



TUGAS AKHIR – RE 141851

**DEKONSENTRASI TIMBAL DALAM LINDI OLEH
TANAMAN KENAF (*Hibiscus cannabinus* L.)**

ALFIYATUR ROHMAH

NRP 3311 100 702

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MscES.,

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2015



FINAL PROJECT – RE 141851

**DE-CONCENTRATION OF LEAD IN THE LEACHETE BY
KENAF PLANT (*Hibiscus cannabinus* L.)**

ALFIYATUR ROHMAH

NRP 3311 100 702

SUPERVISOR

Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MscES.,

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Faculty Of Civil Engineering And Planning

Sepuluh Nopember Institute Of Technology

Surabaya

2015

LEMBAR PENGESAHAN

DEKONSENTRASI TIMBAL DALAM LINDI OLEH TANAMAN KENAF (*Hibiscus cannabinus* L.)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ALFIYATUR ROHMAH

NRP. 3311100702

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:


Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES
NIP. 19540824 198403 1 001



DEKONSENTRASI TIMBAL DALAM LINDI OLEH TANAMAN KENAF (*Hibiscus cannabinus* L.)

Nama Mahasiswa : Alfiyatur Rohmah
NRP : 3311100702
Jurusan : Teknik Lingkungan ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Sarwoko M., MScES

Abstrak

Lindi merupakan cairan yang meresap melalui tumpukan sampah. Cairan yang terbentuk dalam timbunan sampah akan melarutkan senyawa-senyawa yang ada, sehingga memiliki kandungan pencemar salah satunya adalah logam berat berupa timbal (Pb). Salah satu teknik pengolahan lindi yang dapat digunakan adalah Fitoremediasi menggunakan tanaman, tanaman yang digunakan adalah tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.). Tanaman Kenaf memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap iklim, tanah dan toleran terhadap bahan pencemar. Tanaman yang digunakan pada penelitian ini adalah Kenaf varietas KR12 dan KR15 dengan usia tanaman 30 dan 45 hari. Parameter yang diuji adalah konsentrasi logam berat Pb, pH, suhu, tinggi tanaman, dan berat kering tanaman.

Pada penelitian ini dilakukan pemaparan tanaman kenaf menggunakan lindi asli dan lindi artifisial. Hal ini dilakukan untuk mengetahui respon spesifik Kenaf terhadap paparan timbal mematkan. Serta Efisiensi dekonsentrasi varietas Kenaf untuk dekosentrasi timbal pada lindi asli dan lindi artifisial. Penentuan kadar timbal dilakukan pada tanaman, media tanah, dan sampel lindi menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS).

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa Tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) mengalami tahap kematian pada paparan konsentrasi timbal (Pb) sebesar 1000 ppm dalam kurun waktu 7 hari. Kematian ditandai dengan respons spesifik berupa daun menguning dan layu secara keseluruhan baik di batang maupun daun. Efisiensi dekonsentrasi timbal tertinggi pada lindi asli maupun lindi artifisial terdapat pada tanaman Kenaf varietas KR15 dengan usia 45 hari yaitu sebesar 50% dan 72% untuk masing-masing jenis larutan.

Kata Kunci : dekonsentrasi, kenaf, lindi, timbal

“Halaman Sengaja dikosongkan”

DE-CONCENTRATION OF LEAD IN THE LEACHETE BY KENAF PLANT (*Hibiscus cannabinus* L.)

Name of Student : Alfiyatur Rohmah
NRP : 3311100702
Study Programme : Teknik Lingkungan ITS
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Sarwoko M., MScES

Abstract

Leachate is a liquid that seeped through the pile of garbage. Fluid formed in landfill waste will dissolve the compounds of the waste it self, so that the fluid will contain pollutants. One of them is the heavy metal, lead (Pb). Phytoremediation is one of the leachate treatment technique with plant as the phytoremediator. This study uses Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) as the phytoremediator. Kenaf has good adaptability to the climate and soil, and tolerance to contaminants. The varieties of Kenaf used in this study are KR12 and KR15 with plant age 30 and 45 days. Parameter tat had been tested in this research are the concentration of lead, pH, temperature, height of plants, dry weight of plants.

In this study, Kenaf is exposed by original and artificial leachate to determine the specific response of Kenaf against deadly lead exposure and the efficiency of Kenaf varieties deconcentration to deconcentrate the lead of the leachates. Lead content is measured on plants, soil media, and leachate samples using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS).

The study shows that Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L) deads under the exposure of lead (Pb) 1000 ppm over 7 days. The death is characterized by specific responses, those are the leaves yellowing and whole parts of plant wilting. Lead deconcentration highest efficiency on the original and artificial leachate found in the use of Kenaf KR15 with the age of 45 days with the amount of 50% and 72% for each type of solution.

Keywords: de-concentration, kenaf, leachete, lead

“Halaman Sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin. Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga naskah Tugas Akhir yang berjudul "**Dekonsentrasi Timbal dalam Lindi oleh Tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus L.*)**" dapat diselesaikan dengan baik. Tulisan ini tidak akan terwujud dengan baik tanpa bantuan, dukungan dan dorongan dari semua pihak. Untuk itu penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MscES., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan pengarahannya dan bimbingan selama proses penyusunan naskah Tugas Akhir ini.
2. Ir. Eddy Setiadi Sodjono, Dipl.SE, MSc. PhD, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITS atas fasilitas yang telah diberikan hingga naskah Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
3. Bieby Vojjant Tangahu, S.T.,M.T.,Ph.D., Harmin Sulistiyaning Titah S.T.,M.T.,Ph.D., dan Ipung Fitri Purwanti S.T.,M.T.,Ph.D., selaku dosen penguji yang telah membantu penyelesaian perbaikan naskah Tugas Akhir.
4. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc., Ph.D., selaku Kepala Laboratorium Pemulihan Air dan segenap staff Laboratorium Sanitasi dan Fitoteknologi Lingkungan yang telah membantu secara administrasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Alfian Purnomo, ST., MT., selaku dosen wali yang selalu memberi masukan dan nasehat yang sangat bermanfaat.
6. Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom., M.Kom., Dr. Darmaji, S.Si., ST., dan Ir. Muti'ah Salamah, M.Kes., selaku pembina dari Mahasiswa PBSB dan Direktorat Pendidikan Diniyah dan Pondok Pesantren Kementerian Agama Republik Indonesia yang telah memberi dukungan motivasi dan finansial melalui beasiswa PBSB 2011-2015.

7. Ir. Untung Setyo Budi, MP., selaku Peneliti BALITTAS atas bantuan dan bimbingan selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
8. Kedua Orang Tua, Mas Redy, Mas Wanto, Mbak Naha, dan Shafira yang selalu memberi semangat, dukungan dan doa.
9. Nani' Lathifatun Nada, sahabat seperjuangan yang tanpa lelah memberi bantuan, semangat, dan motivasi luar biasa.
10. Rifdy Fachry, atas waktu dan bantuannya.
11. Putri Windriya Sitoresmi, Dewi Qurrota A'yun, Reysha Sibarani, Fildzah Raudlina M., dan Sahabat LASILFI lainnya atas kerjasama serta suka duka dalam pengerjaan Tugas Akhir ini
12. Dindza Kamala, Liziyatin Nasihah, Anik Fathimatuz Zahro, Mariatul Ilmiyah, Wahyuni Lestari, Churroh Childa Mafaza, Khusnul Khotimah, Dian Fitriani, Auliya Rahmah, Marsida, dan sahabat CSSMoRA 2011 lainnya yang tanpa lelah memberikan doa dan semangat.
13. Teman-teman mahasiswa Teknik Lingkungan 2011 yang selalu membantu, memberikan doa dan dukungannya.
14. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, dengan tanpa mengurangi rasa terimakasih penulis.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan naskah Tugas Akhir ini tidak lepas dari kekurangan, oleh karena itu penulis terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun. Semoga Tugas Akhir ini memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Lindi	5
2.1.1 Pengertian lindi	5
2.1.2 Karakteristik dan parameter lindi	5
2.1.3 Dampak lindi	7
2.2 Definisi dan Dampak Timbal (Pb)	8
2.2.1 Pengertian timbal (Pb).....	8
2.2.2 Dampak timbal (Pb)	10
2.3 Definisi dan Mekanisme Fitoremediasi	11
2.3.1 Pengertian fitoremediasi	11
2.3.2 Keunggulan fitoremediasi	13
2.3.3 Mekanisme penyerapan logam berat oleh tumbuhan	14
2.4 Tanaman Kenaf (<i>Hibiscus cannabinus</i> L)	16

2.4.1	Tanaman Kenaf varietas Karang Ploso 15	18
2.4.2	Tanaman Kenaf varietas Karang Ploso 12	18
2.4.3	pH atau konsentrasi ion hidrogen	20
2.4.4	Suhu bagi tanaman	21
BAB III	METODE PENELITIAN	23
3.1	Gambaran Umum	23
3.2	Kerangka Penelitian	23
3.3	Langkah Penelitian	23
3.3.1	Studi literatur	25
3.3.2	Ide penelitian	26
3.3.3	Persiapan alat dan bahan	26
3.3.4	Variabel dan parameter penelitian	28
3.3.5	Penelitian pendahuluan	29
3.3.6	<i>Range Finding Test</i> (RFT)	30
3.3.7	Uji Fitoremediasi	30
3.3.8	Analisis data dan pembahasan	32
3.3.9	Kesimpulan dan Saran	32
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1	Penelitian Pendahuluan	33
4.1.1	Aklimatisasi tanaman kenaf	33
4.1.2	Uji pendahuluan lindi TPA Ngipik	39
4.2	<i>Range Finding Test</i> (RFT)	26
4.2.1	<i>Range Finding Test</i> (RFT) tahap I.....	40
4.2.2	<i>Range Finding Test</i> (RFT) tahap II	41
4.3	Uji Fitoremediasi	44
4.3.1	Efisiensi penurunan timbal (Pb)	45
4.3.1.1	Analisis timbal pada larutan	45
4.3.1.2	Analisis timbal pada tanaman dan tanah	48
4.3.2	Analisis fisik tanaman	51
4.3.2.1	Tinggi tanaman	51

4.3.2.2	Jumlah daun	54
4.3.3	Analisis suhu	56
4.3.4	Analisis pH	57
4.3.5	Analisis berat basah dan berat kering tanaman .	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		63
5.1	Simpulan	63
5.2	Saran	63

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT PENULIS

“Halaman Sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Lindi	6
Tabel 2.2 Parameter Lindi	6
Tabel 4.1 Hasil Analisis Respon Spesifik Tanaman Kenaf terhadap Paparan Timbal 1000 ppm	41
Tabel 4.2 <i>Mass Balance</i> Timbal dalam Reaktor	49

“Halaman Sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tanaman Kenaf.....	16
Gambar 2.2 Tanaman Kenaf KR15	19
Gambar 2.3 Tanaman Kenaf KR12	20
Gambar 3.1 Kerangka Metode Penelitian	21
Gambar 3.2 Reaktor Uji Fitoremediasi Tampak Atas	27
Gambar 3.2 Reaktor Uji Fitoremediasi Tampak Samping	28
Gambar 4.1 BALITTAS tampak depan	33
Gambar 4.2 Biji Tanaman Tanaman Kenaf	34
Gambar 4.3 Proses Pembibitan Tanaman Kenaf	34
Gambar 4.4 Perkecambahn Tanaman Kenaf	35
Gambar 4.5 Tanaman Kenaf setelah Dipindahkan dan Ditumbuhkan secara Individu.....	35
Gambar 4.6 Pertumbuhan Tinggi Tanaman Kenaf	37
Gambar 4.7 Bentuk Daun Tanaman Kenaf.....	37
Gambar 4.8 Pertumbuhan Jumlah Daun Tanaman Kenaf	38
Gambar 4.9 Proses Pengambilan Lindi di TPA Ngipik	39
Gambar 4.10 Uji <i>Tahap Range Finding Test I</i>	40
Gambar 4.11 Hari ke-1 Uji Toksitas Tanaman Kenaf	41
Gambar 4.12 Hari ke-2 Uji Toksitas Tanaman Kenaf	42
Gambar 4.13 Hari ke-3 Uji Toksitas Tanaman Kenaf	42
Gambar 4.14 Hari ke-4 Uji Toksitas Tanaman Kenaf	42
Gambar 4.15 Hari ke-5 Uji Toksitas Tanaman Kenaf	43
Gambar 4.16 Hari ke-6 Uji Toksitas Tanaman Kenaf	43
Gambar 4.17 Hari ke-7 Uji Toksitas Tanaman Kenaf	43
Gambar4.18 Respon Spesifik Tanaman Kenaf terhadap Paparasi Timbal 1000 ppm	44
Gambar 4.19 Reaktor Uji Fitoremediasi	46
Gambar 4.20 Removal Timbal pada Lindi Asli	47
Gambar 4.21 Removal Timbal pada Lindi Artifisial	47
Gambar 4.22 Konsentrasi Timbal pada Tanaman Kenaf dan Media Tanah yang Terpapar Lindi Asli	50
Gambar 4.23 Konsentrasi Timbal pada Tanaman Kenaf dan Media Tanah yang Terpapar Lindi Asli	50
Gambar 4.24 Proses Pengukuran Tinggi Tanaman Kenaf	53
Gambar4.25 Pertumbuhan Tinggi Tanaman Kenaf Terpapar Lindi Asli	53
Gambar4.26 Tahap Penghitungan Jumlah Daun Tanaman Kenaf.....	54

Gambar4.27	Pertumbuhan Jumlah Daun Tanaman Kenaf Terpapar Lindi Asli	55
Gambar 4.28	Pertumbuhan Jumlah Daun Tanaman Kenaf Terpapar Lindi Asli	55
Gambar 4.29	Data Suhu pada Reaktor	57
Gambar 4.30	Data pH pada Lindi Asli	58
Gambar 4.31	Data pH pada Lindi Artifisial	59
Gambar 4.33	Data Berat Basah Tanaman Kenaf	61
Gambar 4.34	Data Berat Kering Tanaman Kenaf	61

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tempat pembuangan akhir sampah (TPA) memiliki fungsi yang sangat penting, yaitu sebagai pengolahan akhir sampah, baik sampah yang akan didaur ulang sebagai kompos maupun sampah yang ditimbun setelah disortir oleh pemulung. Sampah yang ditimbun pada TPA menyebabkan timbulnya proses dekomposisi alamiah yang berakibat pada terjadinya perubahan fisik, kimia dan biologis secara simultan. Salah satu hasil dekomposisi sampah tersebut adalah *leachate* (Lindi). Lindi adalah cairan yang meresap melalui tumpukan sampah (Tchobanoglous et al., 1993). Cairan yang terbentuk dalam timbunan sampah akan melarutkan senyawa-senyawa yang ada, sehingga memiliki kandungan pencemar. Menurut Hartati (2007), secara umum lindi dari tanah urug sampah kota mengandung zat organik dan anorganik dengan konsentrasi tinggi terutama timbunan sampah yang masih baru. Karakteristik lindi mengandung berbagai pencemar dengan konsentrasi tinggi berturut-turut lebih dari 1800, 350, 1.4, 65, 1900, dan 3800 mg/L masing-masing untuk parameter total dissolved solids (TDS), suspended solids (SS), sulfide (S), ammonia (NH₄-N), BOD dan COD (Sarudji, 2007). Lindi juga mengandung logam seperti Kadmium (Cd), Kromium (Cr), Timbal (Pb), Merkuri (Hg), Zink (Zn), dan Ferrum (Fe) dengan variasi konsentrasi (Rowe, 1995). Apabila tidak dikelola dengan baik, lindi akan mencemari tanah dan badan air di sekitar area pembuangan sampah.

Salah satu bahan pencemar dalam lindi yang berdampak serius bagi lingkungan dan kesehatan manusia adalah timbal (Pb). Pada penelitian terdahulu didapatkan hasil analisis kimia yang menunjukkan nilai untuk kandungan Pb pada limbah lindi adalah 2.2923 ppm, sedangkan kadar Pb ambang batas yang ditentukan oleh WHO dan FAO adalah 2 ppm (Nursal, 2005). Berdasarkan penelitian tersebut, kandungan Timbal dalam lindi TPA telah melebihi ambang batas Baku Mutu yang ditetapkan, sehingga diperlukan sebuah teknik pengelolaan lindi yang mudah dan efisien dalam mengurangi kandungan Pb tersebut.

Salah satu teknik pengolahan lindi yang dapat digunakan adalah Fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan teknik pemulihan lahan tercemar dengan menggunakan tanaman untuk menyerap, mendegradasi, mentransformasi dan mengimobilisasi bahan pencemar, baik itu berupa logam berat maupun senyawa organik (Schnoor and McCutcheon, 2003). Secara umum kebanyakan tanaman sensitive terhadap logam berat, maka dibutuhkan penelitian lebih lanjut terhadap respons spesifik suatu tanaman atas pencemar misalnya pada anatomi maupun morfologi tanaman tersebut secara biokimia maupun fisiologis. Sehingga nantinya akan dihasilkan bioindikator, yaitu komponen biotik (mahluk hidup) yang dijadikan sebagai indikator untuk pencemar logam berat berupa timbal (Soertiningsih, 2010).

Pada penelitian ini tanaman yang digunakan dalam proses fitoremediasi adalah tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.). Kenaf memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap iklim dan tanah. Tanaman ini toleran terhadap garam, tetapi sensitif terhadap hilangnya air. Pada penelitian terdahulu didapatkan hasil bahwa tanaman Kenaf toleran terhadap bahan pencemar (Carlson, 1982). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa tanaman Kenaf dapat meremediasi lahan tanaman padi yang mengandung kadmium (Kurihara, 2005). Penelitian terbaru Samudro dan Mangkoedihardjo (2014) juga menunjukkan bahwa tanaman Kenaf mampu mereduksi bahan organik dan logam berat.

Tanaman Kenaf diambil dari Balai Tanaman Serat dan Pemanis (BALITTAS) Malang berupa biji. BALITTAS merupakan balai yang melakukan beberapa kegiatan penelitian (genetika, morfologi, fisiologi, ekologi, entomologi, dan pitofatologi), pembenihan dan menghasilkan teknologi yang berkaitan dengan tanaman tembakau, serat dan minyak industri. Balai ini memiliki berbagai varietas tanaman Kenaf dalam rangka usaha meningkatkan produksinya yaitu antara lain, Karang Ploso 2 (KR2) Karang Ploso 3 (KR3), Karang Ploso 4 (KR4), Karang Ploso 5 (KR5), Karang Ploso 6 (KR6), Karang Ploso 7 (KR7), Karang Ploso 8 (KR8), Karang Ploso 9 (KR9), Karang Ploso 10 (KR10), Karang Ploso 11 (KR11), Karang Ploso 12 (KR12), Karang Ploso 13 (KR13), Karang Ploso 14 (KR14), dan Karang Ploso 15 (KR15) . Varietas - varietas tersebut adalah hasil

pemurnian introduksi dari vietnam (Hc 48) dan memiliki kelebihan dalam ketahanan terhadap tanah yang kurang produktif serta tahan dalam genangan air. Dalam penelitian ini digunakan tanaman Kenaf varietas KR12 dan KR15, hal tersebut dikarenakan dua tanaman ini merupakan dua varietas terbaru yang dimiliki oleh BALITTAS yang tentunya akan memiliki kelebihan yang lebih banyak dibandingkan varietas yang dikembangkan sebelumnya (SK Menteri Pertanian, 1995).

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan analisis mengenai Efisiensi dekonsentrasi timbal oleh varietas Kenaf KR12 dan KR15 dalam lindi asli dan lindi artifisial, serta respon spesifik Kenaf terhadap paparan timbal memetakan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif pengolahan lindi di TPA mudah, murah, dan ramah lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan Masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Respon spesifik Kenaf terhadap paparan timbal memetakan
2. Efisiensi dekonsentrasi varietas Kenaf untuk dekonsentrasi timbal pada lindi asli dan lindi artifisial

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan bioindikator dari pencemar timbal
2. Menetapkan efisiensi varietas Kenaf untuk dekonsentrasi timbal pada lindi asli dan lindi artifisial

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Didapatkan informasi tentang kemampuan tanaman Kenaf dalam menurunkan konsentrasi logam berat Pb lindi di TPA.
2. Didapatkan informasi tentang kemampuan varietas Kenaf yang paling efektif dalam menurunkan konsentrasi logam berat Pb lindi di TPA
3. Merekomendasikan salah satu metode pengolahan lindi di TPA yang mudah dan murah, serta ramah lingkungan.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup memiliki tujuan untuk membatasi masalah yang akan dibahas pada penelitian ini. Tugas akhir ini memiliki ruang lingkup penelitian sebagai berikut :

1. Lokasi pengambilan lindi adalah di TPA Ngipik yang berlokasi di Desa Ngipik Kecamatan Gresik Kabupaten Gresik Jawa Timur.
2. Tanaman yang akan digunakan sebagai tanaman uji adalah Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) dengan varietas KR12 dan KR15 yang diambil dari Balai Tanaman Pemanis dan Serat (BALITTAS) Malang.
3. Tanaman dikembangkan melalui biji
4. Fitoremediasi dilakukan selama 30 hari, dengan pengamatan parameter sekali dalam 6 hari
5. Variabel yang digunakan adalah variasi dari jenis varietas tanaman Kenaf (KR12 dan KR15) dan variasi umur tanaman Kenaf (30 hari dan 45 hari)
6. Larutan limbah yang akan digunakan adalah larutan lindi asli dan larutan lindi artifisial
7. Parameter yang akan diuji adalah :
 - Konsentrasi timbal (Pb) pada lindi, tanah, dan tanaman
 - pH
 - Suhu
 - Tinggi tanaman, dan jumlah daun
 - Berat basah dan berat kering tanaman
8. Penelitian dilakukan dengan menggunakan analisis statistik Annova (*Analysis of Variance*) menggunakan software SPSS 16.0 (*Stastical Product and Service Solution*).

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Lindi

2.1.1 Pengertian lindi

Lindi merupakan air yang terbentuk dalam timbunan sampah dan melarutkan banyak senyawa yang ada sehingga memiliki kandungan pencemar khususnya zat organik yang sangat tinggi. Lindi sangat berpotensi menyebabkan pencemaran air, baik air tanah maupun permukaan sehingga perlu ditangani dengan baik. Lindi terbentuk karena air eksternal yang berinfiltrasi ke dalam timbunan sampah, misalnya dari air permukaan, air hujan, air tanah dan sumber lain. Cairan tersebut kemudian mengisi rongga-rongga pada sampah, dan bila kapasitasnya telah melampaui kapasitas tekanan air sampah, maka cairan tersebut akan keluar dan mengekstraksi bahan organik dan anorganik hasil proses fisika, kimia, dan biologis pada sampah (Tchobanoglous et al, 1993).

Sedangkan menurut Hartati (2007), lindi merupakan limbah cair yang timbul akibat masuknya air eksternal kedalam timbunan sampah dan melarutkan serta membilas materi-materi terlarut termasuk materi organik hasil dekomposisi. Lindi adalah air limbah yang dihasilkan dari limbah proses dekomposisi, sehingga lindi mengandung berbagai macam zat buangan (Mangkoedihardjo S, dan Samudro G, 2009).

2.1.2 Karakteristik dan parameter lindi

Karakteristik lindi sangat bervariasi tergantung proses pembentukannya. Dimana prosesnya dipengaruhi oleh karakteristik sampah (organik – anorganik), kelarutan (mudah tidaknya penguraian), kondisi tumpukan sampah seperti suhu, pH, kelembapan, dan umur. Selain itu karakteristik lindi dipengaruhi oleh umur landfill. Landfill yang berumur kurang dari 2 tahun memiliki karakteristik lindi yang berbeda dengan karakteristik lindi pada *landfill* umur lebih dari 10 tahun (Tabel 2.1). Menurut Tchobanoglous et al, (1993), parameter lindi dikelompokkan menjadi fisika, kimia, organik, anorganik, dan biologi (Tabel 2.2)

Tabel 2.1 Karakteristik Lindi

Komposisi	Mg/l		
	Landfill baru (kurang dari 2 tahun)		Landfill lebih dari 10 tahun
	Rentang	Tipikal	
BOD₅	2000 – 30.000	10.0000	100 – 200
TOC	1.500 – 20.000	6.000	80 – 160
COD	3000 – 60.000	18.000	100 – 500
TSS	200 – 2000	500	100 – 400
Nitrogen Organik	10 – 800	200	80 – 120
Ammoniak Nitrogen	10 – 800	200	20 -40
Nitrat	5 – 40	25	5 – 10
Total Phospor	5 – 100	30	5 – 10
Orto Phosfor	5 – 100	30	5 -10
Alkali sebagai CaCO₃	1000 – 10000	3.000	200 - 1000
PH	4,5 – 7,5	6	6,6 – 7,5
Total Hardness sebagai CaCO₃	300 – 10000	3.500	200 – 500
Kalsium	200 – 3000	1000	100 – 400
Magnesium	50 – 1500	250	50 – 200
Potasium	200 – 2500	500	50 – 400
Sodium	200 – 2500	500	100 – 200
Klorida	200 – 3000	500	100 – 400
Sulfat	50 – 1000	300	20 – 50
Total Besi	50 – 1200	60	20– 200

(Tchobanoglous et al, 1993)

Tabel 2.1 Parameter Lindi

Fisik	Unsur Organik	Unsur Anorganik	Biologi
pH	BOD	Klorida	BOD
Potensial Rodok	TOC	Sulfat	Coliform
Konduktifitas Listrik	Fenol	Posfat	Total Plate Count

Lanjutan tabel 2.2

Fisik	Unsur Organik	Unsur Anorganik	Biologi
Listrik			
Warna	Volatil acid	Nitrin – N	
	Tannin, Lignin	Nitrin – N	
	Ethet Soluble	Amonia – N	
	M13AS (Methyliene Blue Active Substrat)	Sodium	
	Klorin	Potassium	
	Hidrocarbon	Kalsium	
	Bahan Organik lain	Magnesium	
		Kesadahan	
		Heavy Metals (Pb, Cu, Ni, Cr, Zn, Cd, Fe, Mn, Hg, Ba, Ag)	
		Arsen	
		Sianida	
		Florida	
		Volatil SS	
		SS, TDS	

(Tchobanoglous et al, 1993)

Komposisi sampah akan mempengaruhi komposisi dan volume lindi. Komposisi sampah tergantung pada budaya, ekonomi, musim, kondisi geo, jenis makanan, dan ketersediaan kegiatan pengolahan sampah (Mahui, 2011). Faktor – faktor yang mempengaruhi komposisi lindi adalah :

1. Tipe material sampah yang dibuang ke TPA
2. Kondisi TPA meliputi PH, temperatur, kelembapan, umur TPA, dan iklim
3. Karakteristik presipitasi yang memasuki TPA

2.1.3 Dampak lindi

Menurut, A.Y (2006) Lindi atau air lindi merupakan penyebab utama pencemaran air di sekitar lokasi TPA, baik air bawah tanah maupun air permukaan. Pencemaran terjadi karena lindi bisa masuk dan mengalir masuk melalui pori-pori tanah

dalam jumlah atau konsentrasi yang berlebihan. Lindi dapat bersifat mencemari dan mengganggu keseimbangan proses daur ulang alami jika komponen-komponen yang terkandung di dalamnya baik senyawa-senyawa organik maupun anorganik melebihi daya dukung atau kemampuan dari badan air untuk menguraikannya.

Apabila terdapat sumber air di sekitar TPA yang tercemar lindi, secara langsung maupun tidak langsung akan mengganggu kesehatan lingkungan dan keseimbangan ekosistem lingkungan perairan tersebut. Hal ini perlu diantisipasi agar kualitas air tetap terjaga, sebab air merupakan kebutuhan pokok manumur dalam menjalani kehidupan sehari-hari.

2.2 Definisi dan Dampak Timbal (Pb)

2.2.1 Pengertian timbal (Pb)

Ardyanto (2005) menyatakan, Timbal atau yang kita kenal sehari-hari dengan timah hitam dan dalam bahasa ilmiahnya dikenal dengan kata Plumbum dan logam ini disimbolkan dengan Pb. Logam ini termasuk ke dalam kelompok logam-logam golongan IV–A pada tabel Periodik unsur kimia. Mempunyai nomor atom (NA) 82 dengan bobot atau berat (BA) 207,2 adalah suatu logam berat berwarna kelabu kebiruan dan lunak dengan titik leleh 327 0C dan titik didih 1.6200C. Pb menguap dan bereaksi dengan Oksigen (O₂) dalam udara membentuk Timbal Oksida pada suhu 550-6000C. Bentuk oksidasi yang paling umum adalah timbal (II). Walaupun bersifat lunak dan lentur, Pb sangat rapuh dan mengkerut pada pendinginan, sulit larut dalam air dingin, air panas dan air asam. Timah hitam dapat larut dalam asam nitrit, asam asetat dan asam sulfat pekat (Palar, 2008).

Penyebaran logam timbal di bumi sangat sedikit. Jumlah timbal yang terdapat diseluruh lapisan bumi hanyalah 0,0002 % dari jumlah seluruh kerak bumi. Jumlah ini sangat sedikit jika dibandingkan dengan jumlah kandungan logam berat lainnya yang ada di bumi (Palar, 2008). Selain dalam bentuk logam murni, timbal dapat ditemukan dalam bentuk senyawa inorganik dan organik. Semua bentuk timbal (Pb) tersebut berpengaruh sama terhadap toksisitas pada manumur (Darmono, 2001).

Timbal adalah logam lunak kebiruan atau kelabu keperakan yang lazim terdapat dalam kandungan endapan sulfid

yang tercampur mineral-mineral lain terutama seng dan tembaga. Penggunaan Pb terbesar adalah dalam industri baterai kendaraan bermotor seperti timbal metalik dan komponen-komponennya. Timbal digunakan pada bensin untuk kendaraan, cat dan pestisida. Pencemaran Pb dapat terjadi di udara, air, maupun tanah. Pencemaran Pb merupakan masalah utama, tanah dan debu sekitar jalan raya pada umumnya telah tercemar bensin bertimbal selama bertahun-tahun (Sunu, 2001).

Sifat-sifat khusus logam timbal, yaitu :

Sifat Fisika antara lain:

- Fasa pada suhu kamar : padatan
- Densitas : 11,34 g/cm³
- Titik leleh : 327,5 0C
- Titik didih : 17490C
- Panas Fusi : 4,77 kJ/mol
- Panas Penguapan : 179,5 kJ/mol
- Kalor jenis : 26,650 J/molK

Sedangkan untuk sifat fisika adalah sebagai berikut:

- Bilangan oksidasi : 4,2,-4
- Elektronegatifitas : 2,33 (skala pauli)
- Energi ionisasi 1 : 715,6 kJ/mol
- Energi ionisasi 2 : 1450,5 kJ/mol
- Energi ionisasi 3 : 3081,5 kJ/mol
- Jari-jari atom : 175 pm
- Radius ikatan kovalen : 146 pm
- Jari-jari Van Der Waals : 202 pm
- Struktur Krista I : kubik berpusat muka
- Sifat kemagnetan : diamagnetik
- Resistifitas termal : 208 nohm.m

Timbal sebagian besar diakumulasi oleh organ tanaman, yaitu daun, batang dan akar, dan akar umbi-umbian (bawang merah). Perpindahan Pb dari tanah ke tanaman tergantung komposisi dan pH tanah, serta KTK. Konsentrasi timbal yang tertinggi (100-1000 mg/kg) akan mengakibatkan pengaruh toksik pada proses fotosintesa dan pertumbuhan. Timbal hanya mempengaruhi tanaman bila konsentrasi tinggi. Tanaman dapat menyerap logam Pb pada saat kondisi kesuburan tanah, kandungan bahan organik, serta KTK tanah rendah. Pada keadaan ini logam berat Pb akan terlepas dari

ikatan tanah dan berupa ion yang bergerak bebas pada larutan tanah. Jika logam lain tidak mampu menghambat keberadaannya, maka akan terjadi serapan Pb oleh akar tanaman (Charlena, 2004).

2.2.2 Dampak timbal (Pb)

Timbal adalah racun bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat global. Penyebab terjadinya keracunan timbal bersifat lokal, bervariasi dalam komunitas dan negara yang berbeda. Penelitian menunjukkan bahwa timbal yang banyak terserap oleh anak, walaupun dalam jumlah kecil, dapat menyebabkan gangguan pada fase awal pertumbuhan fisik dan mental yang kemudian berakibat pada fungsi kecerdasan dan kemampuan akademik. Dalam jangka lama Pb terakumulasi pada gigi, gusi dan tulang. Jika konsentrasi Pb meningkat, akan terjadi anemia dan kerusakan fungsi otak serta kegagalan fungsi ginjal (Sunu, 2001).

Timbal (Pb) merupakan logam yang bersifat neurotoksin yang dapat masuk dan terakumulasi dalam tubuh manusia ataupun hewan, sehingga bahayanya terhadap tubuh semakin meningkat (Lu, 1995). Menurut Underwood dan Suttle (1999), Pb biasanya dianggap sebagai racun yang bersifat akumulatif dan akumulasinya tergantung levelnya.

Timbal (Pb) tidak larut dalam air, akan tetapi larut dalam cairan saluran pencernaan. Timah yang diserap dalam saluran pencernaan, terutama disimpan dalam hati dan ginjal. Bila konsumsi Pb meningkat, maka akan terakumulasi dalam hati, ginjal, tulang dan rambut (Dinius et al., 1973). Pada manusia, Pb dapat terakumulasi dalam rambut sesuai pernyataan Saeni (1997) yang menyatakan bahwa jumlah logam dalam rambut berkorelasi dengan jumlah logam yang diabsorpsi oleh tubuh, karena rambut banyak mengandung protein struktural yang tersusun dari asam-asam amino sistein yang mengandung gugus sulfhidril (-SH) dan sistein dengan ikatan disulfida (-S-S-). Gugus tersebut mampu mengikat logam berat yang masuk ke dalam tubuh dan terikat di dalam rambut. Mengingat senyawa sulfida mudah terikat dengan logam berat, maka bila Pb masuk ke dalam tubuh, maka akan terikat oleh senyawa sulfida dalam rambut (Huyser, 1997).

Bila logam berat timbal masuk ke dalam tubuh manusia, maka logam berat tersebut akan diakumulasi dalam jaringan tubuh dan tidak bisa diekskresikan lagi ke luar tubuh. Pada kadar yang sudah tinggi dalam tubuh manusia, akan menyebabkan dampak negatif yang serius, yakni :

- Menghambat aktivitas enzim sehingga proses metabolisme terganggu,
- Menyebabkan abnormalitas kromosom (gen),
- Menghambat perkembangan janin,
- Menurunkan fertilitas wanita,
- Menghambat spermatogenesis,
- Mengurangi konduksi syaraf tepi,
- Menghambat pembentukan hemoglobin,
- Menyebabkan kerusakan ginjal,
- Menyebabkan kekurangan darah atau (anemia),
- Pembengkakan kepala (encefalopati), dan
- Menyebabkan gangguan emosional dan tingkah laku (Palar, 2008).

2.3 Definisi dan Mekanisme Fitoremediasi

2.3.1 Pengertian fitoremediasi

Fitoremediasi adalah penggunaan tanaman, termasuk pohon-pohonan, rumput-rumputan, dan tanaman air, untuk menghilangkan atau memecahkan bahan-bahan berbahaya baik organik maupun anorganik dari lingkungan (Suryati, 2003). Pembersihan polutan dengan cara konvensional memerlukan biaya yang besar. Maka untuk mengatasi permasalahan tersebut dalam satu dekade terakhir ini telah dikembangkan teknologi alternatif yang dikenal sebagai fitoremediasi. Teknik ini telah dibuktikan mudah diaplikasikan disamping menawarkan biaya yang lebih murah dibandingkan metode berbasis rekayasa seperti pencucian ataupun pengeringan.

Fitoremediasi merupakan teknologi remediasi yang menawarkan biaya paling rendah. Bila dibandingkan biaya metode berbasis rekayasa dengan fitoremediasi untuk pembersihan logam berat dan radioaktif adalah Rp. 120.000,00 – Rp. 3.600.000,00 berbanding Rp. 2.400,00 per m³ tanah (Ebbs et al., 2000).

Fitoremediasi didefinisikan sebagai pembersihan pencemar yang bermedia tanaman. Tehnologi ini muncul untuk untuk perbaikan lingkungan dengan keunggulan yaitu murah, cocok digunakan untuk berbagai jenis kontaminan dalam berbagai media. Fitoremediasi dapat digunakan untuk mengatasi kontaminan anorganik seperti arsenik, berbagai garam dan nutrient, dan berbagai kontaminan organik, termasuk bahan peledak, hidrokarbon, dan pestisida (Hayati, 2005). Fitoremediasi didefinisikan sebagai pencucian polutan yang diremediasi oleh tanaman, termasuk pohon, rumput-rumputan, dan tanaman air. Pencucian bisa berarti penghancuran, inaktivasi, atau imobilisasi polutan ke bentuk yang tidak berbahaya (Chaney et al., 1995).

Pemanfaatan tanaman untuk remediasi lingkungan sangat ditentukan oleh pemahaman tentang penyerapan logam serta penyerapan dan atau degradasi senyawa organik oleh tanaman. Tanaman harus bersifat hipertoleran agar dapat mengakumulasi sejumlah besar logam berat di dalam batang serta daun. Tanaman harus mampu menyerap logam berat dari dalam larutan tanah dengan laju penyerapan yang tinggi. Tanaman harus mempunyai kemampuan untuk mentranslokasi logam berat yang diserap akar ke bagian batang serta daun (Panjaitan, 2008).

Seperti telah dikemukakan , beberapa jenis tanaman mempunyai sifat hiperakumulator yang luar biasa. Namun biasanya tanaman yang teradaptasi di tanah berkadar logam tinggi dan toleran terhadap logam mempunyai sifat tumbuh lambat. Penggunaan tanaman hiperakumulator juga lebih menguntungkan bila kita harus mendaur ulang logam yang telah dihimpun di dalam biomassa tanaman, karena dengan kadar akumulasi tinggi biomassa yang harus ditangani jelas jauh lebih sedikit (Salt et al., 1998). Usaha untuk meningkatkan akumulasi logam berat, khususnya timbal, telah dilakukan di beberapa laboratorium. AgBiotech Center berusaha menaikkan tingkat akumulasi Pb oleh Brassica juncea dengan memberikan zat pengkhelat ke dalam tanah hasilnya menunjukkan, bahwa dengan memberikan khelator EDTA ke dalam tanah yang mengandung 600 mg Pb/kg, tanaman Brassica juncea mampu mengakumulasi Pb hingga 1,5% biomasnya. (Gunalan, 1996). Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa untuk mencapai

fitoremediasi yang efisien sesungguhnya dapat dilakukan dua pendekatan, yaitu menggunakan tanaman hiperakumulator yang sesuai dan menerapkan teknik budidaya serta manipulasi pertumbuhan yang tepat.

Menurut Feller (2000) tanaman hiperakumulator yang dimanfaatkan untuk Fitoremediasi memiliki beberapa keunggulan yaitu :

- Beberapa famili tanaman memiliki sifat toleransi dan hiperakumulator terhadap logam berat
- Banyak jenis tanaman yang dapat merombak polutan
- Pelepasan tanaman yang telah dimodifikasi secara genetik ke dalam suatu lingkungan relatif lebih dapat dikontrol dibandingkan dengan mikroba
- Tanaman memberikan nilai estetika
- Dengan perakaran yang dapat mencapai 100 x 106 km akar per ha, tanaman dapat mengadakan kontak dengan bidang tanah yang sangat luas dan penetrasi akar yang dalam
- Dengan kemampuan fotosintesis, tanaman dapat menghasilkan energi yang dapat dicurahkan selama proses detoksifikasi polutan.
- Asosiasi tanaman dengan mikroba memberikan nilai tambah dalam memperbaiki kesuburan tanah.

2.3.2 Keunggulan fitoremediasi

Keunggulan metode ini dibandingkan dengan teknologi pengolahan limbah lain adalah karena prosesnya yang alami, mikroorganisme dan lingkungan atau habitat hidup, serta tidak diperlukan teknologi tinggi. Kelebihan tersebut menyebabkan biaya operasi proses fitoremediasi relative lebih rendah dibandingkan dengan metode lain. Sebagai perbandingan, di USA biaya operasional fitoremediasi antara Rp. 36.000,00 – Rp. 1.200.000,00 /(m³.tahun), dengan cara kimia dan fisika antara Rp. 1.200.000,00 – Rp. 12. 000.000,00 /(m³.tahun), sedangkan dengan bioremediasi antara Rp. 600.000,00 – Rp. 4.800.000,00 /(m³.tahun) (Glass, 1998).

Metode fitoremediasi ini mempunyai beberapa kelebihan diantaranya murah, efektif untuk detoksifikasi/menghilangkan kontaminan toksik dari tanah (Flathman and Lanza, 1998). Secara ekologis fitoremediasi lebih baik dibandingkan dengan

metode secara fisika dan kimia karena mampu mampu memelihara fungsi tanah dan kehidupan biota di dalam tanah menjadi aktif kembali (Trapp and Karlson, 2001).

2.3.3 Mekanisme penyerapan logam berat oleh tanaman

Tanaman mempunyai kemampuan untuk menahan substansi toksik dengan cara biokimia dan fisiologisnya serta menahan substansi non nutritif organik yang dilakukan pada permukaan akar. Bahan pencemar tersebut akan dimetabolisme atau diimobilisasi melalui sejumlah proses termasuk reaksi oksidasi, reduksi dan hidrolisa enzimatis. Mekanisme fisiologi fitoremediasi dibagi menjadi (Salt et al., 1998) :

1. Fitoekstraksi : pemanfaatan tanaman pengakumulasi bahan pencemar untuk memindahkan logam berat atau senyawa organik dari tanah dengan cara mengakumulasi di bagian tanaman yang dapat dipanen.
2. Fitodegradasi : pemanfaatan tanaman dan asosiasi mikroorganisme untuk mendegradasi senyawa organik.
3. Rhizofiltrasi : pemanfaatan akar tanaman untuk menyerap bahan pencemar, terutama logam berat, dari air dan aliran limbah.
4. Fitostabilisasi : pemanfaatan tanaman untuk mengurangi bahan pencemar dalam lingkungan.
5. Fitovolatilisasi : pemanfaatan tanaman untuk menguapkan bahan pencemar, atau pemanfaatan tanaman untuk memindahkan bahan pencemar dari udara.

Menurut Corseuil & Moreno (2000), mekanisme tanaman dalam menghadapi bahan pencemar beracun adalah :

1. Penghindaran (*escape*) fenologis. Apabila pengaruh yang terjadi pada tanaman musiman, tanaman dapat menyelesaikan siklus hidupnya pada musim yang cocok.
2. Ekslusi, yaitu tanaman dapat mengenal ion yang bersifat toksik dan mencegah penyerapan sehingga tidak mengalami keracunan.
3. Penanggulangan (*ameliorasi*). Tanaman mengabsorpsi ion tersebut, tetapi berusaha meminimumkan pengaruhnya.

Jenisnya meliputi pembentukan khelat (*chelation*), pengenceran, lokalisasi atau bahkan ekskresi.

4. Toleransi. Tanaman dapat mengembangkan sistem metabolit yang dapat berfungsi pada konsentrasi toksik tertentu dengan bantuan enzim.

Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tanaman menurut Grant (1998) dapat dibagi menjadi 3 proses yang sinambung:

1. Penyerapan (*absorb*) oleh akar
2. Translokasi logam dari akar ke bagian tanaman lain. Setelah logam menembus endodermis akar, logam atau senyawa asing lain mengikuti aliran transpirasi ke bagian atas tanaman melalui jaringan pengangkut (*xylem* dan *floem*) ke bagian tanaman lainnya
3. Lokalisasi logam pada sel dan jaringan. Hal ini bertujuan untuk menjaga agar logam tidak menghambat metabolisme tanaman sebagai upaya untuk mencegah peracunan logam terhadap sel. Tanaman mempunyai mekanisme detoksifikasi misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar.

Mekanisme penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tanaman dapat dibagi menjadi tiga proses yang sinambung, yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tanaman lain, dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tanaman tersebut (Connel, dan Miller, 1995). Pembentukan reduktase spesifik logam di dalam tanaman membentuk suatu molekul reduktase di membran akarnya. Reduktase ini berfungsi mereduksi logam yang selanjutnya diangkut melalui kanal khusus di dalam membran akar. Setelah logam dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam harus diangkut melalui jaringan pengangkut, yaitu xilem dan floem, ke bagian tanaman lain. Untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan, logam diikat oleh molekul khelat. Berbagai molekul khelat yang berfungsi mengikat logam dihasilkan oleh tanaman, misalnya histidin yang terikat pada Ni dan fitokhela- tin- glutation yang terikat pada Cd (Salt et al., 1998).

2.4 Tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.)

Kenaf (Gambar 2.1) merupakan tanaman tegak, satu tahunan, tinggi tanaman liar mencapai 2 m, jika ditanam mencapai 5 m. Batang pipih, silindris, pada tanaman budidaya tidak bercabang dan gundul, pigmentasi seluruhnya hijau, hijau dengan merah atau ungu ataupun seluruhnya merah. Kenaf mempunyai adaptasi yang lebar terhadap iklim dan tanah. Tanaman ini tumbuh pada 45°N dan 30°S. Tanaman Kenaf toleran terhadap variasi temperatur harian antara 10°C dan 50°C, tetapi mati oleh salju. Tanaman ini tumbuh terbaik pada temperaur harian diatas 20°C dan curah hujan bulanan rata-rata 100-125 mm. Kenaf dapat tumbuh pada berbagai tanah, tetapi paling baik pada tanah lempung aluvial atau kolluvial berpasir, dengan pH 6-6.8. Tanaman ini toleran terhadap garam, tetapi sensitif terhadap hilangnya air (Carlson, K.D., 1982).



Gambar 2.1 Tanaman Kenaf

(sumber: <http://balittas.litbang.pertanian.go.id>)

Klasifikasi dari tanaman Kenaf adalah sebagai berikut:

- Kerajaan : Plantae
- Ordo : Malvales
- Famili : Malvaceae
- Genus : Hibicus
- Spesies : H. Cannabinus

Kenaf secara normal diperbanyak dengan biji. Selain itu juga dengan stek batang, terutama untuk produksi biji hasil silangan dan dasar. Biji Kenaf berkecambah cepat dibawah kondisi lembab, tetapi kemampuan hidup yang tinggi selama lebih dari 1 tahun dengan menyimpan biji kering (kandungan kelembaban < 10%) di dalam kontainer kedap udara dan untuk beberapa tahun dengan menyimpannya pada temperatur dibawah 0 (-10°C). Temperatur optimum untuk perkecambahan biji Kenaf adalah 35°C, dengan temperatur dasar 10°C dan temperatur maksimum 46°C.; Kenaf merupakan tanaman musim hujan, biji ditaburkan secara langsung ke ladang pada awal musim hujan. Waktu penanaman adalah sangat penting, terutama berkaitan dengan panjangnya periode pertumbuhan vegetatif sebelum masa perbungaan yang pertama, tingginya biomassa dan serat hasil panen dan juga kualitas serat.

Di Jawa, Indonesia (8°S) Kenaf ditaburkan selama bulan Oktober-November pada musim hujan dan berbunga pada bulan Maret-April, sementara di Thailand Utara (18°N) musim tanam antara April dan September. Kebanyakan Kenaf ditanam dengan rata-rata biji 15-25 kg/ha, diikuti dengan penguburan untuk menutup biji dengan 1-2 cm tanah. Tiap plot dijarangkan dengan menggunakan tangan untuk mengurangi densitas tanaman hingga sekitar 400 000 tanaman per ha. Penanaman dengan sistem garis membutuhkan biji lebih sedikit dan menghasilkan hasil panen yang tinggi dan lebih seragam dengan biaya penanaman dan perawatan lebih rendah.

Jarak tanam yang direkomendasikan bervariasi di tiap negara. Mereka secara umum sama dengan rami, yaitu antara 20-30 cm dan 5-10 cm didalam garis, ketika ditanam sebagai serat, tetapi untuk produksi kertas memerlukan jarak lebih lebar. Biji dapat dihasilkan di ladang setelah memanen tanaman utama. Namun, jumlah dan kualitas biji lebih tinggi pada biji yang ditaburkan dalam plot khusus.

Kenaf adalah jenis tanaman yang mudah dibudidayakan di daerah tropis seperti Indonesia. Kenaf sangat potensial untuk industri secara global karena kandungan selulosanya tinggi (M. D. Hossain, 2011). Kandungan serat alam umumnya terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selulosa dari serat alam

memiliki struktur yang tersusun dalam micro-fibrils dilingkupi oleh dua komponen utama, yaitu : hemiselulosa dan lignin (J. I. Moran,2007)

2.4.1 Tanaman Kenaf varietas karang plos0 15 (KR15)

Deskripsi karakteristik Kenaf KR15 (Gambar 2.2) adalah sebagai berikut::

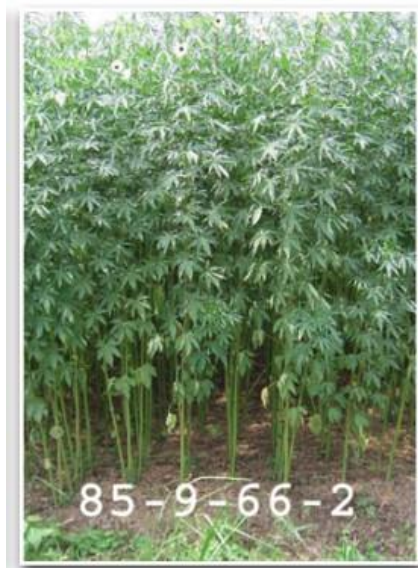
- Nomor seleksi : Hc 85-9-66-I BB
- Asal : Persilangan Hc 48 x G4, Th. 1985
- Proses Pemuliaaan : Seleksi pedigree
- Spesies : *Hibiscus cannabinus* L.
- Permukaan batang : Berduri sedikit
- Warna batang : Hijau
- Percabangan : Rudimenter (siwilan) banyak
- Bentuk daun : Menjari bertoreh dalam
- Umur berbunga : 75-85 hari
- Warna bunga : Kuning krem
- Umur panen : 120-130 hari
- Tinggi tanaman : 265-415 cm
- Diameter batang : 1,50-3,00 cm
- Potensi hasil : 2,5-4,5 ton/ha
- Berat 100 biji : 21,16-26,50 gram
- Panjang serat : 255-370 cm
- Kekuatan serat : 22,96-29,36 g/tex
- Persentase serat : 5-7%
- Ketahanan terhadap deraan lingkungan: tahan terhadap kekeringan, dan moderat tahan alumunium pada pH rendah.

2.4.2 Tanaman Kenaf varietas karang plos0 12 (KR12)

Deskripsi karakteristik Kenaf KR12 (Gambar 2.3) adalah sebagai berikut :

- Nomor seleksi : Hc 85-9-6602
- Asal : Persilangan Hc 48 x G4, Th. 1985
- Proses Pemuliaaan : Seleksi pedigree
- Spesies : *Hibiscus cannabinus* L.
- Permukaan batang : Berduri sedikit
- Warna batang : Hijau
- Percabangan : Rudimenter (siwilan)banyak
- Bentuk daun : Menjari
- Umur berbunga : 87-95 hari

- Warna bunga : Kuning krem
- Umur panen : 130-140 hari (mumur panjang)
- Tinggi tanaman : 278-420 cm
- Diameter batang : 1,60-3,20 cm
- Potensi hasil : 2,75-4,20 ton/ha
- Berat 100 biji : 23,66-26,24 gram
- Panjang serat : 260-376 cm
- Kekuatan serat : 24,46-29,60 g/tex
- Persentase serat : 5,5-6,5%
- Ketahanan terhadap hama/ penyakit : rentan terhadap nematode paru akar (*Meloidogyne* sp) dan moderat rentan terhadap jassid (*Amrasca bigutulla*)
- Ketahanan terhadap deraan lingkungan : toleran terhadap genangan, toleran terhadap kekeringan, dan kurang peka terhadap foto periode



Gambar 2.2 Tanaman Kenaf KR15
 (<http://balittas.litbang.pertanian.go.id>)



Gambar 2.3 Tanaman Kenaf KR12
(<http://balittas.litbang.pertanian.go.id>)

2.5 pH/ Konsentrasi Ion Hidrogen

Air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan mempunyai PH sekitar 6.5 – 7.5. Air akan bersifat asam/ basa tergantung besar kecilnya PH. Bila PH di bawah PH normal, maka air bersifat asam. Sedangkan air yang mempunyai pH diatas pH normal bersifat basa. Air limbah dan bahan buangan akan mengganggu kehidupan biota akuatik.

Sebagian besar bita akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai pH antara 7 – 8.5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir pada pH yang rendah. Pada pH kurang dari 4, sebagian besar tanaman air mati karena tidak dapat bertoleransi terhadap pH rendah.

Pescod (1973) mengatakan bahwa nilai pH menunjukkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam air. Kemampuan air untuk mengikat atau melepaskan sejumlah ion hidrogen akan menunjukkan apakah perairan tersebut bersifat asam atau basa (Barus, 2002). Selanjutnya ia menambahkan bahwa nilai pH

perairan dapat berfluktuasi karena dipengaruhi oleh aktivitas fotosintesis, respirasi organisme akuatik, suhu dan keberadaan ion-ion di perairan tersebut. Menurut Pohland dan Harper (1985) nilai pH air lindi pada tempat pembuangan sampah perkotaan berkisar antara 1,5 – 9,5.

2.6 Suhu bagi tanaman

Suhu dikatakan sebagai derajat panas atau dingin yang di ukur berdasarkan skala tertentu dengan menggunakan termometer. Fluktuasi suhu dalam tanah akan berpengaruh langsung terhadap aktivitas pertanian terutama proses perakaran tanaman didalam tanah. Apabila suhu tanah naik akan berakibat berkurangnya kandungan air dalam tanah sehingga unsur hara sulit diserap tanaman, sebaliknya jika suhu tanah rendah maka akan semakin bertambahnya kandungan air dalam tanah, dimana sampai pada kondisi ekstrim terjadi pengkristalan. Akibatnya aktivitas akar/respirasi semakin rendah mengakibatkan translokasi dalam tubuh tanaman jadi lambat sehingga proses distribusi unsure hara jadi lambat dan akhirnya pertumbuhan tanaman jadi lambat. Demikian pula dengan suhu yang terlalu tinggi terjadi aktivitas negatif seperti terjadi pembongkaran/perusakan organ. Suhu maksimal dan minimal berpengaruh terhadap hasil produksi. Hal inilah yang menyebabkan hasil panen padi Indonesia menjadi rendah.

Faktor iklim sangat menentukan pertumbuhan dan produksi tanaman. Apabila tanaman ditanam di luar daerah iklimnya, maka produktivitasnya sering kali tidak sesuai dengan yang diharapkan. Menurut Sutarno at all (1997) Studi tentang perilaku kejadian tiap organisme atau tanaman dalam hubungannya dengan perubahan-perubahan iklim disebut dengan fenologi. Untuk faktor iklim yang dipergunakan untuk penelitian fenologi pada umumnya adalah curah hujan hal ini adalah karena curah hujan secara langsung atau tidak langsung penting untuk pengaturan waktu dan ruang dalam pembentukan bunga dan buah pada tanaman tropis.

Menurut Ashari (2006) sedikitnya ada 2 unsur yang sangat mempengaruhi hal tersebut, yaitu :

1. Curah hujan dan distribusi hujan
2. Tinggi tempat dari permukaan laut.

Selain unsur iklim, produksi tanaman juga dipengaruhi oleh Radiasi Matahari dan Suhu. Pertumbuhan tanaman dapat dipengaruhi dalam berbagai cara oleh lingkungan. Kondisi lingkungan yang sesuai selama pertumbuhan akan merangsang tanaman untuk berbunga dan menghasilkan benih. Kebanyakan spesies tidak akan memasuki masa reproduktif jika pertumbuhan vegetatifnya belum selesai dan belum mencapai tahapan yang matang untuk berbunga, sehubungan dengan ini terdapat dua rangsangan. Yang menyebabkan perubahan itu terjadi, yaitu suhu dan panjang hari (Mugnisjah dan Setiawan, 1995).

Tanaman yang tumbuh pada kondisi suhu dibawah batas optimum akan menghasilkan pertumbuhan yang kurang baik dan produksinya akan lebih rendah . Hal ini disebabkan pada suhu yang rendah besarnya fotosintesis yang dihasilkan dan protein yang dibentuk dalam keadaan minimum berakibat pertumbuhan dan perkembangan lambat dan produksinya rendah.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum

Metode penelitian digunakan sebagai acuan dalam penelitian agar dapat terlaksana sesuai dengan apa yang telah direncanakan. Pada penelitian ini membahas mengenai respons spesifik Kenaf terhadap paparan timbal mematinan serta efisiensi dekontaminasi timbal oleh varietas Kenaf KR12 dan KR15 dalam lindi. Penggunaan tanaman Kenaf karena tanaman ini telah terbukti pada penelitian terdahulu mampu hidup dan memiliki ketahanan terhadap lahan yang tercemar logam berat sehingga diprediksikan mampu menurunkan kadar logam berat pada lahan yang tercemar. Tanaman Kenaf sendiri dikembangkan melalui biji di media tanam berupa tanah. Penelitian utama dilakukan selama 30 hari, dengan pengamatan atau uji parameter 6 hari sekali.

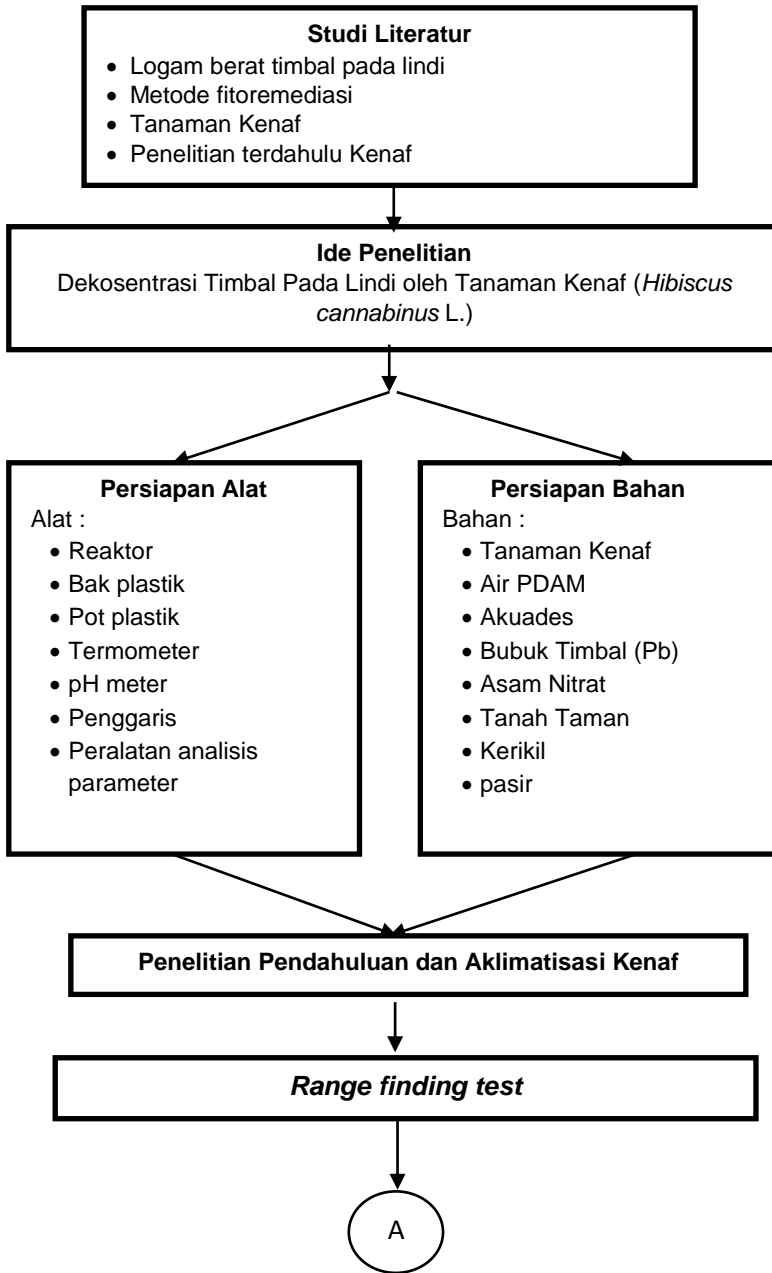
Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis varietas tanaman Kenaf (KR12 dan KR 15) dan variasi umur tanaman Kenaf (30 hari dan 45 hari). Parameter yang akan diuji adalah konsentrasi logam berat Pb, pH, suhu, tinggi tanaman, dan berat kering tanaman. Pada akhirnya akan dipelajari bagaimana efisiensi varietas Kenaf yang lebih efektif untuk dekontaminasi timbal pada lindi serta menghasilkan bioindikator dari pencemar timbal.

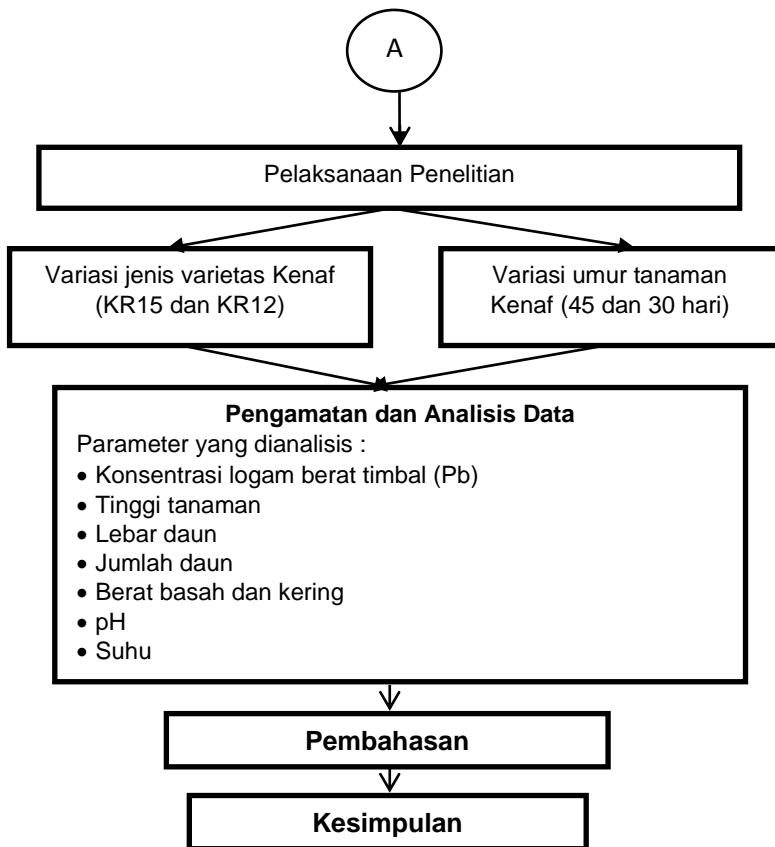
3.2 Kerangka Penelitian

Metode penelitian dibuat agar penelitian yang dilakukan berjalan sistematis dan sesuai dengan waktu yang ditentukan. Metode penelitian disusun dalam bentuk kerangka penelitian yaitu alur atau prosedur dalam penelitian yang akan dilakukan. Kerangka penelitian sesuai dengan ide penelitian terdapat pada Gambar 3.1

3.3 Langkah Penelitian

Langkah penelitian menjelaskan mengenai tahapan kerja yang akan dilakukan dalam penelitian. Tujuan pembuatan langkah penelitian adalah untuk memudahkan dalam pemahaman dan penjelasan lebih rinci melalui deskripsi tiap tahapan kerja.





Gambar 3.1 Kerangka Metode Penelitian

3.3.1 Studi literatur

Studi literatur berfungsi untuk membantu dan mendukung dalam mencari gagasan penelitian, serta dapat meningkatkan pemahaman terhadap penelitian. Sumber literatur yang digunakan adalah berupa jurnal internasional, jurnal nasional, makalah seminar, dan text book yang berhubungan dengan penelitian.

Pada penelitian ini studi literatur yang digunakan adalah materi berupa definisi dan karakteristik serta dampak logam berat timbal pada lindi, metode fitoremediasi, tanaman Kenaf, serta penelitian terdahulu tentang tanaman Kenaf.

3.3.2 Ide penelitian

Penelitian dipusatkan pada efisiensi penurunan kadar Logam Pb pada lindi dengan fitoremediasi menggunakan tanaman varietas Kenaf. Pada penelitian ini terdapat 2 variabel yaitu jenis varietas tanaman Kenaf (KR12 dan KR 15) dan variasi umur tanaman Kenaf (30 hari dan 45 hari). Pada akhirnya akan dipelajari bagaimana efisiensi varietas Kenaf yang lebih efektif untuk dekontaminasi timbal pada lindi serta menghasilkan bioindikator dari pencemar timbal.

3.3.3 Persiapan alat dan bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Peralatan pengujian nilai konsentrasi logam timbal (Pb)
- Peralatan pengamatan dan analisis parameter
- Reaktor uji fitoremediasi berbentuk balok terdiri dari tempat tanaman Kenaf dan tempat lindi dan larutan timbal murni (lihat gambar 3.2).
- Jumlah reaktor adalah 19 buah dengan rincian berikut:
 - 1) Reaktor 1 yaitu Kenaf KR15 umur 45 hari dengan paparan lindi
 - 2) Reaktor 2 yaitu Kenaf KR15 umur 30 hari dengan paparan lindi
 - 3) Reaktor 3 yaitu Kenaf KR12 umur 45 hari dengan paparan lindi
 - 4) Reaktor 4 yaitu Kenaf KR12 umur 30 hari dengan paparan lindi
 - 5) Reaktor 5 yaitu Kenaf KR15 umur 45 hari dengan paparan lindi artifisial
 - 6) Reaktor 6 yaitu Kenaf KR15 umur 30 hari dengan paparan larutan lindi artifisial
 - 7) Reaktor 7 yaitu Kenaf KR12 umur 45 hari dengan paparan larutan lindi artifisial

8) Reaktor 8 yaitu Kenaf KR15 umur 45 hari dengan paparan larutan lindi artifisial

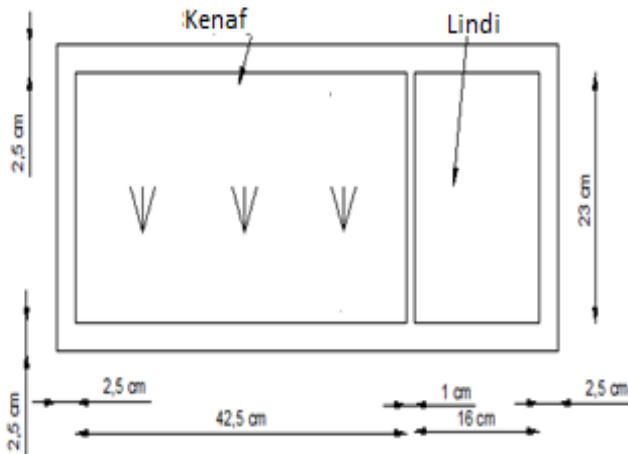
Karena dilakukan secara duplo maka reaktor 9-16 diberi perlakuan sama seperti Reaktor 1-8

9) Reaktor 17 yaitu media tanpa tanaman yang diberi paparan lindi

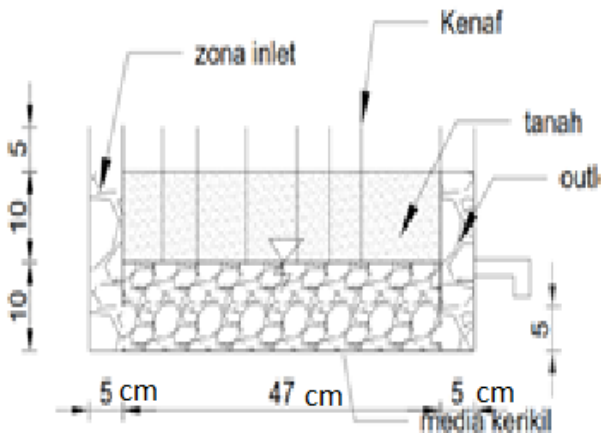
10) Reaktor 18 yaitu media tanpa tanaman yang diberi paparan lindi artifisial

11) Reaktor 19 yaitu kontrol tanpa diberi paparan pencemar

Pada reaktor uji fitoremediasi, larutan lindi dan larutan timbal murni dialirkan pada reaktor secara semi-batch. Pengambilan sampel air adalah dari pipa yang dipasang di reaktor bagian bawah. Reaktor yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.2 - 3.3.



Gambar 3.2 Reaktor Uji Fitoremediasi Tampak Atas



Gambar 3.3 Reaktor Uji Fitoremediasi tampak samping

Keterangan gambar :

- Satuan (cm)
- Reaktor uji fitoremediasi berbahan semen dan bata

Bahan-bahan yang digunakan:

- Lindi mengandung timbal
- Bubuk timbal
- Asam Nitrat
- Akuades
- Kerikil
- Pasir
- Tanaman Kenaf (KR12 dan KR15)
- Tanah taman untuk media tanam Kenaf
- Air PDAM

3.3.4 Variabel dan parameter penelitian

Variabel penelitian adalah suatu besaran yang dapat diubah atau berubah sehingga mempengaruhi peristiwa atau hasil penelitian. Variabel pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Variasi tanaman varietas Kenaf

Diambil variasi jenis varietas tanaman KR12 (Karangploso 12) dan KR15 (Karangploso 15) berdasarkan SK. Mentan No. 133/Kpts/SR.120/2/2007 dan 134/Kpts/SR.120/2/2007 yang menyatakan bahwa kedua varietas tersebut termasuk varietas yang unggul, adaptif terhadap berbagai kondisi lingkungan, dan tahan terhadap genangan air. Disisi lain, dua varietas tersebut termasuk varietas terbaru dan sedang dikembangkan oleh BALITTAS saat ini.

2) Variasi Umur Tanaman

Diambil variasi umur tanaman 30 hari dan 45 hari berdasarkan pada Samudro dan Mangkoedihardjo (2014) yang menyatakan bahwa tanaman Kenaf dapat tumbuh dengan vegetative baik pada umur tanaman kurang dari 90 - 152 hari sejak ditanam. Lebih spesifik diambil umur 30 dan 45 hari adalah karena pada umur tersebut terjadi perkembangan yang signifikan yang secara jelas akan dilihat pada bab selanjutnya.

3) Uji Kontrol

Uji kontrol digunakan dengan tujuan sebagai pembanding efek tanaman tanpa penambahan logam berat timbal yang terdapat dalam lindi. Selain itu juga untuk menjamin bahwa timbal yang terdapat dalam lindi benar-benar menimbulkan efek negative pada tanaman

Sedangkan parameter dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- konsentrasi timbal (pb)
- suhu
- pH
- tinggi tanaman
- jumlah daun
- Berat basah dan kering tanaman

3.3.5 Penelitian pendahuluan

Hal yang dilakukan dalam penelitian pendahuluan antara lain:

1) Tahap Pembibitan tanaman

Proses pembibitan dilakukan dengan cara:

- Mengambil bibit di BALITTAS (Balai Tanaman Serat dan Pemanis) kota Malang
- Memilih bibit yang baik, yaitu dengan cara merendam bibit di dalam wadah yang berisi air lalu dipisahkan antara bibit yang tenggelam dan mengapung. Dari kedua macam bibit tersebut, maka bibit yang tenggelam di dasar digunakan sebagai bibit untuk menanam tanaman Kenaf.
- Menanam bibit tersebut pada polybag yang berisi media tanah taman dan pupuk dengan perbandingan 1:1
- Disiram setiap hari menggunakan air PDAM dan diamati pertumbuhannya selama 1-2 minggu selama masa perkecambahannya dan tunas

2) Tahap pengujian awal

Pada tahap ini, lindi diambil dari TPA Ngipik untuk diuji konsentrasi timbal dengan menggunakan metode analisis serapan atom sesuai SNI 06-2516-1991. Kemudian untuk selanjutnya lindi tersebut diujikan pada Uji Test *Range finding test* tanaman Kenaf di tahap pengujian berikutnya.

3.3.6 Range finding test (RFT)

Range finding test dilakukan untuk mengetahui besar kemampuan tanaman untuk menyerap polutan yang terkandung dalam lindi pada konsentrasi tertentu. Dalam RFT pada pengujian kali ini dilakukan RFT dengan 2 jenis larutan, yaitu:

- 1) Lindi (100% v/v, 50% v/v, 20% v/v, 10% v/v)
- 2) Lindi Artifisial (2 ppm, 10 ppm, 100 ppm, 1000 ppm)

Diamati parameter pertumbuhan setelah 7 hari pemaparan. Pengamatan dilanjutkan (*prongoled toxicity test*) bila tanaman tidak menunjukkan perubahan yang signifikan.

Pada uji ini juga akan diamati respons spesifik Kenaf terhadap paparan timbal memetakan. Sehingga nanti akan didapatkan bioindikator dari tanaman Kenaf untuk pencemar logam berat berupa timbal.

3.3.7 Uji fitoremediasi

Pada uji fitoremediasi reaktor dioperasikan sesuai variasi penelitian yang telah ditentukan sebelumnya. Secara detail pelaksanaan uji fitoremediasi adalah sebagai berikut :

- Disiapkan reaktor uji fitoremediasi sesuai variabel yaitu sejumlah 19 reaktor
- Dalam reaktor uji fitoremediasi (Gambar 3.2-3.3) akan dialirkan lindi sesuai hasil konsentrasi RFT dan larutan timbal murni pada masing-masing reaktor yang telah ditentukan.
- Pengujian parameter dilakukan 6 hari sekali kecuali berat kering tanaman yang dilaksanakan pada awal dan akhir penelitian.
- Pelaksanaan analisis parameter
 - Analisis konsentrasi timbal

Analisis ini untuk mengetahui berapa konsentrasi timbal yang terdapat dalam lindi, media tanah dan tanaman di reactor. Pengujian keberadaan logam Pb menggunakan metode pengujian kadar timbal dalam air dengan alat spektrofotometer serapan atom secara ekstraksi. Metode ini digunakan mengikuti SNI 6989.8:2009. Secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran A.
 - Analisis Fisik Pertumbuhan Tanaman

Analisis ini untuk mengetahui tentang pertumbuhan tanaman yang ditanam dalam reaktor. Analisis yang dilakukan berupa analisis fisik pertumbuhan tanaman yaitu tinggi tanaman, dan jumlah daun. Pengukuran dilakukan menurut metode pada jurnal Bioteknologi : *Pertumbuhan, Kandungan Klorofil, dan Laju Respirasi Tanaman Garut (Maranta arundinacea L.) setelah Pemberian Asam Giberelat (GA3)* (Giyatmi W. L., dkk, 2008). Secara lengkap dapat dilihat pada lampiran A.
 - Analisis pH

Analisis pH dilakukan untuk mengetahui besarnya pH sampel air lindi dengan menggunakan pH meter dan dilakukan setiap hari. Metode ini digunakan mengikuti SNI 06-6989.11-2004. Secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran A.
 - Analisis Suhu

Analisis ini untuk mengetahui suhu pada sampel di dalam reaktor dengan menggunakan thermometer dan dilakukan setiap hari. Metode ini digunakan mengikuti SNI 06-6989.23-2005. Secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran A.

- Analisis Berat kering Tanaman
Analisis biomassa dilakukan untuk mengukur berat basah dan berat kering tanaman. Data yang diperoleh akan memberikan informasi mengenai jumlah tanaman yang diperlukan untuk menyerap pencemar. Metode ini digunakan mengikuti buku *Handbook of Reference Methods for Plant Analysis : Preparation of Plant Tissue For Laboratory Analysis* (Ray Campbell and C. Owen Plank, 1998) . Data biomassa tanaman, pengukuran berat basah dan berat kering tanaman dilakukan setelah pemaparan. Secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran A.

3.3.8 Analisis Data dan Pembahasan

Berdasarkan analisis data maka didapatkan data yang dicari untuk membuat pembahasan. Pembahasan yang dibuat dari hasil analisis data harus mengacu pada literatur yang akurat agar didapatkan pembahasan yang rinci dan terpececa.

Dalam analisis data dilakukan uji signifikan data dengan menggunakan metode Annova (*Analysis of Variance*) menggunakan *software* SPSS 16.0 (*Stastical Product and Service Solution*).

3.3.8 Kesimpulan dan saran

Kesimpulan dibuat berdasarkan hasil analisis data penelitian dan pembahasan. Pada kesimpulan data ini harus sesuai dengan tujuan penelitian dimana menjawab rumusan masalah penelitian. Kesimpulan berupa poin-poin yang disajikan secara singkat dan jelas.

Saran merupakan rekomendasi untuk penelitian yang akan dilakukan selanjutnya. Rekomendasi tersebut muncul untuk menyempurnakan dan memperbaiki penelitian selanjutnya. Saran ini berisikan kalimat-kalimat rekomendasi yang jelas dan ringkas.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penelitian Pendahuluan

4.1.1 Aklimatisasi tanaman Kenaf

- Bibit tanaman Kenaf

Bibit tanaman Kenaf diambil dari Balai Tanaman Serat dan Pemanis (BALITTAS) yang berada di Jl. Karangploso Malang (Gambar 4.1). BALITTAS sendiri merupakan salah satu unit pelaksana teknis (UPT) Badan Penelitian dan Pengembangan Perkebunan di Bogor yang mempunyai kegiatan penelitian tanaman pemanis, serat, tembakau dan minyak industri.



Gambar 4.1 Balittas Tampak Depan
(sumber: *TPNU.online.photo*)

BALITTAS memiliki beberapa varietas Kenaf yang kesemuanya merupakan hasil perkawinan silang antara tanaman induk dari Vietnam. Varietas tersebut seperti yang tercantum dalam surat keputusan menteri pertanian antara lain adalah sebagai berikut; KR15; KR14; KR13; KR12; KR11; KR10; KR09; KR08; KR07; KR06; KR05; KR04; KR03; dan KR02. Pada penelitian ini menggunakan tanaman Kenaf dengan varietas paling unggul yaitu KR15 dan KR12 dengan berbagai alasan yang telah disebutkan pada bab sebelumnya. Perkembangbiakan Kenaf sendiri menggunakan biji yang berasal dari bunga tanaman Kenaf dewasa (Gambar 4.2).



Gambar 4.2 Biji Tanaman Kenaf
(sumber: dokumentasi pribadi)

- Tahap pengembangbiakkan Kenaf
Tanaman Kenaf dikembangbiakkan dengan biji. Tanaman Kenaf yang digunakan adalah varietas KR15 dan KR15. Kedua varietas tersebut adalah termasuk varietas unggul yang dimiliki oleh BALITTAS. Tahapan pembibitan Kenaf dilakukan sama seperti pada tanaman-tanaman lain yaitu sebagai berikut;
 - 1) Pembibitan biji yang dilakukan di *polybag* yang telah disiapkan sebelumnya dengan media tanah serta pupuk dengan perbandingan 1:1. Biji disebar pada media dan dibiarkan selama 1-2 minggu hingga muncul kecambah \pm setinggi 8-12 cm. Media disiram dengan air PDAM sehari sekali dan diamati perkembangan perkecambahannya (Gambar 4.3).



Gambar 4.3 Proses Pembibitan Tanaman Kenaf
(sumber: dokumentasi pribadi)

Setelah dilakukan pengamatan tiap harinya, didapatkan perkecambahan Kenaf pada umur 3-8 hari (Gambar 4.4).



Gambar 4.4 Perkecambahan Tanaman Kenaf
(sumber: dokumentasi pribadi)

- 2) Setelah muncul kecambah (umur 2-8 hari) kemudian Kenaf dipindahkan ke *Polybag* baru yang hanya berisi tanah taman untuk dikembangbiakkan dan dianalisis pertumbuhannya (Gambar 4.5). Tanaman ditumbuhkan dalam *polybag* terpisah menurut varietasnya, 1 *polybag* berisi 1 tanaman Kenaf. Tanaman dipindahkan dan dibuat terpisah dimaksudkan agar tanaman Kenaf dapat berkembang secara maksimal. Tanaman ini disiram setiap hari menggunakan air PDAM dan diamati pertumbuhannya yakni tinggi tanaman, lebar daun, dan jumlah daun (lihat Lampiran).



Gambar 4.5 Tanaman Kenaf Setelah Dipindahkan dan Ditumbuhkan Secara Individu
(sumber: dokumentasi pribadi)

- Analisis pertumbuhan Kenaf
Tanaman Kenaf dikembangkan di *greenhouse* untuk diamati perkembangbiakannya sebelum digunakan sebagai tanaman uji pada tahap fitoremediasi. Tanaman dikembangkan selama 3 bulan dengan juga dilakukan pengamatan terhadap tinggi tanaman, dan jumlah daun, dan bentuk pertumbuhan fisik lainnya yang nantinya akan membantu dalam tahap uji fitoremediasi. Berikut adalah hasil analisis perkembangbiakan tanaman Kenaf;

1) Tinggi tanaman

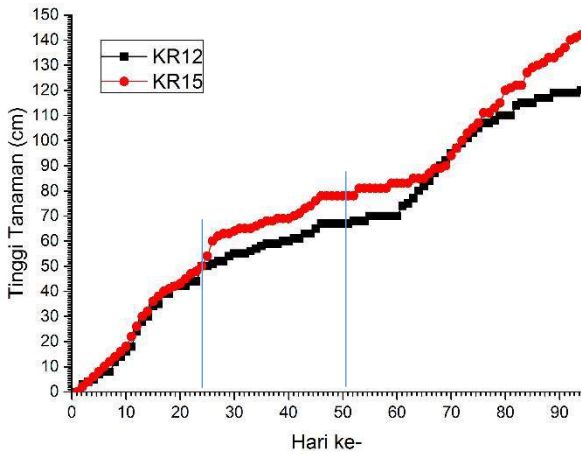
Dari perkembangbiakan tanaman yang telah dilakukan selama 3 bulan didapatkan data bahwa tanaman Kenaf termasuk tanaman yang mudah ditanam, mudah dalam perawatan dan cepat dalam perkembangbiakan.

Dari 2 varietas yang dikembangkan yaitu tanaman KR12 dan KR15, keduanya memiliki perbedaan dari kecepatan dalam tumbuh berkembang dalam segi tinggi tanaman. Tanaman KR15 termasuk lebih cepat bertumbuh tinggi daripada tanaman Kenaf KR12.

Tanaman Kenaf rata-rata dapat berkecambah dalam waktu 3-7 hari dengan tinggi kurang lebih 6-8 cm. Pada umur 30 hari rata-rata tanaman Kenaf memiliki tinggi 50-60 cm, dan pada umur 45 hari memiliki tinggi 70-80 cm. Kemudian tanaman Kenaf mulai berbunga pada hari ke-92 dengan tinggi tanaman mencapai 140 – 150 cm. Pada masa ini tanaman Kenaf tidak lagi mengalami perkembangan dan mulai bisa diproduksi hasil seratnya.

Pada uji fitoremediasi digunakan tanaman Kenaf dengan usia 30 hari dan 45 hari, hal ini dilakukan karena pada rentang hari tersebut tanaman Kenaf mengalami perkembangan yang signifikan (Gambar 4.6) sehingga diharapkan dapat membantu proses dekonsentrasi yang terjadi pada lindi.

Untuk data tinggi tanaman Kenaf selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran B.



Gambar 4.6 Pertumbuhan Tinggi Tanaman Kenaf

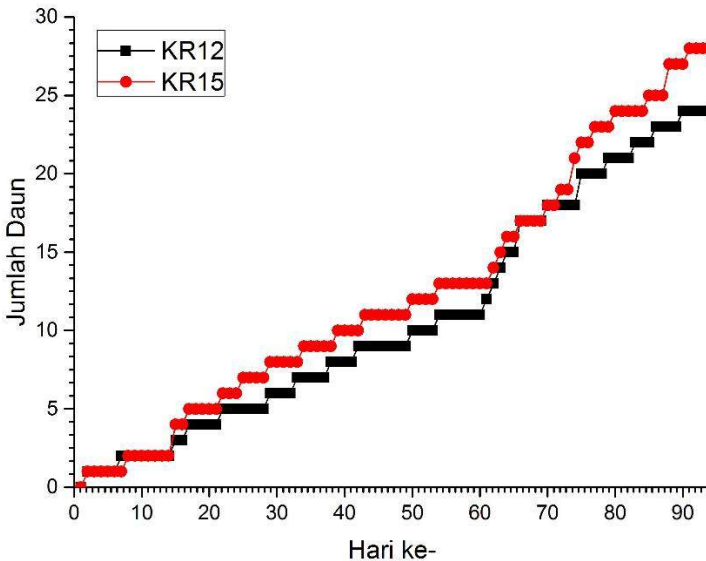
Dari tahap perkembangbiakan juga didapatkan data bahwa tanaman Kenaf memiliki dua fase bentuk daun yaitu bentuk daun oval dan menjari. Sebelum umur 49 hari daun Kenaf masih berbentuk oval (Gambar 4.7 a) sedangkan setelah umur 49 hari mulai muncul daun berbentuk menjari seperti pada Gambar 4.7 b.



Gambar 4.7 Bentuk daun Kenaf, (a) oval; (b) menjari
(sumber: dokumentasi pribadi)

2) Jumlah daun

Dalam proses perkembangbiakan juga memperhatikan jumlah daun yang terdapat pada tanaman Kenaf varietas KR12 dan KR15. Dari Gambar 4.8 menunjukkan grafik jumlah daun Kenaf selama 50 hari baik varietas Kenaf KR12 maupun Kenaf KR15. Dari grafik tersebut didapatkan bahwa pada hari ke-30 tanaman KR15 memiliki jumlah daun sebanyak 8 lembar dan KR12 sebanyak 6 lembar. Kemudian pada hari ke-30 tanaman Kenaf KR15 memiliki jumlah daun sebesar 11 buah dan 9 buah untuk tanaman Kenaf KR12. Hal tersebut menunjukkan bahwa KR15 memiliki jumlah yang lebih banyak dalam menghasilkan daun. Dari data tersebutlah yang akan dipakai nantinya dalam uji fitoremediasi. Data selengkapnya mengenai jumlah daun tanaman Kenaf dapat dilihat pada Lampiran B.



Gambar 4.8 Pertumbuhan Jumlah Daun Tanaman Kenaf

4.1.2 Uji pendahuluan lindi TPA Ngipik

Penelitian pendahuluan dilakukan terlebih dahulu sebelum dilaksanakan penelitian utama. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan data mengenai karakteristik dan kandungan logam berat yang ada pada limbah tersebut. Logam berat yang difokuskan adalah Pb. Hasil dari pengujian selanjutnya dipakai pada penelitian utama. Limbah yang diujikan adalah limbah TPA berupa lindi. Sampel yang telah diuji selanjutnya ditandai sebagai data awal jumlah kandungan logam berat Pb terdapat pada limbah lindi tersebut.

Air limbah lindi yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari TPA Ngipik, Kelurahan Ngipik-Kecamatan Gresik-Kabupaten Gresik-Jawa Timur. Lindi diambil sebanyak 300 liter. Pengambilan air limbah dipusatkan pada *effluent* yang langsung masuk dalam bak pengendapan yang juga sebagai penampung awal lindi (Gambar 4.9). Selanjutnya lindi dimasukkan kedalam Jerigen.

Analisis kandungan logam berat Pb pada lindi menggunakan Analisis Serapan Atom di Laboratorium Rekayasa ITS Surabaya. Hasil uji laboratorium limbah lindi teridentifikasi adanya kandungan logam Pb sebesar 0,97 ppm.



Gambar 4.9 Proses Pengambilan Lindi di TPA Ngipik
(sumber: dokumentasi pribadi)

Limbah air lindi dalam penelitian ini memiliki ciri antara lain berwarna hitam pekat. Bau yang menyengat dan sedikit mengandung minyak. Memiliki TDS yang besar, dapat terlihat dari banyaknya partikel asing yang terkumpul dalam limbah tersebut.

4.2 *Range finding test* (RFT)

4.2.1 *Range finding test* tahap I

Pada tahap ini merupakan tahap untuk menentukan konsentrasi lindi maksimum yang dapat diserap oleh tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) sebelum dilakukan uji fitoremediasi. Lindi yang digunakan adalah 2 macam lindi yaitu lindi asli dari TPA Ngipik serta lindi artifisial yang merupakan larutan Pb nitrat. Nilai konsentrasi yang digunakan pada lindi asli adalah 100% (pengenceran 1x), 50% (pengenceran 2 kali), 20% (pengenceran 5 kali), dan 10% (pengenceran 10 kali). Sedangkan nilai konsentrasi yang digunakan pada lindi artifisial adalah 2 ppm, 5 ppm, 10 ppm, dan 20 ppm. Pada tahap *Range Finding Test* ini digunakan bak plastik dengan diameter 8 cm dan tinggi 15 cm, kemudian ditanami 3 tanaman Kenaf pada setiap bak. Kemudian digunakan media tanah setebal 4 cm. Selanjutnya dialirkan larutan lindi asli maupun lindi artifisial hingga ketinggian 3 cm di atas media (Gambar 4.10).

Penelitian ini dilakukan selama 7 hari dengan mengamati kondisi fisik tanaman meliputi warna tanaman, layu atau tidaknya tanaman, serta jumlah daun menguning. Dari hasil RFT didapatkan bahwa tanaman Kenaf mampu bertahan hidup pada semua konsentrasi yang diberikan baik di lindi asli maupun lindi artifisial. Tidak ditemukan perubahan fisik berarti yang menandakan kematian pada tanaman Kenaf meskipun pada konsentrasi tertinggi pada kedua jenis larutan. Oleh sebab itu, maka untuk penelitian selanjutnya digunakan larutan lindi asli 100% (tanpa pengenceran dan larutan Pb murni 2 ppm (sesuai batas maksimum Pb yang ditentukan oleh WHO dan FAO).



Gambar 4.10 Uji Tahap *Range Finding Test* I
(sumber: dokumentasi pribadi)


4.2.2 Range finding test tahap II




Pada tahap ini merupakan tahap yang digunakan untuk mengamati respon spesifik Kenaf terhadap paparan Pb mematikan. Parameter yang diamati adalah ciri-ciri khusus yang dialami tanaman Kenaf saat mendapat paparan Pb secara fisik. larutan yang digunakan pada tahap ini adalah larutan Pb murni dengan konsentrasi larutan sebesar 0 (kontrol), 100 ppm, 500 ppm, dan 1000 ppm. Tujuan pada tahap ini adalah untuk mendapatkan perbedaan yang signifikan berupa respon spesifik tanaman terhadap sebuah perlakuan sehingga didapatkan konsentrasi dimana tanaman Kenaf akan mengalami kematian.




Pada tahap ini digunakan bak plastik dengan diameter 8 cm dan tinggi 15 cm, kemudian ditanami 2 tanaman Kenaf pada setiap bak. Pada uji ini digunakan media tanah setebal 4 cm. Selanjutnya dialirkan larutan lindi asli maupun lindi artifisial hingga ketinggian 3 cm di atas media (Gambar 4.11 – 4.17). Penelitian ini dilakukan selama 7 hari dengan pengamatan berupa sifat fisik tanaman.

Pada konsentrasi 100 ppm, dan 500 ppm belum ada tanda kematian yang dialami oleh Kenaf. Namun pada konsentrasi 1000 ppm baru kemudian didapatkan hasil respon spesifik Kenaf. Hasil secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.1 dibawah ini:

Tabel 4.1 Hasil Analisis Respon Spesifik Kenaf terhadap Paparan Pb

HARI	GAMBAR	KETERANGAN
1	 <p>Gambar 4.11 Hari ke-1 Uji Toksitas (sumber: dokumentasi pribadi)</p>	Tanaman Kenaf normal seperti pada kontrol

HARI	GAMBAR	KETERANGAN
2	 <p data-bbox="249 475 583 552">Gambar 4.12 Hari ke-2 Uji Toksitas (sumber: dokumentasi pribadi)</p>	Tanaman Kenaf masih seperti pada kontrol
3	 <p data-bbox="249 810 583 887">Gambar 4.13 Hari ke-3 Uji Toksitas (sumber: dokumentasi pribadi)</p>	1 daun menguning tapi daun yang lain masih segar
4	 <p data-bbox="249 1169 583 1246">Gambar 4.14 Hari ke-4 Uji Toksitas (sumber: dokumentasi pribadi)</p>	1 daun menguning dan tampak mulai layu

HARI	GAMBAR	KETERANGAN
5	 <p data-bbox="284 483 620 560">Gambar 4.15 Hari ke-5 Uji Toksitas (sumber: dokumentasi pribadi)</p>	2 daun menguning, dan 3 daun mulai layu
6	 <p data-bbox="284 850 620 927">Gambar 4.16 Hari ke-6 Uji Toksitas (sumber: dokumentasi pribadi)</p>	4 daun mulai menguning dan 3 daun mulai layu
7	 <p data-bbox="284 1305 620 1382">Gambar 4.17 Hari ke-7 Uji Toksitas (sumber: dokumentasi pribadi)</p>	Tanaman mati ditandai dengan menguning dan layu di seluruh bagian daun.

Dari hasil analisis tersebut, didapatkan hasil bahwa tanaman Kenaf mati pada konsentrasi ppm sebesar 1000 ppm selama kurun waktu 7 hari. Kematian ditandai dengan respon spesifik berupa daun menguning dan seluruh daun yang layu seperti yang tampak pada Gambar 4.18 dibawah ini;



Gambar 4.18 Respon Spesifik Kenaf terhadap Paparan Pb 1000 Ppm

(sumber: dokumentasi pribadi)

4.3 Uji Fitoremediasi

Uji Fitoremediasi menggunakan tanaman Kenaf ini dilaksanakan selama 30 hari (18 April – 18 Mei 2015). Reaktor yang digunakan terbuat dari semen dan diberi pipa kran dibawah untuk pengambilan sampel air dibawah media. Media yang digunakan adalah kerikil setinggi 5 cm dan tanah setinggi 5 cm. Masing-masing reaktor diisi dengan 6 tanaman Kenaf.

Pada persiapan uji fitoremediasi ini, tanaman yang digunakan sesuai variabel yang telah disebutkan sebelumnya yaitu tanaman Kenaf umur 30 dan umur 45 hari yang memiliki memiliki panjang 60-70 cm. Tanaman yang digunakan pada setiap reaktor diusahakan memiliki berat basah yang sama.

Selanjutnya setiap reaktor diisi dengan larutan lindi artifisial dan larutan lindi asli sebanyak 11 L (perhitungan pada Lampiran E) Larutan lindi *artificial* ini berupa larutan Pb murni sebesar 2 ppm (konsentrasi maksimum Pb menurut WHO dan FAO) sedangkan larutan lindi asli diambil dari TPA dengan konsentrasi

100% (tanpa pengenceran). Berikut adalah kondisi tanaman Kenaf saat uji fitoremediasi (Gambar 4.18)



Gambar 4.18 Reaktor uji fitoremediasi
(sumber: dokumentasi pribadi)

4.3.1 Efisiensi penurunan Pb

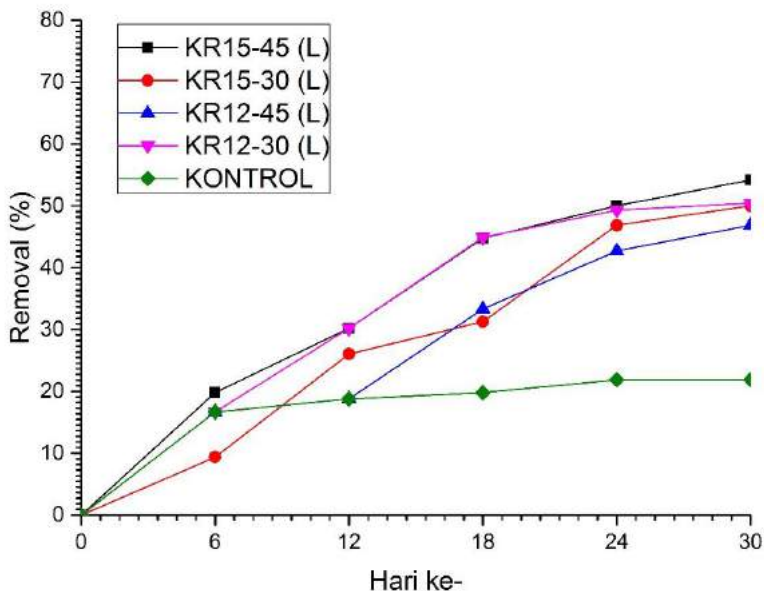
Tanaman memiliki kemampuan hidup dalam berbagai cekaman pada lingkungan baik faktor biotik maupun abiotik. Media tanam berupa tanah yang diberi paparan lindi yang mengandung logam berat Pb adalah merupakan salah satu faktor abiotik unsur non esensial yang mempengaruhi kelangsungan hidup suatu tanaman yang pada penelitian ini adalah tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.).

Untuk mengetahui efisiensi penurunan Pb pada lindi oleh tanaman Kenaf maka harus dilakukan analisis konsentrasi Pb terlebih dahulu. Analisis konsentrasi Pb dilakukan pada larutan (lindi asli dan lindi artifisial), sampel tanaman Kenaf, dan sampel media tanah pada reaktor. Berikut hasil dari analisis konsentrasi Pb tersebut;

4.3.1.1 Analisis Pb pada larutan

Hasil grafik 4.19 – 4.20 menunjukkan bahwa tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) memiliki kemampuan beradaptasi untuk bertahan hidup dalam lingkungan yang tercekam

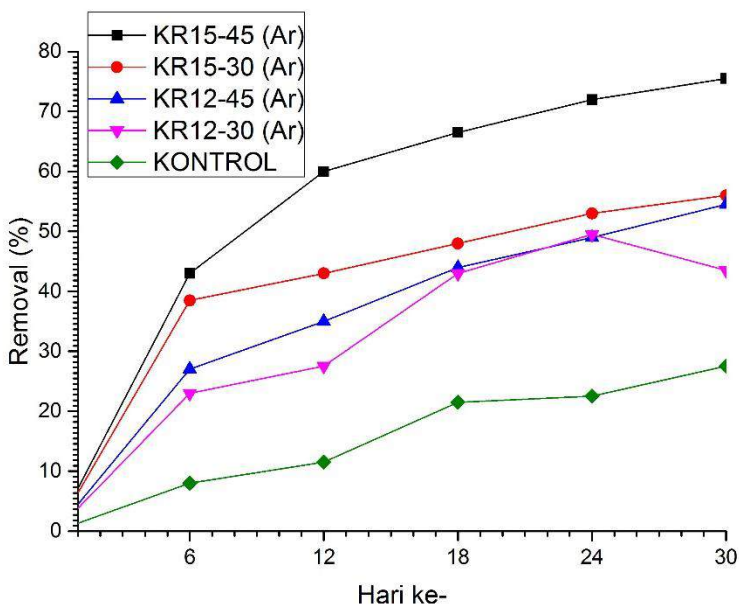
logam berat Pb dan memiliki daya untuk menyerap logam berat Pb pada lindi asli maupun lindi artifisial. Dengan demikian, tanaman Kenaf dapat berperan sebagai fitoremediator logam berat.



Gambar 4.19 Removal Pb Pada Tanaman Kenaf Terpapar Lindi Asli

Grafik 4.19 – 4.20 menunjukkan bahwa prosentase removal tertinggi untuk tanaman KR15 umur 45 hari sebesar 50% dan 72% masing-masing untuk pemaparan lindi asli dan lindi artifisial. Pada tanaman Kenaf KR15 umur 30 hari sebesar 46,88% untuk pemaparan lindi asli dan 53% untuk pemaparan lindi artifisial. Pada tanaman KR12 umur 45 hari sebesar 42,71% untuk pemaparan lindi asli dan 49,00% untuk pemaparan lindi artifisial. Tanaman Kenaf KR12 umur 30 hari sebesar 39,50% untuk pemaparan lindi asli dan

49,50% untuk pemaparan lindi artifisial. Sedangkan untuk tanaman Kenaf kontrol tanpa tanaman memiliki prosentase yang kecil yaitu hanya sebesar 21,88% untuk lindi asli dan 22,50% untuk lindi artifisial.



Gambar 4.20 Removal Pb Pada Tanaman Kenaf Terpapar Lindi Artifisial

Dari hasil analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa prosentase removal tertinggi pada reaktor yang diberi paparan lindi asli maupun lindi artifisial adalah tanaman Kenaf varietas KR15 dengan umur 45 hari yaitu masing-masing sebesar 50% dan 72%. Prosentase removal tertinggi terdapat pada media yang terpapar lindi artifisial, hal tersebut dimungkinkan karena pada lindi asli terdapat banyak pencemar tidak hanya Pb akan tetapi BOD, TOC, COD, TSS, dan parameter pencemar lainnya.

Berdasarkan mekanisme fisiologis, tanaman Kenaf secara aktif mengurangi konsentrasi logam yang terdapat dalam lindi asli maupun lindi artifisial. Penyerapan dilakukan dan terakumulasi di akar dan batang. Selain itu, terdapat sel endodermis pada akar yang menjadi penyaring dalam proses penyerapan logam berat. Dari akar, logam akan di translokasikan ke jaringan lainnya seperti batang dan daun serta mengalami proses kompleksasi dengan zat yang lain seperti fitokelatin. (Baker dan Walker, 1990 dalam MacFarlane et al.,2003).

Hasil analisis varian terhadap proses dekonsentrasi Pb pada reaktor penelitian dan pemaparan lindi asli maupun lindi artifisial menunjukkan adanya beda nyata yang disebabkan oleh perlakuan. Data hasil analisis varian selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran C.

4.3.1.2 Analisis Pb pada tanaman dan Tanah

Analisis kandungan Pb pada tanaman dan media tanam (tanah) dilakukan pada akhir penelitian untuk mengetahui konsentrasi Pb yang benar diserap oleh tanaman Kenaf. Dari Gambar 4.21 dan 4.22 didapatkan data bahwa penyerapan Pb dalam tanaman lebih tinggi terjadi pada tanaman yang terpapar oleh lindi artifisial dibandingkan pada tanaman yang terpapar oleh lindi asli. Data konsentrasi Pb pada tanaman adalah data untuk 6 tanaman (tanaman dalam 1 reaktor).

Pada pemaparan lindi asli, didapatkan data bahwa reaktor yang berisi varietas kenaf KR15 usia 45 hari memiliki konsentrasi sebesar 0,28 ppm untuk tanaman dan 0,19 ppm untuk tanah; Reaktor KR15-30 memiliki konsentrasi 0,22 ppm untuk tanaman dan 0,21 ppm untuk tanah; Reaktor KR12-45 memiliki konsentrasi 0,24 ppm untuk tanaman dan 0,2 ppm untuk tanah; dan Reaktor KR12-30 memiliki konsentrasi 0,31 ppm untuk tanaman dan 0,18 ppm untuk tanah.

Sedangkan pada pemaparan lindi artifisial, didapatkan data bahwa pada reaktor KR15-45 memiliki konsentrasi sebesar 0,87 ppm untuk tanaman, dan 0,51 ppm untuk tanah; Reaktor KR15-30 memiliki konsentrasi sebesar 0,62 ppm untuk tanaman dan 0,5 ppm untuk tanah; Reaktor KR12-45 memiliki konsentrasi 0,69 ppm untuk tanaman dan 0,4 ppm untuk tanah; dan Reaktor

KR12-30 memiliki konsentrasi sebesar 0,61 ppm untuk tanaman dan 0,19 ppm untuk tanah.

Setelah didapatkan data tersebut, maka kemudian dapat dihitung *mass balance* untuk mengetahui konsentrasi Pb yang lepas saat proses pemaparan. Data selengkapnya tentang *mass balance* dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut;

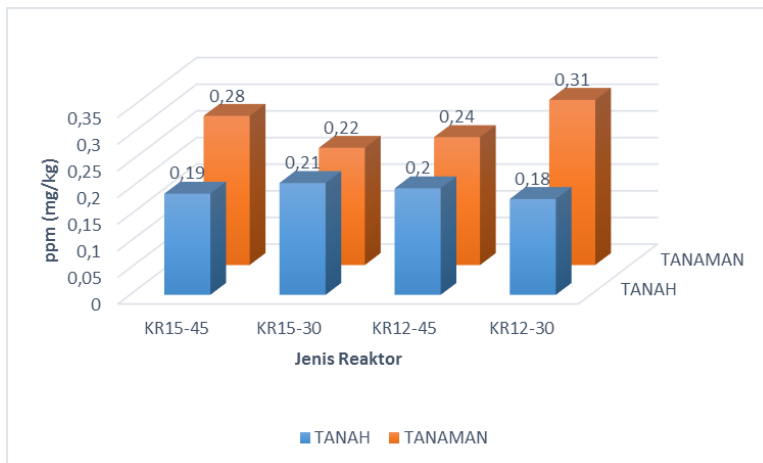
Tabel 4.2 Mass Balance Pb dalam Reaktor

	KR15-45 (L)	KR15-30 (L)	KR12-45 (L)	KR12-30 (L)	KR15-45 (Ar)	KR15-30 (Ar)	KR12-45 (Ar)	KR12-30 (Ar)
	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg
Konsentrasi Timbal (Masuk)	9,9	9,9	9,9	9,9	22	22	22	22
Konsentrasi Timbal (Keluar)	4,84	5,28	5,61	4,18	5,39	9,68	10,01	12,43
uptake dan tanah	5,06	4,62	4,29	5,72	16,61	12,32	11,99	9,57
Timbal dalam Tanaman	3,08	2,42	2,64	3,41	9,57	6,82	7,59	6,71
Timbal dalam Tanah	0,95	1,05	1	0,9	2,55	2,5	2	0,95
Total	4,03	3,47	3,64	4,31	12,12	9,32	9,59	7,66
Timbal yang Lepas	1,03	1,15	0,65	1,41	4,49	3	2,4	1,91

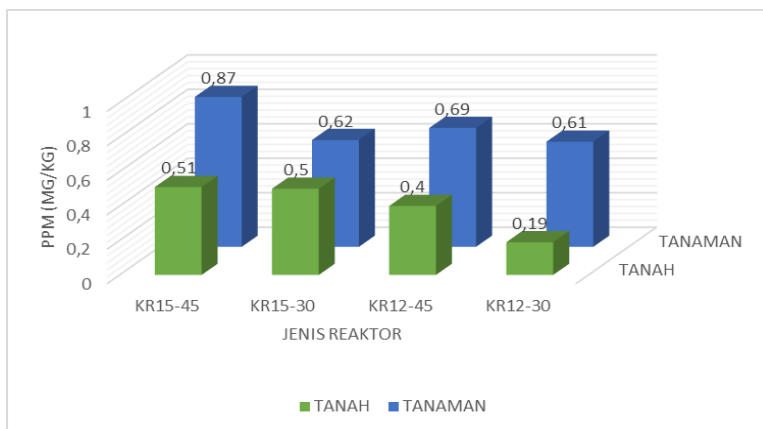
Dari data tersebut juga didapatkan bahwa juga terjadi akumulasi Pb dalam tanah meskipun dalam jumlah yang lebih sedikit dibandingkan akumulasi Pb dalam tanaman. Data lain yang didapatkan adalah jumlah Pb yang lepas, artinya Pb yang hilang dan tidak pada tanaman maupun tanah. Jumlah Pb yang hilang cenderung kecil yaitu 1,03 ppm; 1,15 ppm; 0,65 nppm; 1,41 ppm; 4,49 ppm; 3 ppm; 2,4 ppm; dan 1,91 ppm untuk masing-masing Reaktor KR15-45 (Lindi Asli); KR15-30 (Lindi Asli); KR12-45 (Lindi Asli); KR12-30 (Lindi Asli); KR15-45 (Lindi Artifisial); KR15-30 Lindi Artifisial); KR12-45 Lindi Artifisial); dan KR12-30 Lindi Artifisial). Data selengkapnya terdapat pada Lampiran B.

Dari data tersebut didapatkan bahwa Pb yang dipaparkan benar terserap oleh tanaman kenaf. Dibuktikan dengan data hasil analisa konsentrasi Pb pada tanaman yang menunjukkan bahwa tanaman mengandung Pb sehingga terjadi akumulasi pada tumbuhan kenaf. Akumulasi Pb pada tanaman melalui beberapa proses yaitu; fraksi logam Pb diabsorpsi pada permukaan akar, kemudian bioavailabilitas logam bergerak melewati membran seluler menuju sel-sel akar, kemudian fraksi logam Pb diabsorpsi kedalam akar dan diimobilisasi dalam vakuola, kemudian pada jaringan intraseluler logam digerakkan melewati membran seluler menuju jaringan xilem, dan kemudian logam tersebut

ditranslokasikan dari akar ke areal part tumbuhan (Baker dan Walker, 1990 dalam MacFarlane et al.,2003).



Gambar 4.21 Konsentrasi Pb pada Tanaman Kenaf dan Media Tanah yang Terpapar Lindi Asli



Gambar 4.22 Konsentrasi Pb pada Tanaman Kenaf dan Media Tanah yang Terpapar Lindi Asli

4.3.2 Analisis fisik tanaman

Pertumbuhan adalah penambahan ukuran dan berat kering yang tidak dapat balik yang mencerminkan penambahan protoplasma. Hal ini terjadi karena ukuran sel maupun jumlahnya bertambah. Pertumbuhan juga merupakan interaksi faktor genetik dan lingkungan. Analisis tumbuh tanaman digunakan untuk memperoleh ukuran kuantitatif dalam mengikuti dan membandingkan pertumbuhan tanaman, dalam aspek fisiologis maupun ekologis, baik secara individu maupun pertumbuhan. Analisis pertumbuhan merupakan suatu cara untuk mengikuti dinamika fotosintesis yang diukur oleh produksi bahan kering. Pertumbuhan tanaman dapat diukur tanpa mengganggu tanaman yaitu dengan pengukuran tinggi tanaman, lebar daun, dan jumlah daun.

4.3.2.1 Tinggi tanaman

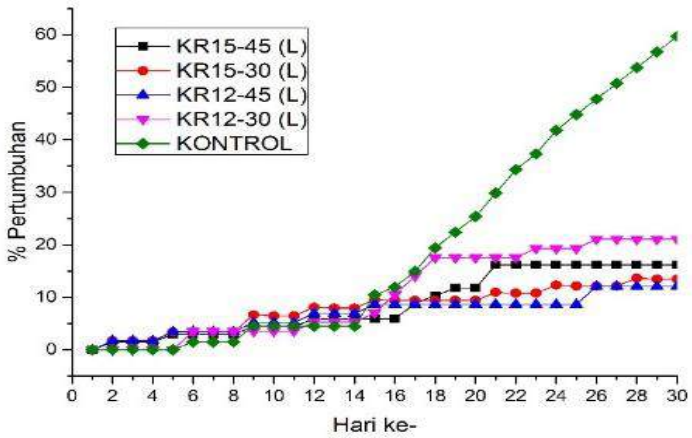
Analisis tinggi tanaman digunakan untuk memperoleh ukuran kuantitatif dalam mengikuti dan membandingkan pertumbuhan tanaman dalam aspek fisiologis. Analisis ini dapat digunakan untuk mengetahui pertumbuhan tanaman tanpa mengganggu tanaman. Analisis pengukuran tinggi tanaman ini dilakukan setiap hari selama uji fitoremediasi dengan menggunakan penggaris (Gambar 4.23). Data selengkapnya mengenai angka tinggi tanaman Kenaf selama proses uji Fitoeremediasi dapat dilihat pada Lampiran B.



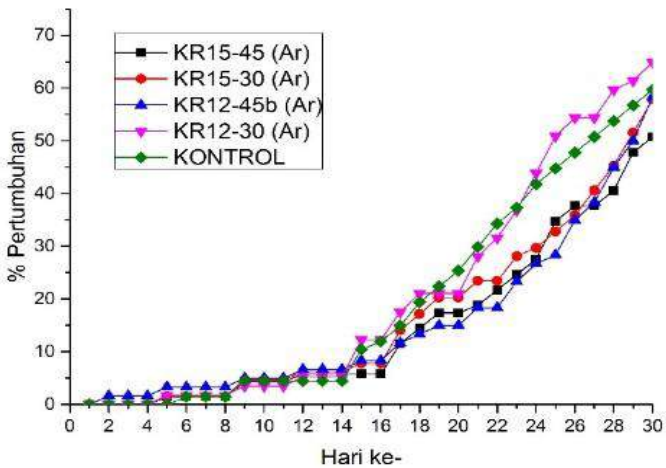
Gambar 4.23 Proses Pengukuran Tinggi Tanaman Kenaf
(sumber: dokumentasi pribadi)

Dari hasil grafik 4.24 – 4.25 didapatkan data bahwa pada hari ke-30 penelitian, tanaman Kenaf varietas KR15 umur 45 hari memiliki prosentase pertumbuhan tinggi tanaman sebesar 16,18% untuk paparan lindi asli dan 50,72% untuk paparan lindi artifisial serta merupakan varietas yang memiliki prosentase pertumbuhan tertinggi dibandingkan varietas yang lain. Pada tanaman Kenaf KR15 umur 30 hari hanya memiliki prosentase pertumbuhan sebesar 13,43% untuk paparan lindi asli, dan 57,81% untuk paparan lindi artifisial. Pada tanaman KR12 umur 45 hari memiliki prosentase sebesar 12,07% untuk paparan lindi asli dan 58,33% untuk paparan lindi artifisial. Pada tanaman KR12 umur 30 hari memiliki prosentase pertumbuhan sebesar 23,05% untuk paparan lindi asli dan 64,91% untuk paparan lindi artifisial. Sedangkan pada tanaman kontrol prosentase pertumbuhan mencapai 59,70%. Nilai prosentase pertumbuhan kontrol jauh lebih besar dari tanaman yang diberi perlakuan, hal ini membuktikan bahwa pencemar Pb memberikan dampak dan efek bagi tanaman Kenaf di semua varietas serta Pb dapat meningkatkan pertumbuhan. Hal tersebut dapat terjadi karena Pb menginduksi aktifitas enzim peroksidase yang berperan dalam degradasi IAA (*Indole Acetic Acid*) yaitu hormon yang merangsang pertumbuhan dan multiplikasi.

Dari data tersebut didapatkan hasil analisis bahwa antara perlakuan lindi asli dan lindi artifisial memiliki dampak yang berbeda pada tanaman Kenaf di reaktor. Untuk tanaman yang diberi perlakuan pemaparan pencemar lindi asli memiliki prosentase pertumbuhan yang lebih kecil dibandingkan perlakuan pada lindi artifisial. Hal ini dimungkinkan terjadi karena banyaknya pencemar lain yang berada pada limbah lindi asli seperti BOD, COD, TSS, TOC, dan zat pencemar lainnya. Sedangkan pada lindi artifisial hanya terdapat Pb dengan konsentrasi 2 ppm yang dimungkinkan kurang memiliki pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman Kenaf.



Gambar 4.24 Pertumbuhan Tinggi Tanaman Kenaf Terpapar Lindi



Gambar 4.25 Pertumbuhan Tinggi Tanaman Kenaf Terpapar Lindi Artifisial

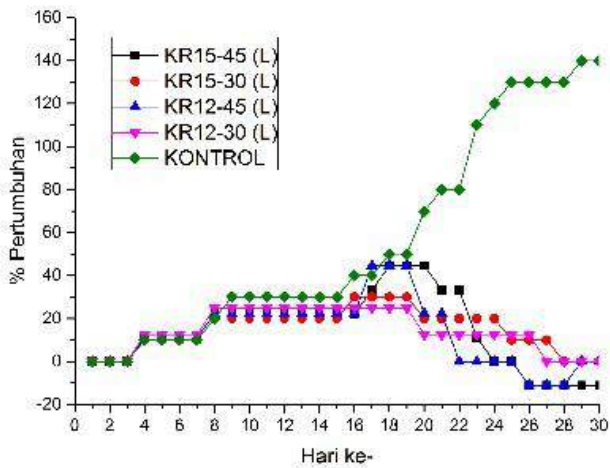
4.3.2.2 Jumlah daun

Jumlah daun mencerminkan banyaknya daun yang terdapat dalam suatu tanaman yang akan menggambarkan kondisi tanaman apakah dalam kondisi sehat ataupun mati. Daun juga merupakan organ utama yang melakukan fotosintesis yang selanjutnya akan menyusun biomassa (berat kering). Pada pengukuran jumlah daun ini adalah dihitung secara manual tiap tanaman setiap harinya selama proses penelitian (Gambar 4.26). Data selengkapnya mengenai jumlah daun dapat dilihat pada Lampiran B6.

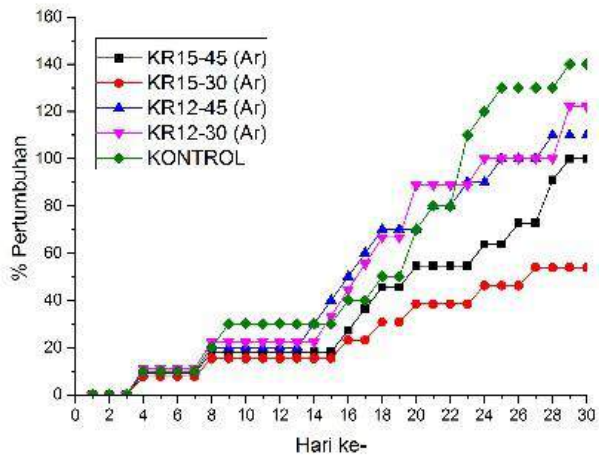
Pada Gambar 4.27 – 4.28 menyatakan bahwa terdapat perbedaan antara prosentase jumlah daun pada tanaman terpapar lindi asli dengan terpapar lindi artifisial. Pada Gambar 4.27 menyatakan bahwa pada tanaman yang terpapar lindi asli maka jumlah daun mengalami penurunan pada hari ke-17 untuk Kenaf varietas KR12 umur 45 hari sedangkan pada tanaman varietas lainnya tidak mengalami peningkatan prosentase pertumbuhan seperti pada tanaman kontrol maupun yang tercemar lindi artifisial. Hal ini disebabkan karena dalam lindi asli tidak hanya ada pencemar Pb, akan tetapi banyak pencemar lainya seperti BOS, COD, TSS, dan lain-lain.



Gambar 4.26 Tahap Penghitungan Jumlah Daun Tanaman Kenaf
(sumber: dokumentasi pribadi)



Gambar 4.27 Pertumbuhan Jumlah Daun Tanaman Kenaf Terpapar Lindi Aali



Gambar 4.28 Pertumbuhan Jumlah Daun Tanaman Kenaf Terpapar Lindi Artifisial

Pada analisis jumlah daun di hari ke-30 penelitian didapatkan hasil bahwa KR15 umur 45 hari memiliki prosentase pertumbuhan jumlah daun sebesar -11% pada lindi asli dan 100% pada lindi artifisial. KR15 umur 30 hari memiliki prosentase pertumbuhan jumlah daun sebesar 0,00% pada lindi asli dan 53,85% pada lindi artifisial. KR12 umur 45 hari memiliki prosentase pertumbuhan jumlah daun sebesar 0,00% pada lindi asli dan 110% pada lindi artifisial. kemudian KR12 umur 30 hari memiliki prosentase sebesar 0,00% dan 122,22% pada lindi artifisial. Sedangkan pada tanaman kontrol memiliki prosentase pertumbuhan jumlah daun yang cukup tinggi yaitu sebesar 140% pada saat pertumbuhannya.

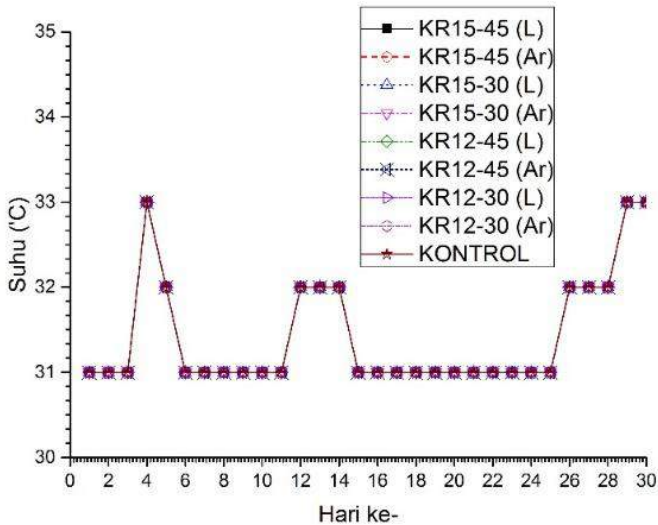
4.3.3 Analisis suhu

Penelitian ini juga mengukur suhu limbah lindi yang diujikan. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui besarnya suhu sistem pada tiap perlakuan. Sebab selama penelitian semua sistem berada di lingkungan *greenhouse*. Sehingga secara langsung suhu *greenhouse* akan mempengaruhi suhu lindi dalam sistem. Pengukuran suhu sistem (perlakuan) dilakukan setiap hari selama masa penelitian. Pengukuran suhu dilakukan pada pukul 09.00 – 12.00 WIB.

Penelitian utama dilaksanakan selama 30 hari di *greenhouse*. *Greenhouse* berbahan cover terang. Selama waktu tersebut dilakukan pengukuran yang berhubungan langsung dengan perlakuan yakni suhu lingkungan.

Gambar 4.29 menunjukkan kondisi suhu lingkungan penelitian selama 30 hari pengamatan. Berdasarkan Gambar 4.28 dapat dilihat kecenderungan fluktuasi suhu setiap harinya. Hal ini dikarenakan kondisi cuaca pada hari pengamatan dan intensitas penyinaran matahari yang tidak tetap. Namun fluktuasi suhu harian tidak mencapai selisih yang terlalu besar.

Temperatur udara dalam suatu *Greenhouse* akan meningkat sekitar 31 C – 33 C, pada waktu penyinaran matahari sedang berlangsung. Pukul 06.00 suhu akan meningkat, pukul 14.00 suhu menurun dan pukul 20.00 suhu semakin konstan disebabkan energi matahari yang diterima akan semakin besar sesuai dengan sudut jatuh radiasi matahari (Fidaus, 2009).



Gambar 4.29 Data Suhu pada Reaktor

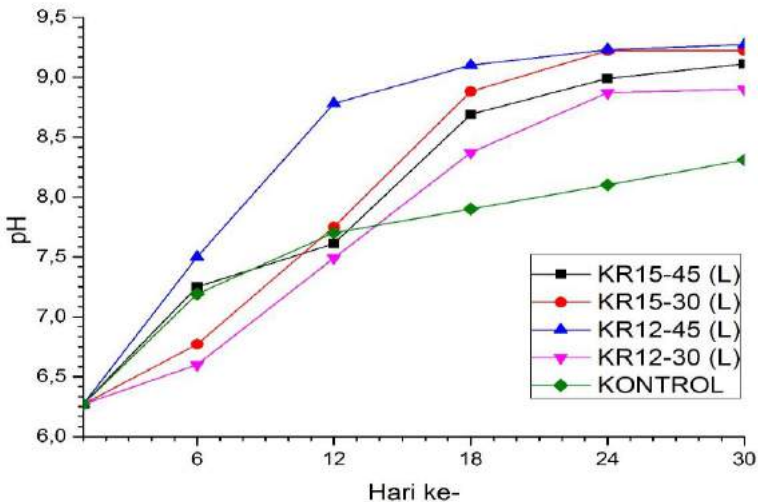
4.3.4 Analisis PH

Salah satu pengukuran yang sangat penting dalam penelitian ini adalah analisis pH, yaitu pengukuran ion hidrogen dalam suatu larutan. Pada penelitian ini pH lindi diamati setiap 6 hari sekali. Tiap perlakuan diambil sampelnya kemudian diukur besar keasaman limbah. Tiap perlakuan yang memiliki ulangan, pH limbahnya hampir selalu tetap. Selisih pH tiap analisis hanya berkisar 0,2 – 0,5. Namun beberapa ulangan perlakuan ada yang memiliki selisih sampai 0,7. hal ini di pengaruhi oleh penambahan limbah baru telah ditentukan. Gambar 4.29 – 4.30 menunjukkan grafik total pH perlakuan selama 30 hari penelitian.

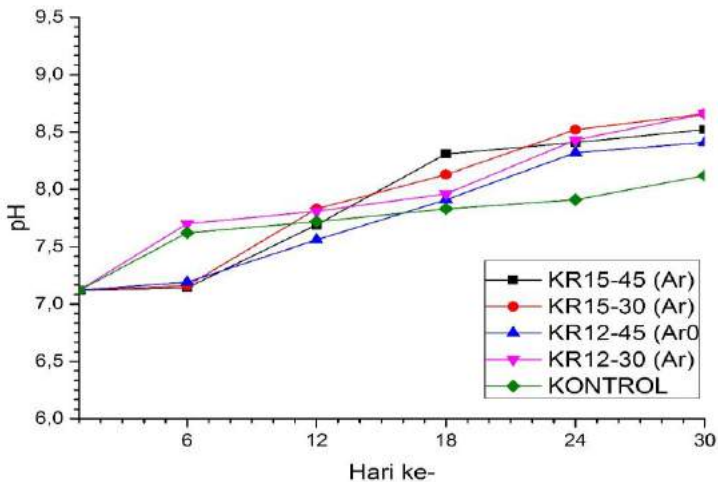
Hasil penelitian (Suryadharma, 2008) menunjukkan bahwa pH lindi berada pada rentang netral (6-8). Pescod (1973) mengatakan bahwa nilai pH menunjukkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam air. Kemampuan air untuk mengikat atau melepaskan sejumlah ion hidrogen akan menunjukkan apakah perairan tersebut bersifat asam atau basa

(Barus, 2002). Selanjutnya beliau menambahkan bahwa nilai pH perairan dapat berfluktuasi karena dipengaruhi oleh aktivitas fotosintesis, respirasi organisme akuatik, suhu dan keberadaan ion-ion di perairan tersebut. Menurut Pohland dan Harper (1985) nilai pH air lindi pada tempat pembuangan sampah perkotaan berkisar antara 1,5 – 9,5.

pH air sangat mempengaruhi proses biokimiawi dalam air (Effendi, 2003 *dalam* Fitriyah, 2011). Kenaikan pH disebabkan adanya proses fotosintesis, denitrifikasi, pemecahan nitrogen organik dan reduksi sulfat (Jennie, 1993 *dalam* Fitriyah, 2011). Nilai pH dipengaruhi oleh suhu dan salinitas air. Dalam hal ini suhu mengalami penurunan, menyebabkan kenaikan kelarutan oksigen air sehingga nilai pH menjadi naik (basa).



Gambar 4.29 Data pH pada Lindi Asli



Gambar 4.30 Data pH pada Lindi Artifisial

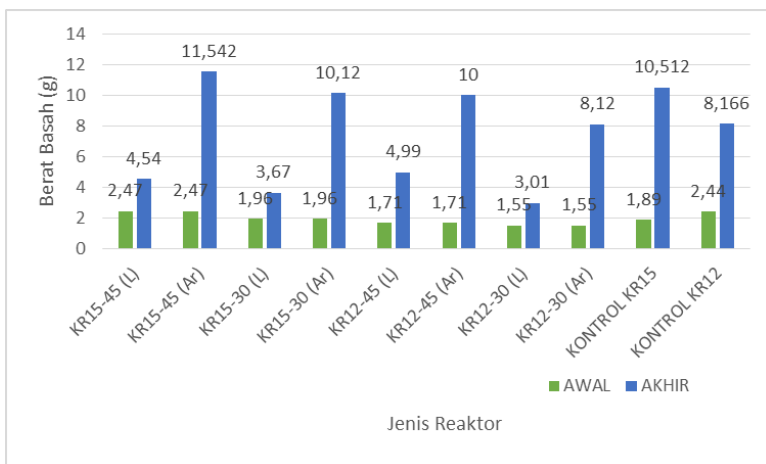
4.3.5 Analisis berat basah dan berat kering tanaman

Berat kering tanaman merupakan ukuran yang paling sering digunakan untuk menggambarkan dan mempelajari pertumbuhan tanaman. Analisis berat kering dilakukan di awal dan di akhir penelitian. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui apakah ada pengaruh dari lindi dan perlakuan variabel dengan biomassa tanaman. Tanaman yang digunakan dalam reaktor diusahakan memiliki berat basah yang hampir seragam yaitu antara 6-7 gram/tanaman.

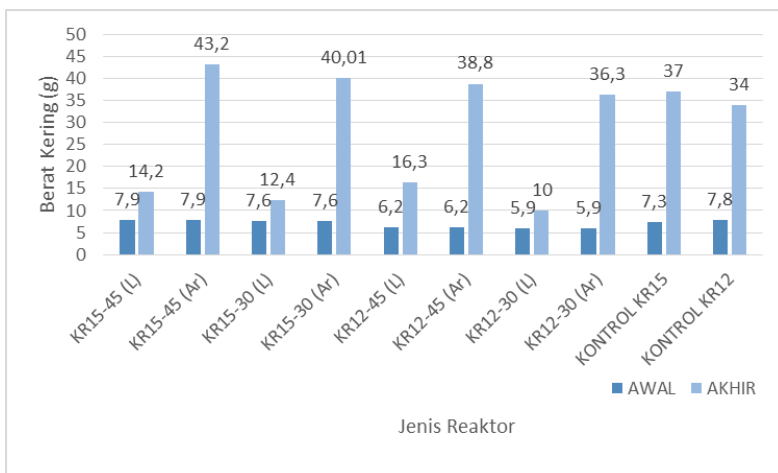
Dari Gambar 4.31 menunjukkan bahwa berat basah tanaman Kenaf antar perlakuan menunjukkan hasil yang berbeda nyata. Hal ini karena pemaparan lindi asli dan lindi artifisial menyebabkan perbedaan penyerapan air dan penimbunan hasil fotosintesis. Berat basah dipengaruhi oleh kandungan air pada sel-sel tanaman yang kadarnya dipengaruhi oleh lingkungan seperti suhu dan kelembaban udara, sehingga berat kering tanaman lebih menunjukkan status pertumbuhan tanaman (Sitompul dan Guritno, 1995).

Hal tersebut juga terjadi pada analisis berat kering, dimana pertumbuhan secara signifikan terjadi pada tanaman Kenaf yang terpapar oleh lindi artifisial. Sedangkan pada lindi asli pertumbuhan berat kering cenderung kecil (Gambar. 4.32). Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat pengaruh antara pemaparan lindi dengan biomassa tanaman. Semakin banyak menyerap Pb pada lindi maka tanaman juga akan memiliki biomassa yang makin tinggi. Berat kering tanaman berbeda nyata menunjukkan adanya akumulasi senyawa organik yang berhasil disintesis tanaman antar perlakuan adalah berbeda. Hal ini mungkin disebabkan adanya penghambatan pada awal fase pertumbuhan sehingga terjadi penurunan produksi biomassa secara nyata pada lindi asli, jumlah daun yang sedikit dan berukuran kecil menyebabkan produk fotosintesis yang dihasilkan sebagai komponen tanaman sedikit. Sedangkan tanaman dengan pemaparan lindi artifisial menunjukkan jumlah biomassa tinggi sehingga akan tumbuh lebih baik karena mampu menghasilkan bahan kering yang lebih banyak. Data berat kering dan berat basah selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran B.

Produksi tanaman biasanya lebih akurat dinyatakan dengan ukuran berat kering daripada dengan berat basah, karena berat basah sangat dipengaruhi oleh kondisi kelembaban (Sitompul dan Guritno, 1995). Hasil berat kering merupakan keseimbangan antara fotosintesis dan respirasi. Fotosintesis mengakibatkan peningkatan berat kering tanaman karena pengambilan CO₂ sedangkan respirasi mengakibatkan penurunan berat kering karena pengeluaran CO₂ (Gardner dkk.,1991).



Gambar 4.31 Data Berat Basah Tanaman Kenaf



Gambar 4.32 Data Berat Kering Tanaman Kenaf

Data diatas menunjukkan bahwa nilai berat basah dan berat kering tertinggi terdapat pada tanaman varietas KR15 usia 45 hari. Hal tersebut sejalan dengan efisiensi penyerapan yang tertinggi pula pada varietas KR15 usia 45 hari. Hal tersebut

menunjukkan tingginya akumulasi logam berat pada tanaman varietas tersebut. Penambahan biomassa sendiri dapat terjadi karena adanya mekanisme toleransi terhadap logam berat yaitu dengan menghasilkan senyawa peptida pengikat logam seperti fitokelatin. Detoksifikasi ion logam yang masuk dalam sel dapat dilakukan dengan pembentukan fitokelatin yang berasal dari glutathione sebagai prekursornya dengan bantuan fitokelatin sintase. Ion logam akan berikatan dengan gugus sulfhidril pada sistem. Sehingga akan terbentuk kompleks fitokelatin logam yang kemudian ditransport ke dalam vakuola untuk disimpan. Fitokelatin yang mengikat Pb dan disimpan pada vakuola menyebabkan tanaman tetap mampu melakukan proses fisiologis (Galli et al., 1994).

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Kesimpulan sementara yang didapatkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L) mengalami tahap kematian pada paparan konsentrasi timbal (Pb) sebesar 1000 ppm dalam kurun waktu 7 hari. Kematian ditandai dengan respons spesifik berupa daun menguning dan layu secara keseluruhan baik di batang maupun daun.
2. Efisiensi dekontaminasi timbal tertinggi pada lindi asli maupun lindi artifisial terdapat pada tanaman Kenaf varietas KR15 dengan usia 45 hari yaitu sebesar 50% dan 72% untuk masing-masing jenis larutan lindi asli dan lindi buatan.

5.2 Saran

1. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan analisis menggunakan variasi media tanam, sehingga akan didapatkan media tanam terbaik untuk mendukung fitoremediasi oleh tanaman Kenaf
2. Pada penelitian selanjutnya juga bisa dilakukan penelitian menggunakan variasi umur tanaman yang secara generatif lebih sempurna. Artinya kondisi fisik sudah tidak mengalami perubahan (misal: daun sudah menjari secara keseluruhan)
3. Pada penelitian selanjutnya dapat juga dilakukan uji fitoremediasi dengan tanaman Kenaf menggunakan zat pencemar lain pada limbah yang lain.

“Halaman Sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Ay, 2006. *Water And Wastewater Technology*. New York : John Willey And Sons Inc
- Brix, H. 1993. *Wastewater Treatment In Constructed Wetlands : System Design Removal Processes, And Treatment Performances*. Crc Press, Boca, Raton, Florida
- Chaney, 1995. *Phytoremediation and Its Models For Organic Contaminated Soils*. Journal Of Environmental Sciences 15(3): 302–310.
- Charlena, Pv., 2003, *Effect Clay Minerals On Cr(Vi) Reduction By Organic Compounds*, Environmental Monitoring And Assessment 84: 5-18.
- Collins. C. D., 1994. *Strategies For Minimizing Environmental Contaminants*. Trends Plant. Science : 4 - 45
- Connel, Miller, 1983. *Kinetics And Ph Dependence Of Chromium (Vi) Reduction By Iron (Ii)*, Environ. Sci. Technol., 32(5), 1426-1432.
- Corseuil, Moreno, 2000. *Rhizosphere Bacterial Signalling: A Love Parade Beneath Our Feet*. Crit. Rev. Microbiol. 30: 205–240.
- Darmono, 2001. *Study Kualitas Fisik Kimia 3 (Tiga) Anak Sungai Bengawan Solo Di Kabupaten Karanganyar*, Pusat Studi Lingkungan Hidup Lembaga Penelitian Uns Surakarta.
- Dinius, 1975. *Bioaccumulation Of Chromium In Red Swan Crayfish (Procambarus Clarkii)*, J. Of Hazardous Materials, 54: 1- 13.
- Ebsbs, Deepti Sharma. 2000. *Luxury Uptake And Removal Of Phosphorus By Pistia Stratiotesl. In The Kabar Wetland Of The Eastern Indian Genetic Plain*. India : Laboratory Of Environment And Biotechnology. Vol. 3. No. 4 :5-21.

- Feller Cv, 2010. *Phytoremediation Of Iron Cyanide Complexes in Soil And Groundwater*.
- Fitter, 1991. *Removal Of Prussian Blue From Contaminated Soil In The Rhizosphere Of Cyanogenic Plants*. *Chemosphere* 69(9): 1492–1498.
- Flathman, Lanza. 1998. *Annual Review Plant Physiology And Plant Molecular Biology : Phytoremediation*. Annual Reviews. Usa. 501–662.
- Glass, 1998. *Bioremediation Of Crude Oil Contamination With *Cinetobacter* Sp. A3*. *Current Microbiology* 35: 191–193.
- Grace, Er Al. 1982. *A Comparison Of Bacterial Removal Efficiencies In Constructed Wetlands And Algae-Based System*. *Journal Of Ecological Engineering* Volume 32, Nomor 3.
- Grant. C. A. W.T Buckley. L.D Bailey and F. Selles., 1998. *Cadmium Accumulation In Crops*. *Ca. J. Plant. Sci.* 78 : 1-17
- G. Wozdc, E.A. R. Prazymusinki. R. Rucinska and J. Deckert, 1997. *Plant Cell Responses to Heavy Metals molecular and physiologic aspect*. *Acta Physiol Plant.* 19 ; 459 - 465
- Hartati, 2007. *Perencanaan Tempat Pembuangan Akhir (Tpa)*. Jakarta : Ekamitra Engineering
- Hidayati, N. 2005 *Fitoremediasi Dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator*. *Jurnal Hayati* Vol 12. No.1. Bogor : Pusat Penelitian Biologi, Lipi.
- Huyser V, 1997. *Chromium (Iii) Removal And Recovery From Tannery Wastewater By Precipitation Process*, *Ameri- Can Journal Of Applied Sciences* 2 (10): 1471 – 1473

- Jadi, Fulekar J. 2008. *An Overview Of The Phytoremediation Of Lead And Mercury*. National Network Of Environmental Management Studies (Nnems) Fellow, Vol.9. No. 5 : 32-39
- Kasmayadi, A. T., 1986. *Perilaku Rembesan Leachate Pada Dasar Clay Liner Di Lpa Supit*
- Kramer, U., JD. Cotter – Howwel. J.M. Charnock A.J.M Baker. J.A.C. Smith, 1996. *Free Hestideneas as a metal chelator in plants that accumulatenikel*.
- Lee, Duncan. 2010. *Domestic Wastewater Treatment In Developing Countries*. Us : Earthscan.
- Lu, F.C., And Buorg, A.C.M., 1995, *Aqueous Geochemistry Of Chromium, A Review*, Water Research,7: 807 – 816.
- Mahui, A.H and A.A. Roadbari, 2011. *Survey on the effect of landfill leachate of shahrood city of Iran on ground Water Quality*. Journal of Applied Technologi in Environmental Sanitatom. Vol :1:17-25
- Marschener, H dan V Romheld, 1994. *Strategis of plants for acquisition of Iron*. Plant soil : 165 : 261 - 274
- Mchlenbrock, 1992. *Constructed Wetlands For Water Quality Improvement*. London : Lewis Publisher
- MC Grath, S.P., Z. G. Shen, dan F.J Zhao, 1997. *Heavy metal uptake and chemical changes in the rhizosphere of thlaspi caerulescens and thlaspi Ocheuleucun grow in contaminated soils*. Plant soil. 188 – 153 - 154
- Munawar, 2011. *Identifikasi Penyebaran Lindi Tpa Muara Fajar Dengan Menggunakan Metoda Geolistrik*. Fakultas Teknik Universitas Riau,
- Nursal, T., 2004. *Evaluasi Viabilitas Bakteri Asal Limbah Cair Industri Tekstil Dalam Media Yang Mengandung Logam Berat*, Surakarta : Uns Press

- Palar, 1994. *Integrated Risk Information System (Iris) On Chromium*. National Center For Environmental Assessment, Office Of Research And Development, Washington Dc.
- Parmono. M. 1995. *Sistem Pengolahan Limbah Terpadu Pada Penambangan Emas Di Kabupaten Bone Bolango Provinsi Gorontalo*. Vol. 3. No.9 : 5-22.
- Ray Campbell and C. Owen Plank, 1998. *Handbook of Reference Methods for Plant Analysis : Preparation of Plant Tissue For Laboratory Analysis*. Washington D.C : CLC Press
- Rowe, 1995. *Mengolah Air Gambut Dan Air Kotor Untuk Air Minum*. Swadaya, Jakarta. Riyadi, S. 1984. *Pencemaran Air*. Surabaya : Karya Ananda
- Saeni, 1997. *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*, Jakarta : Penerbit Ui Press
- Sarudji, 2007. *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi
- Salt. D. E., R.C Prince, I. J Pickering. I. Raskin, 1995. *Mechanism of Cadmium Mobility and Accumulation in Indian Mustard*. *Plant Physiol*. 109 : 1427 – 1433
- Sarwoko Mangkoedihardjo and Ganjar Samudro, 2014. *Research Strategy on Kenaf for Phytoremediation of Organic Matter and Metals Polluted Soil*. *Advances in Environmental Biology* 64 – 67
- Sarwoko Mangkoedihardjo and Ganjar Samudro, 2010. *Fitoteknologi Terapan*. Yogyakarta: Graha ilmu
- Sarwoko Mangkoedihardjo and Ganjar Samudro, 2009. *Ekotoksikologi Teknosfer*. Surabaya: Guna Widya
- Schnoor, Jl., La. Licht, Sc. Mc, Cutcheon, L. Wolfe, And Lh. Carreira. 1995. *Phytoremediation Of Organic And Nutrient*

Contaminant. Environment Science Technology, 29: 318–323

- Shay Nw, 1986. *The Use Of Typha Latifolia For Heavy Metal Pollution Control In Urban Wetlands*, In: *Constructed Wetlands For Water Quality Improvement* (Ed. G. A. Moshiri), 497-414. Usa : Lewis Publisher
- Snay Et Al., 1986. *Small Constructed Wetlands System For Domestic Wastewater Treatment And Their Performance*, Crc Press, Boca, Raton, Florida
- Standar Nasional Indonesia. Cara Uji Timbal (Pb) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala. (SNI 06-6989.8-2004)
- Standar Nasional Indonesia. Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan menggunakan Alat pH meter (SNI 06-6989.8-2004)
- Standar Nasional Indonesia. Cara Uji Suhu dengan Termometer (SNI 06-6989.23-2005)
- Sunu, R., 2001. *Application Of Polyani- Line And Its Composites For Ad- Sorption/Recovery Of Chromium (Vi) From Aqueous Solutions*, *Acta Chim. Slov.*, 53: 88-94.
- Suryati, H. 2003. *Potensi Tumbuhan Dalam Mengakumulasi Logam Cu Pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas*. Bandung : Balai Besar Pulpen Dan Kertas. *Jurnal Bs*, Vol. 44, No. 1. 27 - 40
- Tchobanoglous, G. 1993. *Integrated Solid Waste Management : Engineering Principles And Management Issues*. Mcgraw-Hili.Inc, New York.
- Trapp S And U Karlson, 2001. *Aspects Of Phytoremediation Oforganic Pollutants. Journal Soils & Sediments* 1: 1–7. Wei Sw, Z Qixing, Z Kaisong, And L Jidong, 2003. *Roles Of*

Rhizosphere In Remediation Of Contaminated Soils And Its Mechanisms. Yingyong Shengtai Xuebeo 14: 143–147.

Underwod, Suttle, 1969. *Intertactive Toxiceffect And Distribution Of Heavy Metal In Phytoplankton, Environ. Toxicology And Water Quality*, 9: 7 – 15.

LAMPIRAN A

PROSEDUR PENELITIAN

1). Pembuatan Larutan Baku Timbal (Pb) 1000 ppm

Prosedur pembuatan larutan baku timbal (Pb) 1000 ppm adalah sebagai berikut:

- Ditimbang 1 gram timbal (Pb) pada neraca analitik
- Disiapkan 50 ml asam nitrat
- Dilarutkan 1 gram logam Pb dalam 50 ml asam nitrat 2 M pada gelas ukur 100 ml, lalu diencerkan dengan aquades
- Larutan dimasukkan dalam labu ukur 1000 ml dan ditepatkan volumenya dengan aquades.
- Larutan induk ini setara dengan 1000 mg/l atau 1000 ppm kadar Pb

2). Analisis Pertumbuhan Tinggi Tanaman Kenaf

- Pengukuran tinggi tanaman dilakukan setiap hari sampai tanaman berbunga yaitu pada usia 90hari.
- Pengukuran dilakukan mulai pangkal batang sampai ujung daun tanaman tertinggi.

3). Analisis Pertumbuhan Jumlah Daun Tanaman Kenaf

- Pengamatan tinggi jumlah daun dilakukan setiap hari sampai tanaman berbunga yaitu pada usia 90hari.
- Jumlah daun dihitung dengan menghitung semua daun, kecuali daun yang masih kuncup.

4). Analisis Ph

- Dichelupkan elektroda kedalam sampel sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap
- Dicatat hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan dari pH meter

5). Analisis Suhu

- Termometer langsung dicelupkan ke dalam sampel dan dibiarkan 2 menit sampai 5 menit sampai termometer menunjukkan nilai yang stabil

- Dicatat pembacaan skala termometer tanpa mengangkat lebih dahulu termometer dari air

6) Analisis Berat Basah dan Berat Kering Tanaman Kenaf

Analisis biomass dilakukan untuk mengukur berat basah dan berat kering tumbuhan. Analisis ini dilakukan sekali di awal dan di akhir penelitian. Analisis berat kering adalah sebagai berikut.

- Tumbuhan diambil dari media tanam, lalu dibersihkan dari kotoran yang menempel di permukaan tumbuhan dengan menggunakan tisu
- Pengukuran berat kering dilakukan dengan meletakkan tumbuhan ke dalam oven pengering pada suhu 70°C selama 48 jam
- Tumbuhan distabilkan suhunya agar sama dengan suhu ruangan dengan meletakkan ke dalam desikator selama 1 jam
- Tumbuhan ditimbang dengan neraca analitik

7) Prosedur Destruksi tanaman kenaf

- Ambil sampel tanaman dan gerus hingga halus.
- Masukkan sampel dalam Erlenmeyer 100 ml, lalu tambahkan 5 ml HNO₃ pekat dan encerkan hingga menjadi 50 ml
- Hidupkan kompor listrik dan panaskan selama 3 jam. Setelah pemanasan 3 jam, tambahkan peroksida 5 ml dan panaskan kembali selama 2 jam
- Sampel disaring dan masukkan dalam labu ukur 100 ml. encerkan sampai volume 100 ml

8) Prosedur Destruksi Tanah Media Tanaman Kenaf

- Ambil sampel tanah sebanyak 5 gram dan gerus hingga halus.
- Masukkan sampel dalam Erlenmeyer 100 ml, lalu tambahkan 5 ml HNO₃ pekat dan encerkan hingga menjadi 50 ml
- Hidupkan kompor listrik dan panaskan selama 5 jam.

- Sampel disaring dan masukkan dalam labu ukur 100 ml. encerkan sampai volume 100 ml

“Halaman Sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN B DATA HASIL ANALISA

1. Data Perkembangbiakkan Tanaman Kenaf

Berikut adalah hasil pengukuran tinggi tanaman Kenaf dan jumlah daun kenaf selama 3 bulan (94 hari) :

HARI	TINGGI (cm)		JUMLAH DAUN	
	KR12	KR15	KR12	KR15
1	0	0	0	0
2	3	2	1	1
3	4	4	1	1
4	5	6	1	1
5	7	8	1	1
6	8	10	1	1
7	8	12	2	1
8	12	14	2	2
9	14	16	2	2
10	16	18	2	2
11	18	22	2	2
12	24	26	2	2
13	28	30	2	2
14	30	32	2	2
15	34	36	3	4
16	35	38	3	4
17	39	40	4	5
18	39	41	4	5
19	42	42	4	5
20	42	43	4	5

HARI	TINGGI (cm)		JUMLAH DAUN	
	KR12	KR15	KR12	KR15
21	42	45	4	5
22	44	47	5	6
23	44	48	5	6
24	50	50	5	6
25	50	54	5	7
26	51	60	5	7
27	52	62	5	7
28	52	63	5	7
29	54	63	6	8
30	55	64	6	8
31	55	65	6	8
32	55	65	6	8
33	56	65	7	8
34	57	66	7	9
35	58	67	7	9
36	59	68	7	9
37	59	68	7	9
38	59	69	8	9
39	60	69	8	10
40	60	69	8	10
41	61	70	8	10
42	61	71	9	10
43	63	73	9	11
44	63	74	9	11
45	65	76	9	11
46	67	78	9	11
47	67	78	9	11

HARI	TINGGI (cm)		JUMLAH DAUN	
	KR12	KR15	KR12	KR15
48	67	78	9	11
49	67	78	9	11
50	67	78	10	12
51	67	78	10	12
52	68	78	10	12
53	68	81	10	12
54	68	81	11	13
55	70	81	11	13
56	70	81	11	13
57	70	81	11	13
58	70	81	11	13
59	70	83	11	13
60	70	83	11	13
61	74	83	12	13
62	75	83	13	14
63	77	85	14	15
64	80	85	15	16
65	82	85	15	16
66	84	87	17	17
67	87	89	17	17
68	90	89	17	17
69	92	90	17	17
70	95	94	18	18
71	97	97	18	18
72	99	100	18	19
73	101	103	18	19
74	103	105	18	21

HARI	TINGGI (cm)		JUMLAH DAUN	
	KR12	KR15	KR12	KR15
75	105	107	20	22
76	107	111	20	22
77	107	111	20	23
78	108	113	20	23
79	110	115	21	23
80	110	120	21	24
81	110	121	21	24
82	114	122	21	24
83	115	122	22	24
84	115	127	22	24
85	115	129	22	25
86	117	130	23	25
87	117	131	23	25
88	117	133	23	27
89	119	133	23	27
90	119	135	24	27
91	119	137	24	28
92	119	140	24	28
93	119	141	24	28
94	120	142	24	28

1. Data Analisa Timbal

a) Analisa Timbal pada Larutan

HARI	KR15-45 (L)	KR15-45 (Ar)	KR12-30 (L)	KR15-30 (Ar)	KR12-45 (L)	KR12-45 (Ar)	KR12-30 (L)	KR12-30 (Ar)	ASLI	ARTIFISIAL
	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
0	0,96	2,00	0,96	2,00	0,96	2,00	0,96	2,00	0,96	2,00
6	0,77	1,14	0,87	1,23	0,80	1,46	0,80	1,54	0,80	1,84
12	0,67	0,80	0,71	1,14	0,78	1,30	0,67	1,45	0,78	1,77
18	0,53	0,67	0,66	1,04	0,64	1,12	0,50	1,35	0,77	1,57
24	0,48	0,56	0,51	0,94	0,55	1,02	0,40	1,21	0,75	1,55
30	0,44	0,49	0,48	0,88	0,51	0,91	0,38	1,13	0,75	1,45

b) Analisa Timbal pada Tanaman Kenaf (Hari ke-30)

VARIETAS TANAMAN KENAF	KR15-45 (L)	KR15-30 (L)	KR12-45 (L)	KR12-30 (L)	KR15-45 (Ar)	KR15-30 (Ar)	KR12-45 (Ar)	KR12-30 (Ar)
KONSENTRASI TIMBAL (mg/kg)	0,05	0,04	0,04	0,05	0,15	0,10	0,12	0,10

c) Analisa Timbal pada Tanah (Hari ke-30)

VARIETAS TANAMAN KENAF	KR15-45 (L)	KR15-30 (L)	KR12-45 (L)	KR12-30 (L)	KR15-45 (Ar)	KR15-30 (Ar)	KR12-45 (Ar)	KR12-30 (Ar)
KONSENTRASI TIMBAL (mg/kg)	0,19	0,21	0,2	0,18	0,51	0,5	0,4	0,19

d) MASS BALANCE TIMBAL DALAM LINDI

	KR15-45 (L)	KR15-30 (L)	KR12-45 (L)	KR12-30 (L)	KR15-45 (Ar)	KR15-30 (Ar)	KR12-45 (Ar)	KR12-30 (Ar)
	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg
Konsentrasi Timbal (Masuk)	9,9	9,9	9,9	9,9	22	22	22	22
Konsentrasi Timbal (Keluar)	4,84	5,28	5,61	4,18	5,39	9,68	10,01	12,43
uptake dan tanah	5,06	4,62	4,29	5,72	16,61	12,32	11,99	9,57

	KR15-45 (L)	KR15-30 (L)	KR12-45 (L)	KR12-30 (L)	KR15-45 (Ar)	KR15-30 (Ar)	KR12-45 (Ar)	KR12-30 (Ar)
	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg
Timbal dalam Tanaman	3,08	2,42	2,64	3,41	9,57	6,82	7,59	6,71
Timbal dalam Tanah	0,95	1,05	1	0,9	2,55	2,5	2	0,95
Total	4,03	3,47	3,64	4,31	12,12	9,32	9,59	7,66
Timbal yang Lepas	1,03	1,15	0,65	1,41	4,49	3	2,4	1,91

2. Data Analisa Morfologi Tanaman Kenaf saat Penetian Utama (Uji Fitoremediasi)

a). Analisa tinggi tanaman kenaf

HARI	KR15-45 (L)	KR15-45 (Ar)	KR12-30 (L)	KR15-30 (Ar)	KR12-45 (L)	KR12-45b (Ar)	KR12-30 (L)	KR12-30 (Ar)	KONTROL
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
0	68	69	58	64	58	60	57	57	67
1	68	69	58	64	58	60	57	57	67
2	69	69	59	64	59	61	57	57	67
3	69	69	59	64	59	61	57	57	67
4	69	69	59	64	59	61	57	57	67
5	70	70	60	65	60	62	57	58	67
6	70	70	60	65	60	62	59	58	68
7	70	70	60	65	60	62	59	58	68
8	70	70	60	65	60	62	59	58	68
9	71	72	62	67	61	63	59	59	70
10	71	72	62	67	61	63	59	59	70
11	71	72	62	67	61	63	59	59	70
12	72	73	63	68	62	64	60	60	70
13	72	73	63	68	62	64	60	60	70
14	72	73	63	68	62	64	60	60	70
15	72	73	64	69	63	65	61	64	74

HARI	KR15-45 (L)	KR15-45 (Ar)	KR12-30 (L)	KR15-30 (Ar)	KR12-45 (L)	KR12-45b (Ar)	KR12-30 (L)	KR12-30 (Ar)	KONTROL
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
16	72	73	64	69	63	65	63	64	75
17	74	77	64	73	63	67	65	67	77
18	75	79	64	75	63	68	67	69	80
19	76	81	64	77	63	69	67	69	82
20	76	81	64	77	63	69	67	69	84
21	79	82	65	79	63	71	67	73	87
22	79	84	65	79	63	71	67	75	90
23	79	86	65	82	63	74	68	78	92
24	79	88	66	83	63	76	68	82	95
25	79	93	66	85	63	77	68	86	97
26	79	95	66	87	65	81	69	88	99
27	79	95	66	90	65	83	69	88	101
28	79	97	67	93	65	87	69	91	103
29	79	102	67	97	65	90	69	92	105
30	79	104	67	101	65	95	69	94	107

b). Analisa jumlah daun tanaman kenaf

HARI	KR15-45 (L)	KR15-45 (Ar)	KR12-30 (L)	KR15-30 (Ar)	KR12-45 (L)	KR12-45b (Ar)	KR12-30 (L)	KR12-30 (Ar)	KONTROL
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
0	9	11	10	13	9	10	8	9	10
1	9	11	10	13	9	10	8	9	10
2	9	11	10	13	9	10	8	9	10
3	9	11	10	13	9	10	8	9	10
4	10	12	11	14	10	11	9	10	11
5	10	12	11	14	10	11	9	10	11

HARI	KR15-45 (L)	KR15-45 (Ar)	KR12-30 (L)	KR15-30 (Ar)	KR12-45 (L)	KR12-45b (Ar)	KR12-30 (L)	KR12-30 (Ar)	KONTROL
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
6	10	12	11	14	10	11	9	10	11
7	10	12	11	14	10	11	9	10	11
8	11	13	12	15	11	12	10	11	12
9	11	13	12	15	11	12	10	11	13
10	11	13	12	15	11	12	10	11	13
11	11	13	12	15	11	12	10	11	13
12	11	13	12	15	11	12	10	11	13
13	11	13	12	15	11	12	10	11	13
14	11	13	12	15	11	13	10	11	13
15	11	13	12	15	11	14	10	12	13
16	11	14	13	16	11	15	10	13	14
17	12	15	13	16	13	16	10	14	14
18	13	16	13	17	13	17	10	15	15
19	13	16	13	17	13	17	10	15	15
20	13	17	12	18	11	17	9	17	17
21	12	17	12	18	11	18	9	17	18
22	12	17	12	18	9	18	9	17	18
23	10	17	12	18	9	19	9	17	21
24	9	18	12	19	9	19	9	18	22
25	9	18	11	19	9	20	9	18	23
26	8	19	11	19	8	20	9	18	23
27	8	19	11	20	8	20	8	18	23
28	8	21	10	20	8	21	8	18	23
29	8	22	10	20	9	21	8	20	24
30	8	22	10	20	9	21	8	20	24

3. Data Analisa Suhu

Berikut adalah hasil analisa suhu selama uji fitoremediasi;

HARI	KR15-45 (L)	KR15-45 (Ar)	KR12-30 (L)	KR15-30 (Ar)	KR12-45 (L)	KR12-45b (Ar)	KR12-30 (L)	KR12-30 (Ar)	KONTROL
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
0	31	31	31	31	31	31	31	31	31
1	31	31	31	31	31	31	31	31	31
2	31	31	31	31	31	31	31	31	31
3	31	31	31	31	31	31	31	31	31
4	33	33	33	33	33	33	33	33	33
5	32	32	32	32	32	32	32	32	32
6	31	31	31	31	31	31	31	31	31
7	31	31	31	31	31	31	31	31	31
8	31	31	31	31	31	31	31	31	31
9	31	31	31	31	31	31	31	31	31
10	31	31	31	31	31	31	31	31	31
11	31	31	31	31	31	31	31	31	31
12	32	32	32	32	32	32	32	32	32
13	32	32	32	32	32	32	32	32	32
14	32	32	32	32	32	32	32	32	32
15	31	31	31	31	31	31	31	31	31
16	31	31	31	31	31	31	31	31	31
17	31	31	31	31	31	31	31	31	31
18	31	31	31	31	31	31	31	31	31
19	31	31	31	31	31	31	31	31	31
20	31	31	31	31	31	31	31	31	31
21	31	31	31	31	31	31	31	31	31
22	31	31	31	31	31	31	31	31	31
23	31	31	31	31	31	31	31	31	31
24	31	31	31	31	31	31	31	31	31

HARI	KR15-45 (L)	KR15-45 (Ar)	KR12-30 (L)	KR15-30 (Ar)	KR12-45 (L)	KR12-45b (Ar)	KR12-30 (L)	KR12-30 (Ar)	KONTROL
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
25	31	31	31	31	31	31	31	31	31
26	32	32	32	32	32	32	32	32	32
27	32	32	32	32	32	32	32	32	32
28	32	32	32	32	32	32	32	32	32
29	33	33	33	33	33	33	33	33	33
30	33	33	33	33	33	33	33	33	33

4. Data Analisa pH

Berikut adalah hasil analisa pH selama uji fitoremediasi;

HARI	KR15-45 (L)	KR15-45 (Ar)	KR12-30 (L)	KR15-30 (Ar)	KR12-45 (L)	KR12-45b (Ar)	KR12-30 (L)	KR12-30 (Ar)	LINDI	ARTIFICIAL
0	6,27	7,12	6,27	7,12	6,27	7,12	6,27	7,12	6,27	7,12
6	7,61	7,14	6,77	7,16	7,50	7,19	6,60	7,70	7,19	7,62
12	7,25	7,69	7,75	7,83	8,78	7,56	7,49	7,81	7,70	7,72
18	8,69	8,31	8,88	8,13	9,10	7,91	8,37	7,96	7,90	7,83
24	8,99	8,41	9,22	8,52	9,23	8,32	8,87	8,43	8,10	7,91
30	9,11	8,52	9,22	8,66	9,27	8,41	8,90	8,66	8,31	8,12

5. Data Analisis Berat basah dan berat kering tanaman Kenaf serta Kadar Air Tanaman

JENIS REAKTOR	BERAT BASAH (g)		BERAT KERING (g)		KADAR AIR (%)
	AWAL	AKHIR	AWAL	AKHIR	
KR15-45 (L)	7,9	14,2	2,47	4,54	83%
KR15-45 (Ar)	7,9	43,2	2,47	11,542	94%
KR15-30 (L)	7,6	12,4	1,96	3,67	84%
KR15-30 (Ar)	7,6	40,01	1,96	10,12	95%
KR12-45 (L)	6,2	16,3	1,71	4,99	90%
KR12-45 (Ar)	6,2	38,8	1,71	10	96%

JENIS REAKTOR	BERAT BASAH (g)		BERAT KERING (g)		KADAR AIR (%)
	AWAL	AKHIR	AWAL	AKHIR	
KR12-30 (L)	5,9	10	1,55	3,01	85%
KR12-30 (Ar)	5,9	36,3	1,55	8,12	96%
KONTROL KR15	7,3	37	1,89	10,512	95%
KONTROL KR12	7,8	34	2,44	8,166	93%

"Halaman Sengaja dikosongkan"

LAMPIRAN C ANALISIS DATA STATISTIK

1) Hasil Annova Lindi Asli

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Dekonsentrasi

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.833 ^a	19	.044	33.220	.000
Intercept	14.762	1	14.762	1.118E4	.000
Reaktor	.080	3	.027	20.230	.000
Hari_ke	.725	4	.181	137.367	.000
Reaktor * Hari_ke	.028	12	.002	1.751	.129
Error	.026	20	.001		
Total	15.622	40			
Corrected Total	.860	39			

a. R Squared = ,969 (Adjusted R Squared = ,940)

Post Hoc

Reaktor

Multiple Comparisons

Dekonsentrasi
LSD

(I) Reaktor	(J) Reaktor	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Varietas KR15-45	Varietas KR15-30	-.0680 [*]	.01625	.000	-.1019	-.0341
	Varietas KR12-45	-.0780 [*]	.01625	.000	-.1119	-.0441
	Varietas KR12-30	.0280	.01625	.100	-.0059	.0619
Varietas KR15-30	Varietas KR15-45	.0680 [*]	.01625	.000	.0341	.1019
	Varietas KR12-45	-.0100	.01625	.545	-.0439	.0239
	Varietas KR12-30	-.0960 [*]	.01625	.000	.0621	.1299
Varietas KR12-45	Varietas KR15-45	.0780 [*]	.01625	.000	.0441	.1119
	Varietas KR15-30	.0100	.01625	.545	-.0239	.0439
	Varietas KR12-30	.1060 [*]	.01625	.000	.0721	.1399
Varietas KR12-30	Varietas KR15-45	-.0280	.01625	.100	-.0619	.0059
	Varietas KR15-30	-.0960 [*]	.01625	.000	-.1299	-.0621
	Varietas KR12-45	-.1060 [*]	.01625	.000	-.1399	-.0721

Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = ,001.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

2) Hasil Annova Lindi Artifisial

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Dekonsentrasi

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.439 ^a	19	.181	5.277	.000
Intercept	41.679	1	41.679	1.215E3	.000
Reaktor	1.331	3	.444	12.931	.000
Hari_ke	1.207	4	.302	8.793	.000
Reaktor * Hari_ke	.902	12	.075	2.191	.058
Error	.686	20	.034		
Total	45.805	40			
Corrected Total	4.126	39			

a. R Squared = ,834 (Adjusted R Squared = ,876)

Post Hoc

Reaktor

Multiple Comparisons

Dekonsentrasi
LSD

(I) Reaktor	(J) Reaktor	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Varietas KR15-45	Varietas KR15-30	-.3090 [*]	.08283	.001	-.4818	-.1362
	Varietas KR12-45	-.3471 [*]	.08283	.000	-.5199	-.1743
	Varietas KR12-30	-.5030 [*]	.08283	.000	-.6758	-.3302
Varietas KR15-30	Varietas KR15-45	.3090 [*]	.08283	.001	.1362	.4818
	Varietas KR12-45	-.0381	.08283	.651	-.2109	.1347
	Varietas KR12-30	-.1940 [*]	.08283	.030	-.3668	-.0212
Varietas KR12-45	Varietas KR15-45	.3471 [*]	.08283	.000	.1743	.5199
	Varietas KR15-30	.0381	.08283	.651	-.1347	.2109
	Varietas KR12-30	-.1559	.08283	.074	-.3287	.0169
Varietas KR12-30	Varietas KR15-45	.5030 [*]	.08283	.000	.3302	.6758
	Varietas KR15-30	.1940 [*]	.08283	.030	.0212	.3668
	Varietas KR12-45	.1559	.08283	.074	-.0169	.3287

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,034.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

LAMPIRAN D DOKUMENTASI PENELITIAN

1) Perkembangbiakan Tanaman kenaf



2) Range Finding Test (RFT)



3) Uji Fitoremediasi a). Reaktor Penelitian





b). Pembuatan Larutan





c). Analisa Parameter pH, suhu

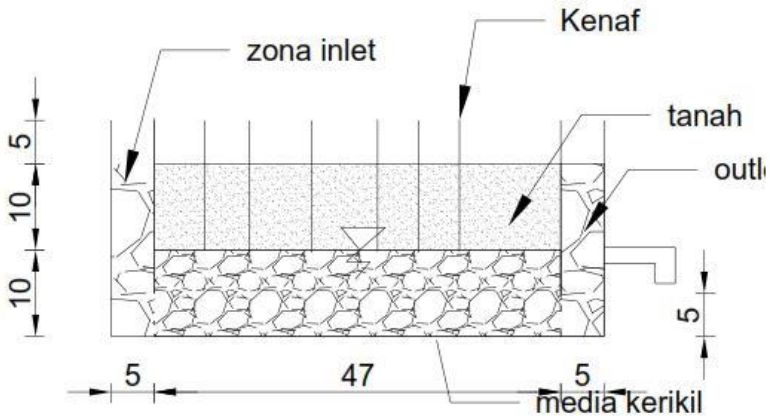


d). Analisis Berat Basah dan Berat Kering





LAMPIRAN E REAKTOR



- **Volume yang ditambahkan pada V1 (penampung lindi artificial)**
= $1,6 \text{ dm} \times 2,3 \text{ dm} \times 1,5 \text{ dm}$
= 6 L
- **Volume yang ditambahkan pada V2 (reaktor tempat tumbuhan)**
= $4,24 \text{ dm} \times 2,3 \text{ dm} \times 0,5 \text{ dm}$
= 5L
- **Total volume = 6 L + 5 l = 11 L**

“Halaman Sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Lamongan, 02 Maret 1993. Merupakan anak ke-3 dari pasangan Musil Effendi dan Ismiyatin. Penulis menjalani masa studi di TK AL MUHTADI Paciran, kemudian melanjutkan ke jenjang sekolah dasar di MI ALMUHTADI I Sendangung Paciran. Tahun 2006 melanjutkan sekolah di pesantren tepatnya di MTs SUNAN DRAJAT Banjaranyar Lamongan. Tahun 2008 melanjutkan ke pesantren yang berbeda yaitu MA AL ISHLAH Sendangagung Paciran Lamongan. Tahun 2011 penulis diterima di Teknik Lingkungan ITS S1 dengan jalur Beasiswa PBSB (Penerima Beasiswa Santri Berprestasi) oleh Kementerian Agama Republik Indonesia. Selama di bangku kuliah penulis aktif di beberapa kegiatan Organisasi intra dan ekstra kampus. Pada tahun kedua penulis menjadi anggota BEM Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS dibawah naungan Departemen Riset dan Teknologi. Kemudian saat tahun yang sama pula menjadi anggota organisasi CSSMoRA ITS (*Community Santri of Scholar of Ministry of Religious Affairs*) pada departemen Hubungan Masyarakat. Pada tahun ketiga penulis aktif sebagai anggota di organisasi CSSMoRA ITS serta menjadi sekretaris umum pada kegiatan Nasional yaitu OSSPEN (Olimpiade Sains dan Seni Pesantren). Penulis aktif dalam kegiatan jurnalistik dengan keterlibatannya dalam redaksi Majalah santri (MAJALAH ISTIQOMAH), serta pernah mendapat prestasi berupa Juara 2 LKTIN (Lomba Karya Tulis Ilmiah Nasional) yang diselenggarakan di Institut Pertanian Bogor. Penulis dapat dihubungi melalui email: alvia233@gmail.com