media Tumbuh Air. *Jurnal Kimia Mulawarman*. Vol. 10. No. 2.

Yusuf, G. 2008. Bioremediasi Limbah Rumah Tangga Dengan Sistem Sirkulasi Tanaman Air. *Jurnal Bumi Lestari*. 8(2): 136-144.

Zulkarnain, M., B. Prasetya dan Soemarno. 2011. Pengaruh Kompos, Pupuk Kandang Dan Custom-Bio Terhadap Sifat Tanah, Pertumbuhan Dan Hasil Tebu (*Saccharum officinarum* L.) pada Entisol Di kebun Ngrangkah-pawon, Kediri. *Indonesian Green technology Journal*. 2 (1) : 45-52.

**LAMPIRAN 1.** Fungsi Alat dan Bahan Penelitian

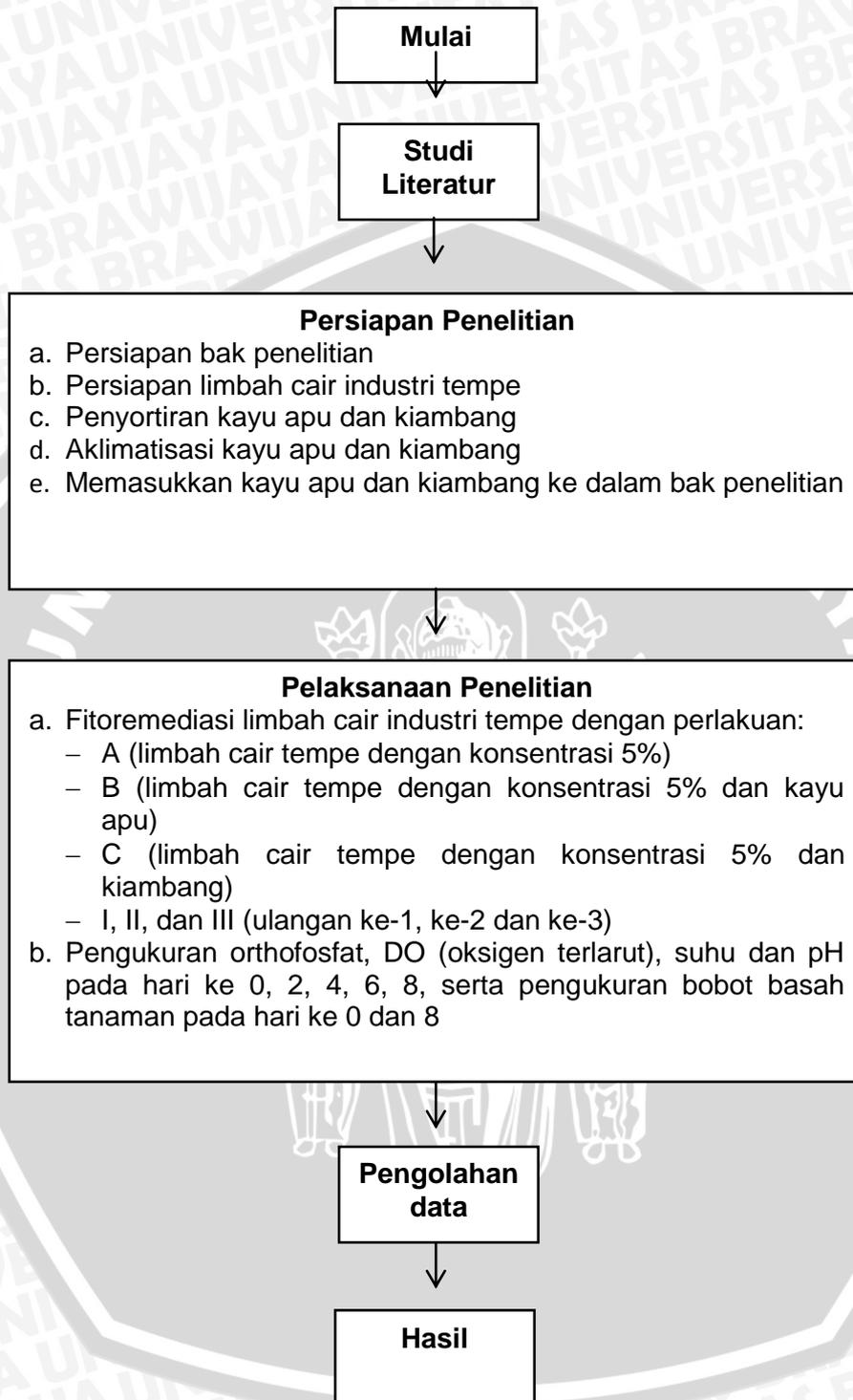
**Tabel 2.** Alat dan Fungsinya

No.	Nama Alat	Fungsi
1.	Gelas ukur	Untuk mengukur air sampel
2.	Pipet tetes	Untuk mengambil larutan dalam skala kecil
3.	Pipet volume	Untuk mengambil larutan dalam skala tertentu
4.	Cuvet	Untuk wadah larutan pada spektrofotometer
5.	Spektrofotometer	Untuk mengukur nilai fosfat
6.	Spatula	Untuk mengaduk larutan
7.	Erlenmeyer	Untuk tempat mereaksikan larutan
8.	DO meter	Untuk mengukur oksigen terlarut pada limbah cair tempe
9.	pH meter	Untuk mengukur pH pada limbah cair tempe
10.	Thermometer digital	Untuk mengukur suhu pada limbah cair tempe
11.	Timbangan digital	Untuk mengukur biomassa tanaman
12.	Toples ukuran 16 liter	Sebagai wadah pada media tanam penelitian

**Tabel 3.** Bahan dan Fungsinya

No.	Nama Bahan	Fungsi
1.	Kertas saring	Untuk menyaring air sampel
2.	Ammonium molybdat	
3.	SnCl <sub>2</sub>	Untuk memberikan warna pada larutan fosfat
4.	Air sampel	Sampel yang akan dianalisa
5.	Limbah cair tempe	Sebagai sampel yang akan diuji kadar orthofosfatnya

LAMPIRAN 2. Skema Tahapan Penelitian



Gambar 4. Skema Tahapan Penelitian

**LAMPIRAN 3.** Data Hasil Pengukuran Konsentrasi Orthofosfat ( $PO_4^{3-}$ ) Pada Media

Ulangan	Kontrol					Kayu Apu					Kiambang				
	0	2	4	6	8	0	2	4	6	8	0	2	4	6	8
I	7.15	6.59	6.19	5.66	5.11	7.15	5.60	4.27	2.56	1.48	7.15	5.42	4.73	3.03	2.25
II	7.15	6.65	6.20	5.70	5.25	7.15	5.35	4.05	2.10	1.20	7.15	6.13	4.98	3.28	1.57
III	7.15	6.40	6.10	5.35	5.05	7.15	4.98	3.80	1.88	1.70	7.15	5.66	4.49	2.41	1.79
Total Yij	21.45	19.64	18.49	16.71	15.41	21.45	15.93	12.12	6.54	4.38	21.45	17.21	14.20	8.72	5.61
Rerata Yij	7.15	6.55	6.16	5.57	5.14	7.15	5.31	4.04	2.18	1.46	7.15	5.74	4.73	2.91	1.87
Total Yi	91.70					60.42					67.19				
Total Y	219.31														
Rerata Y	73.10														



### LANJUTAN LAMPIRAN 3

1. JUMLAH KUADRAT TOTAL  
=  $(7,15^2) + (6,15^2) + (6,19^2) + \dots\dots\dots (1,79^2)$   
= 1232,68

2. FAKTOR KOREKSI  
=  $\frac{(219,31)^2}{45}$   
= 1068,2

3. JUMLAH KUADRAT PERLAKUAN  
=  $\frac{91,70^2 + 60,42^2 + 67,19^2}{15} - 1068,2$   
= 36,11

4. JUMLAH KUADRAT WAKTU DALAM PERLAKUAN KONTROL  
=  $\frac{(21,45)^2 + (19,64)^2 + (18,49)^2 + (16,71)^2 + (15,41)^2}{3} - \frac{(91,70)^2}{15}$   
= 7,54

5. JUMLAH KUADRAT WAKTU DALAM PERLAKUAN KAYU APU  
=  $\frac{(21,45)^2 + (15,93)^2 + (12,12)^2 + (6,54)^2 + (4,38)^2}{3} - \frac{(60,42)^2}{15}$   
= 64,20

6. JUMLAH KUADRAT WAKTU DALAM PERLAKUAN KIAMBANG  
=  $\frac{(21,45)^2 + (17,21)^2 + (14,20)^2 + (8,72)^2 + (5,61)^2}{3} - \frac{(67,19)^2}{15}$   
= 54,18

7. JUMLAH KUADRAT WAKTU DALAM PERLAKUAN  
=  $7,54 + 64,20 + 54,18$   
= 125,92

8. JUMLAH KUADRAT GALAT  
=  $1232,68 - 1068,82 - 125,92$   
= 1,83



### LANJUTAN LAMPIRAN 3

Tabel Sidik Ragam Konsentrasi Orthofosfat Pada Media

SV	db	JK	KT	F hit	Ftab	
					5%	1%
Perlakuan (tanaman)	2	36.11	18.06	296.12**	2.92	4.51
Waktu Dalam Perlakuan	12	125.92	10.49	172.10**	2.09	2.84
Galat	30	1.83	0.06			
Jumlah	45					

Ket : \* = berbeda nyata  
 \*\* = berbeda sangat nyata

#### Perhitungan BNT (Beda Nyata Terkecil)

##### BNT waktu dalam tanaman

$$\begin{aligned}
 \text{BNT (5\%)} &= t_{0,05} \times \sqrt{\frac{2KTG}{bn}} & \text{BNT (1\%)} &= t_{0,01} \times \sqrt{\frac{2KTG}{bn}} \\
 &= 1,7 \times 0,09 & &= 2,46 \times 0,09 \\
 &= 0,15 & &= 0,22
 \end{aligned}$$

Tabel Hasil Uji BNT Perbedaan Jenis Tanaman Terhadap Penurunan Konsentrasi Orthofosfat Pada Media

Perlakuan	Rata-rata	B	C	A	Notasi
		4.03	4.48	6.11	
B (Kayu Apu)	4.03		0.45*	2.08*	a
C (Kiambang)	4.48			1.63*	b
A (Kontrol)	6.11				c

Ket : \* = berbeda nyata

**LANJUTAN LAMPIRAN 3**

	BP8	CP8	BP6	CP6	BP4	CP4	AP8	BP2	AP6	CP2	AP4	AP2	AP0	BP0	CP0	Notasi
	1.46	1.87	2.18	2.91	4.04	4.73	5.14	5.31	5.57	5.74	6.16	6.55	7.15	7.15	7.15	
1.46		0.41*	0.72*	1.45*	2.58*	3.27*	3.68*	3.85*	4.11*	4.28*	4.7*	5.09*	5.69*	5.69*	5.69*	a
1.87			0.31*	1.04*	2.17*	2.86*	3.27*	3.44*	3.7*	3.87*	4.29*	4.68*	5.28*	5.28*	5.28*	a
2.18				0.73*	1.13*	1.82*	2.96*	3.13*	3.39*	3.56*	3.98*	4.37*	4.97*	4.97*	4.97*	a
2.91					1.13*	1.82*	2.23*	2.4*	2.66*	2.83*	3.25*	3.64*	4.24*	4.24*	4.24*	a
4.04						0.69*	1.1*	1.27*	1.53*	1.7*	2.12*	2.51*	3.11*	3.11*	3.11*	b
4.73							0.41*	0.58*	0.84*	1.01*	1.43*	1.82*	2.42*	2.42*	2.42*	b
5.14								0.17*	0.43*	0.6*	1.02*	1.41*	2.01*	2.01*	2.01*	c
5.31									0.26*	0.43*	0.85*	1.24*	1.84*	1.84*	1.84*	c
5.57										0.17*	0.59*	0.98*	1.58*	1.58*	1.58*	c
5.74											0.42*	0.81*	1.41*	1.41*	1.41*	c
6.16												0.39*	0.99*	0.99*	0.99*	c
6.55													0.6*	0.6*	0.6*	d
7.15																d
7.15																d
7.15																

Ket :

\*\*=berbeda nyata

P=pengamatan hari ke

A=tanpa perlakuan (kontrol)

B=perlakuan kayu apu

C=perlakuan kiambang

**LAMPIRAN 4.** Data Hasil Perhitungan *Relative Growth Rate* (RGR) dan *Double Time* (DT) Tanaman Kayu Apu dan Kiambang

$$RGR = \frac{\ln X_t - \ln X_0}{t} \times 100\%$$

$$RGR \text{ B(I)} = \frac{\ln X_t - \ln X_c}{t} \times 100\%$$

$$= \frac{\ln 204,48 - \ln 200}{8} \times 100\%$$

$$= 0,28$$

$$RGR \text{ C(I)} = \frac{\ln X_t - \ln X_c}{t} \times 100\%$$

$$= \frac{\ln 202,56 - \ln 200}{8} \times 100\%$$

$$= 0,16$$

$$RGR \text{ B(II)} = \frac{\ln X_t - \ln X_c}{t} \times 100\%$$

$$= \frac{\ln 205,50 - \ln 200}{8} \times 100\%$$

$$= 0,34$$

$$RGR \text{ C(II)} = \frac{\ln X_t - \ln X_c}{t} \times 100\%$$

$$= \frac{\ln 202,44 - \ln 200}{8} \times 100\%$$

$$= 0,15$$

$$RGR \text{ B(III)} = \frac{\ln X_t - \ln X_c}{t} \times 100\%$$

$$= \frac{\ln 205,00 - \ln 200}{8} \times 100\%$$

$$= 0,31$$

$$RGR \text{ C(III)} = \frac{\ln X_t - \ln X_c}{t} \times 100\%$$

$$= \frac{\ln 203,00 - \ln 200}{8} \times 100\%$$

$$= 0,19$$

#### LANJUTAN LAMPIRAN 4

$$DT = \frac{\ln 2}{RGR}$$

$$\begin{aligned}DT B(I) &= \frac{\ln 2}{RGR} \\ &= \frac{\ln 2}{0,28} \\ &= 2,5\end{aligned}$$

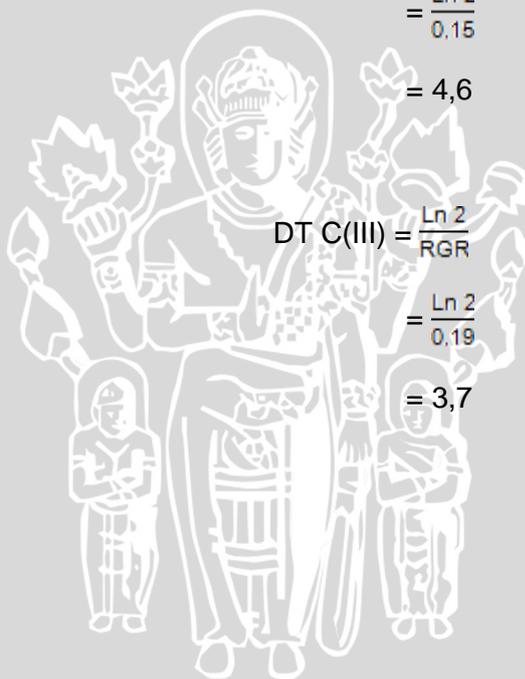
$$\begin{aligned}DT C(I) &= \frac{\ln 2}{RGR} \\ &= \frac{\ln 2}{0,16} \\ &= 4,4\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}DT B(II) &= \frac{\ln 2}{RGR} \\ &= \frac{\ln 2}{0,34} \\ &= 2,0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}DT C(II) &= \frac{\ln 2}{RGR} \\ &= \frac{\ln 2}{0,15} \\ &= 4,6\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}DT B(III) &= \frac{\ln 2}{RGR} \\ &= \frac{\ln 2}{0,31} \\ &= 2,2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}DT C(III) &= \frac{\ln 2}{RGR} \\ &= \frac{\ln 2}{0,19} \\ &= 3,7\end{aligned}$$



repository.ub.ac.id

LAMPIRAN 5. Dokumentasi Penelitian



Bak-bak Penelitian yang Ditanami Kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*)



Aklimatisasi Tanaman Kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*)



Penyortiran Tanaman Kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*)

LANJUTAN LAMPIRAN 5



Kondisi Akhir Kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*) Selama Penelitian



Pengukuran Kualitas Air

## LAMPIRAN 6. Data Lab Hasil Pengukuran Orthofosfat



KEMENTERIAN RISET DAN TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA

Jl. Veteran - Malang 65145, Telp. (0341) 575838, 551611 - 551615, Pes.311, Fx (0341) 575839  
Email : kimia\_UB@ub.ac.id, Website : http://kimia.ub.ac.id

### LAPORAN HASIL ANALISA

No: A.161/RT.5/T.1/R.0/TT.150803/2016

- Data Konsumen  
Nam Konsumen : Tria Indah Rohmawati  
Instansi : -  
Alamat : MSP-FPIK-UB  
Telepon : 085655142503  
Status : Mahasiswa  
Keperluan analisa : uji kualitas sampel Limbah Cair Tempe
- Sampling dilakukan : oleh konsumen
- Identifikasi sampel  
Nam sampel : Limbah Cair Tempe  
Wujud : cair  
Warna : putih keruh  
Bentuk : cair
- Prosedur analisa : dari lab. Lingkungan Jurusan Kimia FMIPA-Unibraw Malang
- Penyampaian laporan hasil analisa : diambil sendiri
- Tanggal terim sampel : 23 Mei 2016
- Data HasilAnalisa

Parameter	No.	HasilAnalisa		MetodeAnalisa	
		Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
Orthofosfat (Sebelum)	1	17,5 ± 0.04	ppm	Ammonium molybdad	Spektrofotometri
Orthofosfat (Sesudah)	2	7,15 ± 0.02	ppm	Ammonium molybdad	Spektrofotometri

Catatan:

- Hasil analisa ini adalah nilai rata-rata pengerjaan analisis
- Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat ini



Mengetahui:  
Ketua,

DR. Edi Priyo Utomo, M.S  
NIP. 195712271986031003

Malang, 3 Juni 2016

Kalab. UPT.Layanan Analisa &  
Pengukuran

Dra. Suwardhani, M.S  
NIP. 196802261992032001

## LANJUTAN LAMPIRAN 6



KEMENTERIAN RISET DAN TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
 FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA

Jl. Veteran - Malang 65145, Telp. (0341) 575838, 551611 - 551615, Pes.311, Fx (0341) 575839  
 Email : kimia\_ub@ub.ac.id, Website : http://kimia.ub.ac.id

### LAPORAN HASIL ANALISA

No: A.161/RT.5/T.1/R.0/TT.150803/2016

- Data Konsumen  
 Nama Konsumen : Tria Indah Rohmawati  
 Instansi : -  
 Alamat : MSP-FPIK-UB  
 Telepon : 085655142503  
 Status : Mahasiswa  
 Keperluan analisa : uji kualitas sampel Limbah Cair Tempe
- Sampling dilakukan : oleh konsumen
- Identifikasi sampel  
 Nama sampel : Limbah Cair Tempe  
 Wujud : cair  
 Warna : putih keruh  
 Bentuk : cair
- Prosedur analisa : dari lab. Lingkungan Jurusan Kimia FMIPA-Unibraw Malang
- Penyampaian laporan hasil analisa : diambil sendiri
- Tanggal terima sampel : 25 Mei 2016
- Data Hasil Analisa

Parameter	No	Kode	HasilAnalisa		MetodeAnalisa	
			Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
Orthofosfat	1	A12	6,59± 0.04	ppm	Ammonium molybdad	Spektrofotometri
	2	A22	6,65± 0.03			
	3	A32	6,40± 0.04			
	4	B12	5,60± 0.02			
	5	B22	5,35± 0.03			
	6	B32	4,98± 0.05			
	7	C12	5,42± 0.04			
	8	C22	6,13± 0.04			
	9	C32	5,66± 0.05			

Catatan:

- Hasil analisa ini adalah nilai rata-rata pengerjaan analisis
- Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat ini



Mengetahui:  
 Ketua,

DR. Edi Priyo Utomo, M.S  
 NIP. 195712271986031003

Malang, 3 Juni 2016

Kalab. UPT.Layanan Analisa &  
 Pengukuran

Dra. Suwardhani, M.S  
 NIP. 196802261992032001

## LANJUTAN LAMPIRAN 6



KEMENTERIAN RISET DAN TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA

Jl. Veteran - Malang 65145, Telp. (0341) 575838, 551611 - 551615, Pes.311, Fx (0341) 575839  
Email : kimia\_UB@ub.ac.id, Website : http://kimia.ub.ac.id

### LAPORAN HASIL ANALISA

No: A.161/RT.5/T.1/R.0/TT.150803/2016

- Data Konsumen  
Nama Konsumen : Tria Indah Rohmawati  
Instansi : -  
Alamat : MSP-FPIK-UB  
Telepon : 085655142503  
Status : Mahasiswa  
Keperluan analisa : uji kualitas sampel Limbah Cair Tempe
- Sampling dilakukan : oleh konsumen
- Identifikasi sampel  
Nama sampel : Limbah Cair Tempe  
Wujud : cair  
Warna : putih keruh  
Bentuk : cair
- Prosedur analisa : dari lab. Lingkungan Jurusan Kimia FMIPA-Unibraw Malang
- Penyampaian laporan hasil analisa : diambil sendiri
- Tanggal terima sampel : 27 Mei 2016
- Data HasilAnalisa

Parameter	No	Kode	HasilAnalisa		MetodeAnalisa	
			Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
Orthofosfat	1	A14	6,19± 0.04	ppm	Ammonium molybdat	Spektrofotometri
	2	A24	6,20± 0.03			
	3	A34	6,10± 0.05			
	4	B14	4,27± 0.04			
	5	B24	4,05± 0.03			
	6	B34	3,80± 0.03			
	7	C14	4,73± 0.03			
	8	C24	4,98± 0.02			
	9	C34	4,49± 0.04			

Catatan:

- Hasil analisa ini adalah nilai rata-rata pengerjaan analisis
- Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat ini



Diketahui:  
Ketua

DR. Edi Priyo Utomo, M.S  
NIP. 195712271986031003

Malang, 3 Juni 2016

Kalab. UPT.Layanan Analisa &  
Pengukuran

Dra. Suwardhani, M.S  
NIP. 196802261992032001

## LANJUTAN LAMPIRAN 6



KEMENTERIAN RISET DAN TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
 FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA

Jl. Veteran - Malang 65145, Telp. (0341) 575838, 551611 - 551615, Pes.311, Fx (0341) 575839  
 Email : kimia\_UB@ub.ac.id, Website : http://kimia.ub.ac.id

### LAPORAN HASIL ANALISA

No: A.161/RT.5/T.1/R.0/TT.150803/2016

1. Data Konsumen
  - Nama Konsumen : Tria Indah Rohmawati
  - Instansi : -
  - Alamat : MSP-FPIK-UB
  - Telepon : 085655142503
  - Status : Mahasiswa
  - Keperluan analisa : uji kualitas sampel Limbah Cair Tempe
2. Sampling dilakukan : oleh konsumen
3. Identifikasi sampel
  - Nama sampel : Limbah Cair Tempe
  - Wujud : cair
  - Warna : putih keruh
  - Bentuk : cair
4. Prosedur analisa : dari lab. Lingkungan Jurusan Kimia FMIPA-Unibraw Malang
5. Penyampaian laporan hasil analisa : diambil sendiri
6. Tanggal terima sampel : 29 Mei 2016
7. Data Hasil Analisa

Parameter	No	Kode	HasilAnalisa		MetodeAnalisa	
			Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
Orthofosfat	1	A16	5,66± 0.03	ppm	Ammonium molybdat	Spektrofotometri
	2	A26	5,70± 0.03			
	3	A36	5,35± 0.04			
	4	B16	2,56± 0.05			
	5	B26	2,10± 0.04			
	6	B36	1,88± 0.04			
	7	C16	3,03± 0.04			
	8	C26	3,28± 0.03			
	9	C36	2,41± 0.01			

Catatan:

1. Hasil analisa ini adalah nilai rata-rata pengerjaan analisis
2. Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat ini



Mengetahui:  
Ketua

DR. Edi Priyo Utomo, M.S  
 NIP. 195712271986031003

Malang, 3 Juni 2016

Kalab. UPT.Layanan Analisa &  
Pengukuran

Dra. Suwardhani, M.S  
 NIP. 196802261992032001

## LANJUTAN LAMPIRAN 6



KEMENTERIAN RISET DAN TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
 FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA

Jl. Veteran - Malang 65145, Telp. (0341) 575838, 551611 - 551615, Pes.311, Fx (0341) 575839  
 Email : kimia\_UB@ub.ac.id, Website : http://kimia.ub.ac.id

### LAPORAN HASIL ANALISA

No: A.161/RT.5/T.1/R.0/TT.150803/2016

- Data Konsumen
  - Nama Konsumen : Tria Indah Rohmawati
  - Instansi : -
  - Alamat : MSP-FPIK-UB
  - Telepon : 085655142503
  - Status : Mahasiswa
  - Keperluan analisa : uji kualitas sampel Limbah Cair Tempe
- Sampling dilakukan : oleh konsumen
- Identifikasi sampel
  - Nama sampel : Limbah Cair Tempe
  - Wujud : cair
  - Warna : putih keruh
  - Bentuk : cair
- Prosedur analisa : dari lab. Lingkungan Jurusan Kimia FMIPA-Unibraw Malang
- Penyampaian laporan hasil analisa : diambil sendiri
- Tanggal terima sampel : 31 Mei 2016
- Data Hasil Analisa

Parameter	No	Kode	Hasil Analisa		Metode Analisa	
			Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
Orthofosfat	1	A18	5,11± 0.02	ppm	Ammonium molybdat	Spektrofotometri
	2	A28	5,25± 0.01			
	3	A38	5,05± 0.03			
	4	B18	1,48± 0.03			
	5	B28	1,20± 0.04			
	6	B38	1,70± 0.04			
	7	C18	2,25± 0.02			
	8	C28	1,57± 0.03			
	9	C38	1,79± 0.02			

Catatan:

- Hasil analisa ini adalah nilai rata-rata pengerjaan analisis
- Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terimadengan kondisi sampel saat ini



Mengetahui:  
 Ketua,  
 DR. Edi Priyo Utomo, M.S  
 NIP. 195712271986031003

Malang, 3 Juni 2016

Kalab. UPT.Layanan Analisa &  
 Pengukuran

Dra. Suwardhani, M.S  
 NIP. 196802261992032001