



**TUGAS AKHIR – RE 141581**

**EFISIENSI DEKONSENTRASI AMONIUM ( $\text{NH}_4^+$ )  
PADA LINDI ARTIFISIAL TERHADAP LAJU  
PERTUMBUHAN RELATIF *SCIRPUS GROSSUS***

**ANGGI PRATIWI SELLA ACHMADI**  
3311100049

Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. IR. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES.

Dosen Co-Pembimbing  
Alia Damayanti, ST., MT., PhD.

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN**  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015



FINAL PROJECT – RE 141581

**DECONCENTRATION EFFICIENCY AMMONIUM  
(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) IN ARTIFICIAL LEACHATE TO RELATIVE  
GROWTH RATE OF *SCIRPUS GROSSUS***

ANGGI PRATIWI SELLA ACHMADI  
3311100049

Supervisor  
Prof. Dr. IR. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES.

Co-Supervisor  
Alia Damayanti, ST., MT., PhD.

DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Institute of Technology Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015

## LEMBAR PENGESAHAN

### EFISIENSI DEKONSENTRASI AMONIUM ( $\text{NH}_4^+$ ) PADA LINDI ARTIFISIAL TERHADAP LAJU PERTUMBUHAN RELATIF *SCIRPUS GROSSUS*

#### 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

**ANGGI PRATIWI SELLA ACHMADI**

NRP. 3311100049

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



**Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES.**

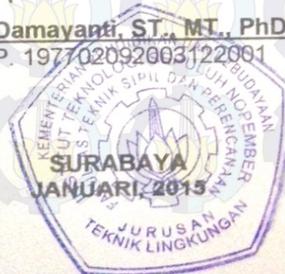
NIP. 195408241984031001

Disetujui oleh Co-Pembimbing Tugas Akhir



**Alia Damayanti, ST., MT., PhD.**

NIP. 197102092003122001



## ABSTRAK

Efisiensi Dekonsentrasi Amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) pada Lindi Artifisial terhadap Laju Pertumbuhan Relatif *Scirpus grossus*.

Mahasiswa : Anggi Pratiwi Sella Achmadi

NRP : 3311100049

Pembimbing : Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES.

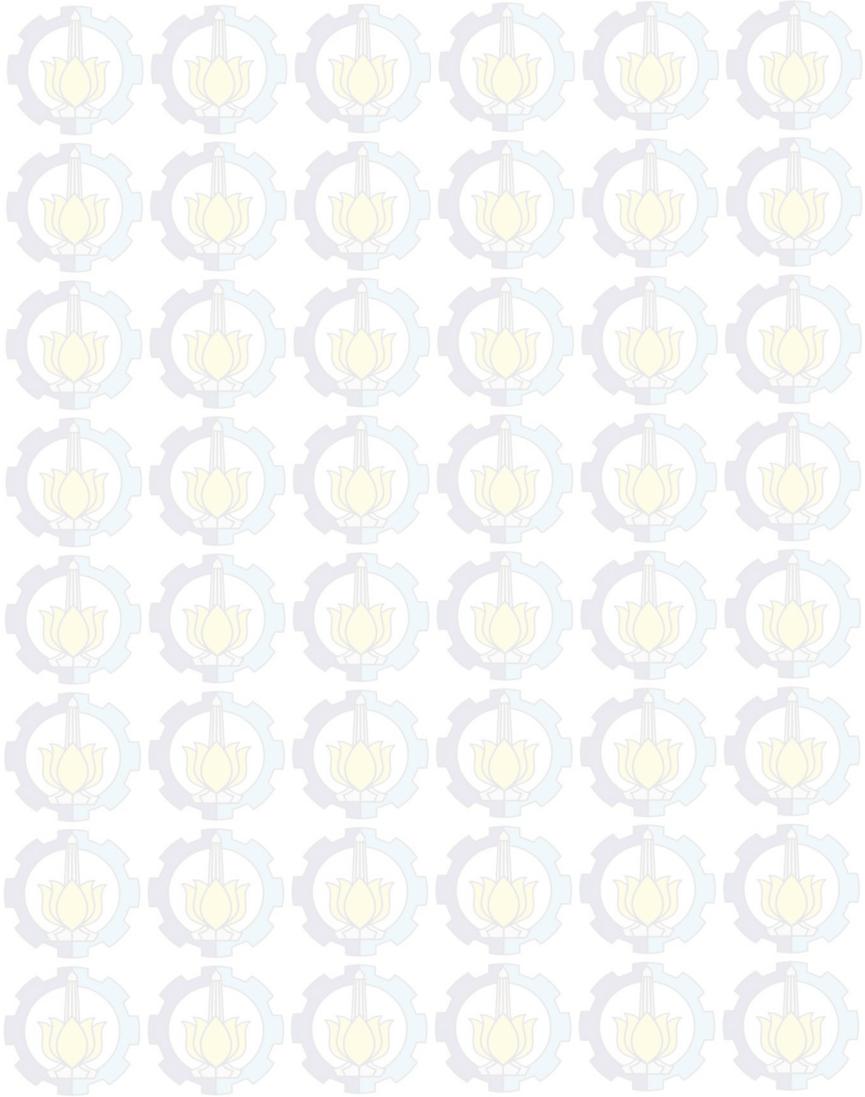
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana efisiensi *Scirpus grossus* dalam mendekonsentrasi amonium dan mengetahui laju pertumbuhan relatif *Scirpus grossus* dalam mendekonsentrasi amonium pada lindi. Lindi yang digunakan adalah lindi artifisial.

Penelitian ini menggunakan lindi artifisial yang divariasikan antara larutan amonium dan larutan sumber karbon yaitu glukosa dan asam laktat. Pada awalnya tumbuhan ini diaklimatisasi dan *range finding test*. Uji fitoremediasi menggunakan reaktor *reed bed evapotranspiration*.

*Scirpus grossus* dalam sistem *reed bed evapotranspiration* dapat menyisihkan amonium rata-rata sebesar 95% dalam 20 hari. Kemampuan *Scirpus grossus* saja dalam menyisihkan amonium rata-rata adalah 18,5% pada lindi artifisial dengan konsentrasi amonium sebesar 1000-1400 mg/l amonium. Larutan glukosa dan asam laktat tidak berpengaruh dalam efisiensi penyisihan amonium, karena keduanya memiliki nilai yang sama, namun larutan sumber karbon ini berpengaruh pada rasio BOD/COD. Berdasarkan hasil penelitian, rasio BOD/COD dapat ditingkatkan dengan menambahkan larutan glukosa apabila konsentrasi amonium 1000 mg/l, namun apabila konsentrasi amonium diatas 1000 mg/l dapat menambahkan larutan asam laktat untuk meningkatkan rasio BOD/COD. Laju pertumbuhan relatif *Scirpus grossus* selama 20 hari paling tinggi dari hasil penelitian adalah sebesar 0.18 per hari dan 0.13 per hari dari berat awal *Scirpus grossus* dengan konsentrasi amonium sebesar 1000 mg/l. Hal ini menandakan bahwa *Scirpus grossus* lebih efisien dalam menyisihkan amonium dengan konsentrasi amonium sebesar 1000 mg/l dibandingkan konsentrasi diatasnya.

Kata kunci : Amonium, *Scirpus grossus*, Lindi artifisial

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## ABSTRACT

Deconcentration Efficiency Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) in Artificial Leachate to Relative Growth Rate of *Scirpus grossus*.

Student : Anggi Pratiwi Sella Achmadi

NRP : 3311100049

Supervisor : Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES.

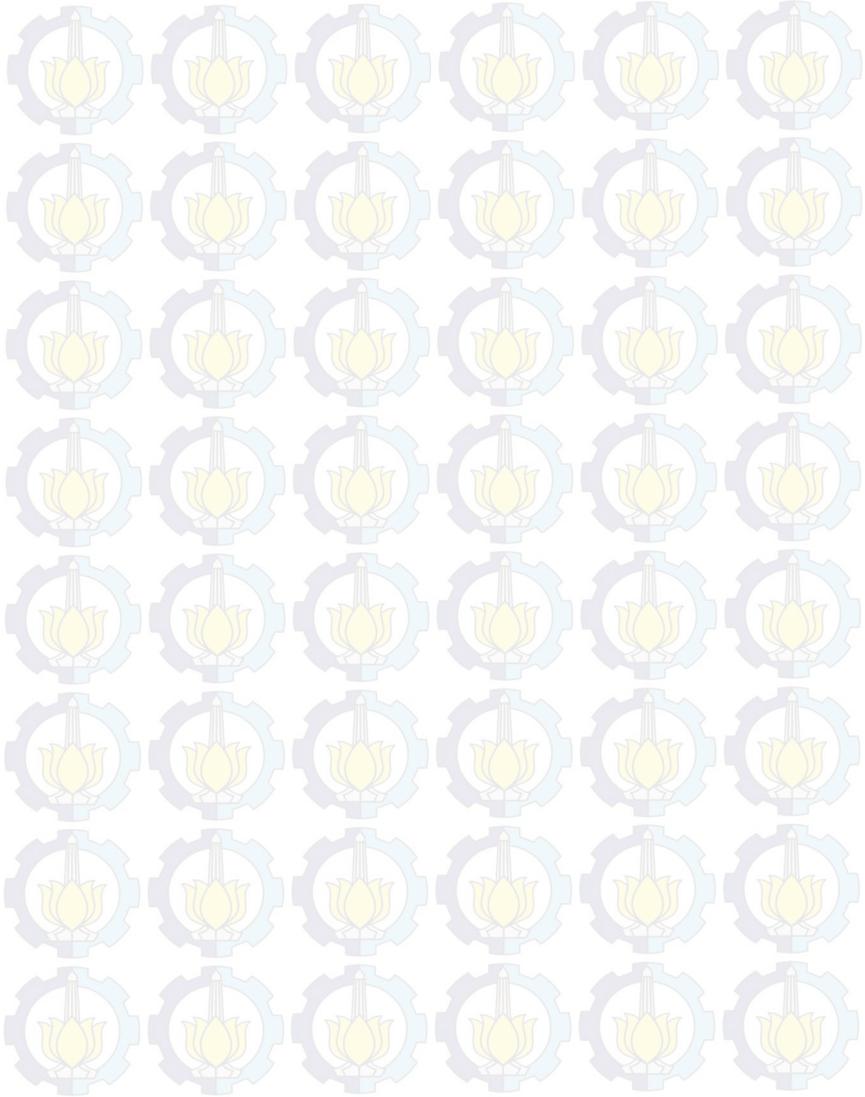
This study aims to determine how the efficiency of *Scirpus grossus* in deconcentrating ammonium and determine the relative growth rate *Scirpus grossus* in deconcentrating ammonium in leachate. This research used artificial leachate.

This study used artificial leachate varied based on ammonium and the solution of the carbon source is glucose and lactic acid. At first these plants acclimatized and range finding test Phytoremediation test used reed bed evapotranspiration reactor.

Based on the research results, *Scirpus grossus* in reed bed evapotranspiration systems has the ability to remove ammonium average of 95% within 20 days. The ability *Scirpus grossus* only in removal ammonium average was 18,5% in leachate artificially with ammonium concentrations of 1000-1400 mg/l ammonium. Solution of glucose and lactic acid has no effect on ammonium removal efficiency, since both have the same value, but the solution of this carbon source affects the ratio of BOD/COD. Based on the research results, the ratio of BOD/COD can be improved by adding a glucose solution when the concentration of ammonium 1000 mg/l, but if ammonium concentrations above 1000 mg/l can add lactic acid solution to increase the ratio of BOD/COD. Relative growth rate *Scirpus grossus* for 20 days, most of the results of research is at 0.18 and 0.13 per day of initial weight *Scirpus grossus* with ammonium concentration of 1000 mg/l. This indicates that *Scirpus grossus* more efficient to remove concentration of ammonium with ammonium concentration of 1000 mg/l compared to the concentration on it.

Kata kunci : Ammonium, *Scirpus Grossus*, Artificial Leachate

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## KATA PENGANTAR

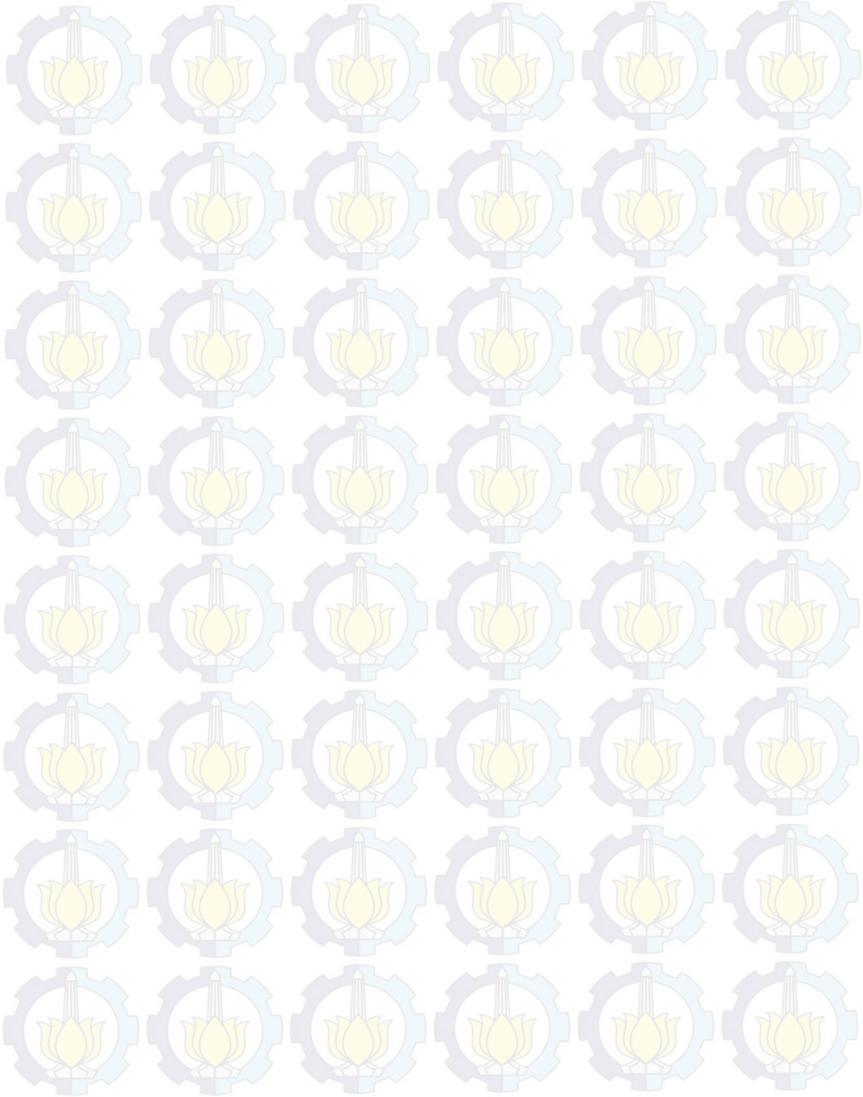
Puji syukur atas berkat rahmat Allah SWT sehingga penyusunan proposal Tugas Akhir dengan judul **“Efisiensi Dekonsentrasi Amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) pada Lindi Artifisial terhadap Laju Pertumbuhan Relatif *Scirpus grossus*”** ini dapat diselesaikan tepat waktu. Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES, selaku dosen pembimbing atas segala ilmu yang diberikan selama penyusunan proposal ini.
2. Ibu Alia Damayanti ST., MT., PhD. selaku co-pembimbing yang telah memberikan pengarahan mengenai penyusunan proposal ini.
3. Ibu Bieby Voijant Tangahu ST., MT., PhD., Ibu Ipung Fitri Purwanti ST., MT., PhD., dan Bapak Arseto Yekti Bagastyo, ST., MT., Mphil., PhD., atas semua saran yang membangun.
4. Bapak Arseto Yekti Bagastyo, ST., MT., Mphil., PhD. selaku koordinator TA yang telah membantu dalam proses pendaftaran sampai dengan penyusunan proposal TA.
5. Bapak Hadi selaku asisten laboratorium Pemulihan Air dan Mbak lin selaku asisten laboratorium Sanitasi dan Fitoteknologi Lingkungan, atas bantuannya selama ini.
6. Ibu, Ayah, dan Adik yang telah memberikan dorongan semangat dan motivasi, khususnya atas doa yang telah mengiringi selama penyelesaian proposal Tugas Akhir.
7. *Partner* Tugas Akhir Penulis, Ariella Inca Amanda dan Dini Fahma Insani atas kerjasamanya selama ini.
8. Teman-teman Teknik Lingkungan yang membantu selama penelitian dan penyusunan laporan Tugas Akhir Penulis, Angga, Ayu, Vany, Zella, Puji, Badriyah, Bang Putra, Pricil, Galih dan teman-teman, Iqbal, Nthay, dan teman-teman yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Surabaya, Januari 2015

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Ruang Lingkup Penelitian .....	2
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Lindi .....	5
2.1.1 Pengertian dan Kandungan Lindi .....	5
2.1.2 Dampak Lindi.....	6
2.2 Amonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ).....	8
2.2.1 Pengertian Amonium.....	8
2.2.2 Sifat Amonium .....	8
2.2.3 Dampak Amonium .....	8
2.3 Fitoremediasi.....	9
2.3.1 Pengertian Fitoremediasi .....	9
2.3.2 Mekanisme Fitoremediasi .....	9
2.3.3 Keunggulan Fitoremediasi.....	9
2.3.4 Fitoremediasi Amonium.....	11
2.4 <i>Scirpus grossus</i> .....	11
2.4.4 Ciri-ciri <i>Scirpus grossus</i> .....	12
2.5 Sistem <i>Reed Bed Evapotranspiration</i> .....	14
2.6 Sumber Karbon .....	15
2.7 <i>Relative Growth Rate</i> (RGR).....	15
2.8 Peranan Mikroorganisme .....	16
<b>BAB 3 METODA PENELITIAN</b> .....	<b>17</b>
3.1 Umum .....	17
3.2 Kerangka Penelitian .....	18
3.3 Rincian Langkah Penelitian.....	19
3.3.1 Ide Penelitian.....	19
3.3.2 Studi Literatur .....	19
3.3.3 Penentuan Variabel dan Parameter Penelitian.....	19

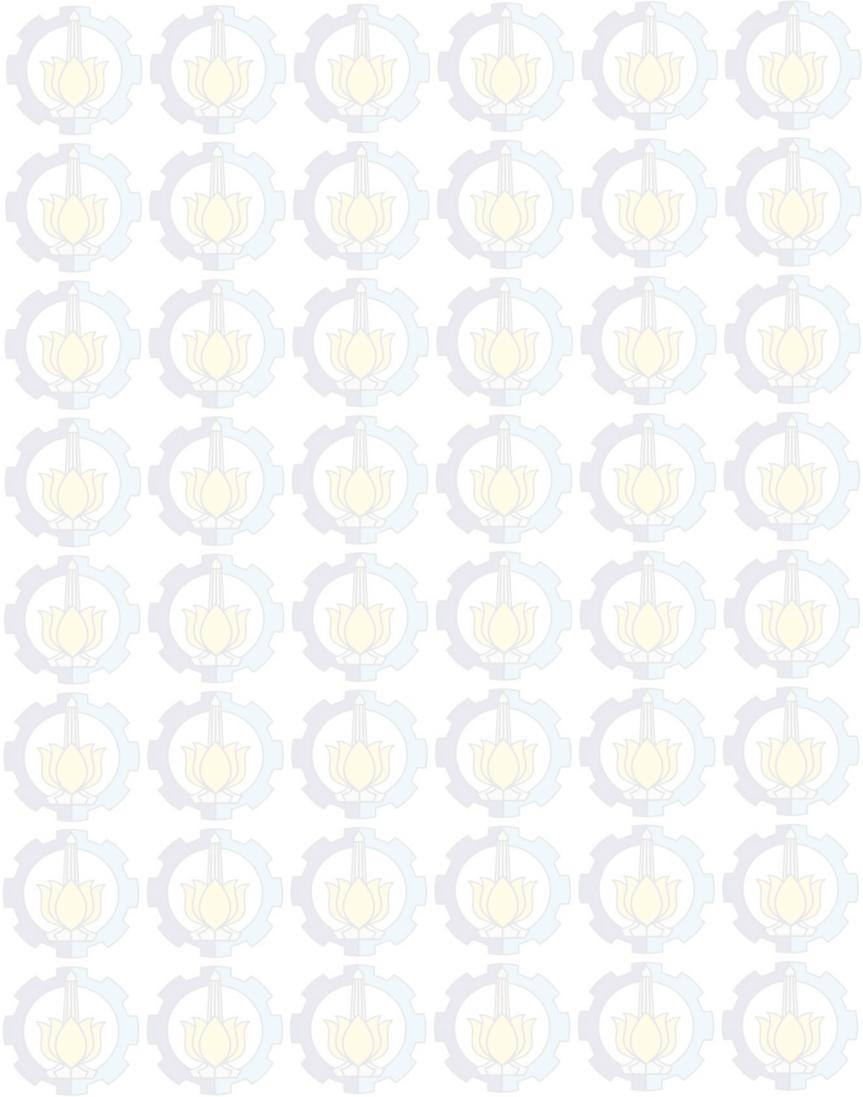
3.3.4	Persiapan Tempat, Alat, dan Bahan .....	20
3.3.5	Pelaksanaan Penelitian .....	21
3.3.6	Analisis Data dan Pembahasan .....	26
3.3.7	Pelaksanaan Penelitian .....	26
<b>BAB 4</b>	<b>PEMBAHASAN .....</b>	<b>27</b>
4.1	Tahap Aklimatisasi .....	27
4.2	<i>Range Finding Test</i> .....	27
4.3	Hasil Uji Fitoremediasi.....	33
4.3.1	Penurunan Konsentrasi Amonium.....	33
4.3.2	Hasil Analisis COD .....	35
4.3.3	Hasil Analisis Rasio BOD/COD .....	37
4.3.4	Hasil Analisis pH dan Suhu .....	40
4.3.5	Hasil Analisis Panjang Tumbuhan dan Berat Kering Tumbuhan.....	444
4.3.6	Hasil Analisis <i>Evapotranspiration rate</i> .....	46
4.4	RGR <i>Scirpus grossus</i> .....	48
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>49</b>
5.1	Kesimpulan .....	49
5.2	Saran .....	49

**DAFTAR PUSTAKA**  
**LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Polutan di dalam Lindi .....	5
Tabel 2.2	Karakteristi Air Lindi.....	7
Tabel 3.1	Variabel Penelitian.....	20
Tabel 4.1	Keadaan Fisik Tumbuhan <i>Scirpus grossus</i> pada Reaktor RFT .....	32
Tabel 4.2	Panjang <i>Scirpus grossus</i> pada Reaktor Larutan Glukosa.....	45
Tabel 4.3	Panjang <i>Scirpus grossus</i> pada Reaktor Larutan Asam Laktat .....	46
Tabel 4.4	Berat Kering <i>Scirpus grossus</i> pada Reaktor Larutan Glukosa.....	46
Tabel 4.5	Berat Kering <i>Scirpus grossus</i> pada Reaktor Larutan Asam Laktat.....	46
Tabel 4.6	RGR <i>Scirpus grossus</i> pada hari per 20 hari.....	48

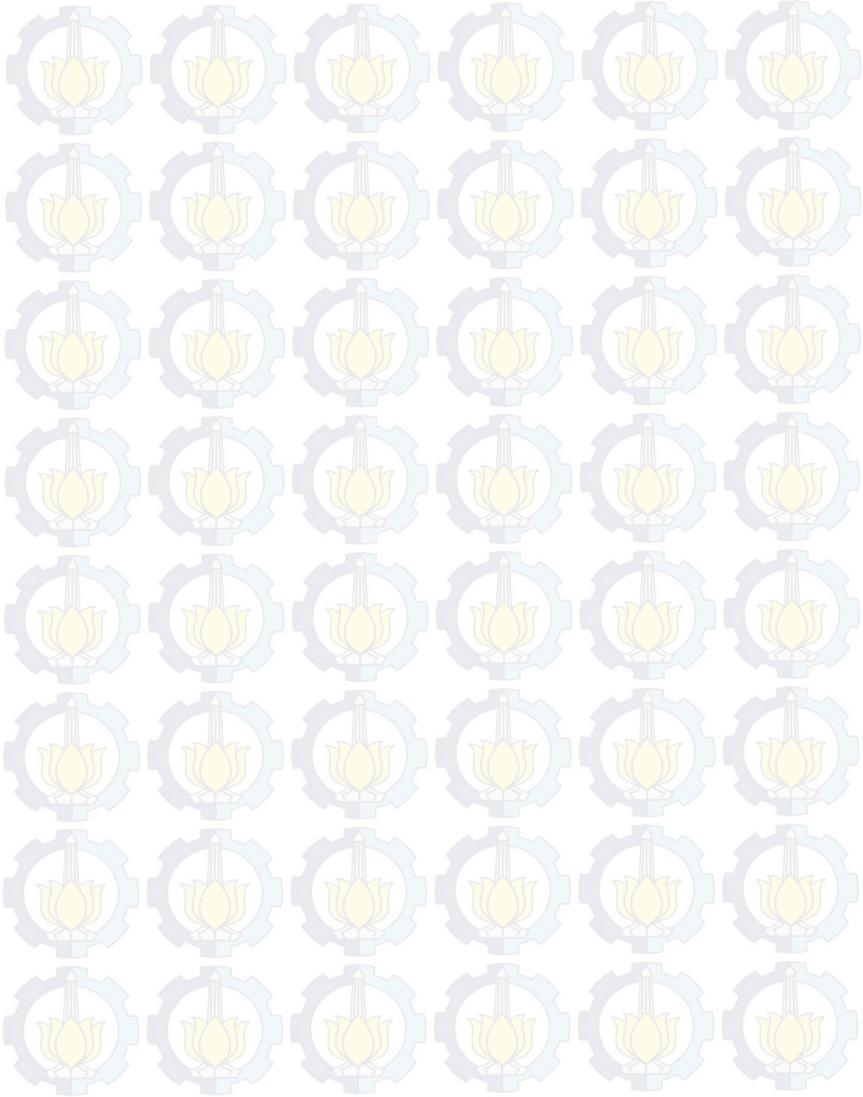
“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme Kerja Fitoremediasi.....	10
Gambar 2.2 Bagian Tubuh <i>Scirpus grossus</i> .....	13
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian.....	18
Gambar 3.2 Reaktor <i>Range Finding Test</i> .....	22
Gambar 3.3 Tampak Atas Reaktor Fitoremediasi .....	25
Gambar 3.4 Potongan A-A Reaktor Fitoremediasi .....	25
Gambar 4.1 <i>Range Finding Test</i> Hari ke-1 dan Hari ke-4 .....	30
Gambar 4.2 <i>Range Finding Test</i> Kontrol Air PDAM .....	31
Gambar 4.3 Jumlah Daun Kering <i>Scirpus grossus</i> Kering pada reaktor <i>Range Finding Test</i> .....	31
Gambar 4.4 Efisiensi Removal Amonium pada Reaktor Larutan Glukosa .....	34
Gambar 4.5 Efisiensi Removal Amonium pada Reaktor Larutan Asam Laktat .....	34
Gambar 4.6 Konsentrasi COD Reaktor Larutan Glukosa.....	36
Gambar 4.7 Konsentrasi COD Reaktor Larutan Asam Laktat .....	37
Gambar 4.8 Rasio BOD/COD Reaktor Larutan Glukosa.....	38
Gambar 4.9 Rasio BOD/COD Reaktor Larutan Asam Laktat .....	39
Gambar 4.10 pH pada Reaktor Larutan Glukosa.....	41
Gambar 4.11 pH pada Reaktor Larutan Asam Laktat.....	41
Gambar 4.12 Suhu pada Reaktor Larutan Glukosa.....	43
Gambar 4.13 Suhu pada Reaktor Larutan Asam Laktat .....	44
Gambar 4.14 Evapotranspirasi-Reaktor Larutan Glukosa .....	47
Gambar 4.15 Evapotranspirasi-Reaktor Larutan Asam Laktat ...	47

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## DAFTAR PUSTAKA

Allen, Richard G., Pereira, Luis S., Raes, Dirk., Smith, Martin. 1998. Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56: Rome.

Andriany, W.E. 2002. Water Hycinth (*Eichhornia crasipes*). University of Waterloo. Canada.

Balasubraimanian, D. and Arunachalan. 2012. Decomposition and Nutrient Release of *Eichornia crassipes* (Mart.) Solms, under Different Trophic Conditions in Wetlands of Eastern Himalayan Foothills, Ecological Engineering, Vol. 44.

Dwijoseputro, D. 1984. Pengantar Fisiologi Tumbuhan. Gramedia: Jakarta.

Feller, AK. 2000. Phytoremediation of Soils and Waters Contaminated with Arsenicals from Former Chemoical Warfare Installations. Di dalam Hayati: Nuril. 2000. Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator. Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Vol.12, 1:35-40

Garno, Yudhi Soetrisno. 2000. Uji BOD, Indikator Kekuatan Limbah yang Masih Bermasalah. Jurnal Teknologi Lingkungan, Vol.1, 1:96-100.

Hadiyanto dan Christwardana, Marcelinus. 2012. Aplikasi Fitoremediasi Limbah Jamu dan Pemanfaatannya untuk Produksi Protein. Jurnal Ilmu Lingkungan, Vol. 10, 1:32-37.

Hardyanti, Nurandani dan Huboyo, Haryono Setiyo. 2009. Evaluasi Instalasi Pengolahan Lindi Tempat Pembuangan Akhir Putri Cempo Kota Surakarta. Jurnal Presipitasi Vol. 6 No. 1, ISSN 1907-187X.

Hartati, Etih. 2007. Studi Pengolahan Kandungan Ion Logam (Fe, Mn, Cu, Zn) Lindi Sampah oleh Zeolit. Jurnal Sains MIPA, EDdisi Khusus Tahun 2007, Vol.13, No.1.

Hasiholan S, Bistok., Suprihati, M.P., dan Isjawara, Muryas R. 2000. Pengaruh Perbandingan Nitrat dan Ammonium terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada yang Dibudidayakan secara Hidroponik. Seminar Nasional Teknologi Holtikultura memasuki Indonesia baru di FP-UKSW Salatiga.

Hastuti, Endah Dwi. 2009. Aplikasi Kompos Sampah Organik Berstimulator EM<sub>4</sub> untuk Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung pada Lahan Kering. Jurnal Anatomi Fisiologi Vol. 17, No.1.

Hidayati, Nuril. 2005. Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator. Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Vol.12, 1:35-40.

Hudaya, Tedy., Kartawijaya, Hendy., dan Yulia. 2010. Pengolahan Limbah Cair Warna Tekstil yang Bersifat Non-Biodegradable dalam Multi-lamp Bubble Column Photoreator. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan", Yogyakarta, 26 Januari.

Indah, A.Y., Zulkifli, Hilda., Faizal, M. 2006. Pengaruh Lindi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Batu Putih Kabupaten Oku terhadap Kualitas Air di Sekitar TPA. Jurnal Pengelolaan Lingkungan dan SDA, Vol.4, 2:37-46

Islam, A. M., Tudor, T., and Bates, M. 2009. Evaluation of the Pollutant Removal Mechanisms of a Reed Bed System: Biochemical Parameters. International workshop advances in cleaner production: Sao Paulo-Blazir, May 20<sup>th</sup>-22<sup>in</sup>.

Jadia, Chhotu D. and Fulekar, Madhusudan H. 2008. Phytoremediation: The Application of Vermicompost to Remove Zinc, Cadmium, Copper, Nickel, and Lead by Sunflower Plant

Juswardi, Effendi P. Sagala dan A, Lilian Ferdini. 2010. Pertumbuhan *Neptunia Oleracea* Lour. Pada Limbah Cair Amoniak dari Industri Pupuk UREA sebagai Upaya Pengembangan Fitoremediasi. Jurnal peleitian sains, Vol. 13, 1:13105 17-20.

Kato, K., Inoue, T., Ietsugu, H., Koba, T., Sasaki, H., Miyaji, N., Yokota, T., Sharma, P.K., Kitagawa, K., and Nagasawa, T. Design and Performance of Hybrid Reed Bed systems for treating High Content Wastewater in the Cold Climate. 12<sup>th</sup> International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control October 4-8, 2010.

Kasam., Yulianto, kasam., dan Sukma, Titin. 2005. Penurunan COD (Chemical Oxygen Demand) dalam Limbah Cair Laboratorium Menggunakan Filter Karbon Aktif Arang Tempurung Kelapa. Jurnal Logika, Vol. 2, No.2, ISSN:1410-2315.

Kostermans, A. J. G. H., S. Wirjahardja, and R. J. Dekker. 1987. The weeds: description, ecology and control. Page 24-565 in M. Soerjani, A. J. G. H. Kostermans, and G. Tjitrosoepomo, (eds.). Weeds of Rice in Indonesia. Balai Pustaka, Jakarta, Indonesia.

Lee, Aik Heng., Nikraz, Hamid., and Hung, Yung Tse. 2010. Influnce of waste age on Landfill Leachate Quality. International Journal of environmental Science and Development, Vol. 1, 4:347-349.

Li, Juan. and Zhou, Jianmin. 2008. Effect of Interactions between Carbon Dioxide Enrichment and NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ratio on pH of Culturing Nutrient Solution, Growth and Vigor of Tomato Root System. Front. Agric. China. Research Artikel, Vol. 2, 3:296-300.

Lismore City Council. 2003. The Use of Reed Beds the Treatment of Sewage and Wastewater from Domestic Households

Majrasah, A., B. bin Bakar., Khandaker, M. Moneruzzaman., Boyce, A. nasrulhaq., and Muniandy, S. V. 2013. Fractal Analysis of Rhizome Growth Patterns of *Scirpus Grossus* L. on Peat and

Paddy Soils. Bulgarian journal of agricultural science Vol.12, 1319-1326.

Mangkoedihardjo, S. dan D. Permatasari. 2012. Hospital Wastewater Treatment in Evapotranspiration System. International Journal of Academic Research Vol. 4, No.1.

Mangkoedihardjo, S. dan G, Samudro. 2010. Fitoteknologi Terapan. Graha Ilmu: Yogyakarta

Mathukumaran, M., Vijaya, Baskara Rao A., Nadanakunjidam, S., Kadavul, K., and Pragasam, A. 2012. Non-Woody Back Mangrove, Mangrove Associates and Beach Flora of Puducherry Coast and their Pharmacology. International Journal of Science and Nature, Vol.3, 4:735-744.

Metcalf and Eddy. 1993. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. Fourth Edition. International Edition. McGraw-Hill, New York.

Moenir, Misbachul. 2010. Kajian Fitoremediasi sebagai Alternatif Pemulihan Tanah Tercemar Logam Berat. Kajian Fitoremediasi sebagai Alternatif Pemulihan, Vol.1, 2:115-123.

Munawar, Ali. 2011. Rembesan Air Lindi (leachate) dampak pada tanaman pangan dan kesehatan. Upn press: Surabaya.

Nataliningsih. 2010. Pengaruh Konsentrasi Garam dan Gula dalam Pengolahan Pikel Bunga Pisang Ambon. E-Journal UNBAR Vol. 22. ISSN 0215-8256.

Purwaningsih, Is Sulistyati. 2009. Pengaruh penambahan nutrisi terhadap efektifitas fitoremediasi menggunakan tanaman Enceng Gondok terhadap limbah orto-klorofenol. Jurnal rekaya proses, Vol.3, 1:5-9.

Ramprasad, C. 2012. Experimental Study on waste Water Treatment Using Lab Scale Reed Bed System Using *Phragmatis*

*australi*. International Journal of Environmental Sciences Vol. 3, No. 1, ISSN 0976-4402.

Ranjbar, F. and Jalali, M., 2013. Measuring and Modelling Ammonium Adsorption by Calcareous Soils. *Environ Monit Asses*, 185:3191-3199.

Rowe, R. K., 1995. Leachate characteristics for MSW landfills. Geotechnical Research Centre Report, The university of western Ontario, Canada.

Rudiyanti, Siti dan Ekasari, Astri Diana. 2009. Pertumbuhan dan Survival Rate Ikan Mas pada Berbagai Konsentrasi Pestisida Regent 0.3 g. *Jurnal saintek Perikanan* Vol. 5, No. 1:39-47.

Sarudji, D. 2007. Stabilization of Ammonia and Organic Matter Containing Leachate using Cement and Clay. *Journal of applied sciences in environmental sanitation*. Vol 2 (2): 67- 69.

Sawyer, C.N. McCarty, P.L., Parkin, G.F. *Chemistry for Environmental Engineering*. McGraw-Hill, Inc.

Standard Methods. 1995. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environmental Federation, Washington DC, 19<sup>th</sup> Ed.

Sundari, Aliyah Siti., Retnaningdyah, Catur., dan Suharjono. 2013. The effectiveness of *Scirpus grossus* and *Limncharis flava* as Fitoremediation Agents of Nitrate-Phosphate to Prevent *Microcystis* Blooming in Fresh Water Ecosystem. *The journal of tropical Life Science*, Vol.3, 1:29-33.

Supradata. 2005. *Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias *Cyperus alternifolius* dalam Sistem Lahan Basah Aliran Permukaan (SSF Wetland)*. Tesis Magister Lingkungan.

Suryati, Tuti dan Priyanto, Budhi. 2003. Eliminasi Logam Berat Kadmium dalam Air Limbah menggunakan tanaman air. Jurnal Teknik Ilngkungan, vol. 4, 3:143-147.

Tangahu, B.V., Abdullah, S. R., Basri, H., Idris, M., Anuar, N., Mukhlisin, M. 2011. Issolation and Screening of Rhizobacteria from Scirpus Grossus Plant after Lead (Pb) Exposure. Journal of Civil Engineering and Architecture, Vol.5, 6:485-493.

Tangahu, B.V., Abdullah, S. R., Basri, H., Idris, M., Anuar, N., Mukhlisin, M. 2013. Phytotoxicity of Wastewater Containing Lead (Pb) Effects Scirpus grossus. International Journal of Phytoremediation, Vol. 15, No.8:814-826

Tschobanoglous, George., Hiesien, H., and Vigil, SA. 1993. Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues. McGraw-Hill, Inc., N.Y. Tschobanoglous, Geroge dan F.L Burton. 2003. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4<sup>th</sup> ed. McGraw-Hill.inc. New York.

Utami, Sri Nuryani H. dan Handayani, Suci. 2003. Sifat Kimia Entisol pada Sistem Pertanian Organik. Ilmu Pertanian Vol. 10 No. 2:63-69.

Vieira, Ana Rute., Gonzalez, Carla., Martins-Loucao, Maria Amelia., and Branquinho, Cristina. 2009. Intracellular and Extracellular Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) Uptake and Its Toxic Effects on the Aquatic Biomonitor Fontinalis Antipyretica. Ecotoxicology, 18:1087-1094.

Vymazal, J. 2009. The use constructed wetlands with horizontal sub-surface flow for various types of wastewater. Ecological Engineering. 35, 1-17.

Walker, T.S., Harsh P. B., Erich G., and Jorge M. V.2003. Root Exudation and Rhizosphere Biology. Plant Physiology Vol. 132.

Warmadewanthi, Liu, J.C. (2009). Recovery of phosphate and ammonium as struvite from semiconductor wastewater. *Separation Purification Technology*, 64, hal.368-373.

Widiyanti, Atik. 2013. Pengaruh Selenium dan Jumlah *Scirpus grossus* untuk Efisiensi Pengolahan Lindi TPA Kab. Sidoarjo menggunakan Variasi Komposisi Media. Tesis Magister Teknik Lingkungan.

Widodo, E.K. 1998. Studi Biodegradasi Produk Minyak Bumi sebagai Upaya Bioremediasi Habitat Salin. Tugas Akhir Teknik Lingkungan FTSP ITS.

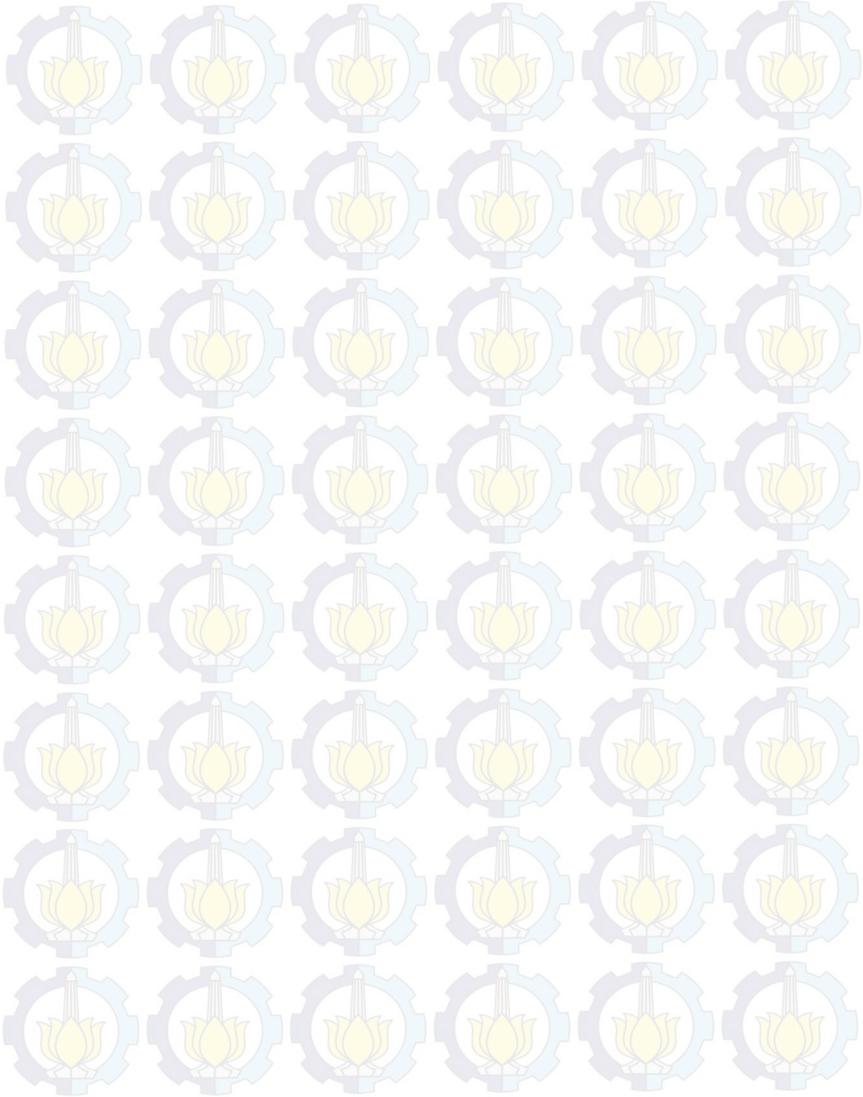
Wood, J., Fernandez, G., Barker, A., Gregory, J., and Cumby, T. 2007. Efficiency of reed beds in treating dairy wastewater. *Biosystems engineering* vol.98, 455-469

Yasril, Awalia Gusti. 2009. Kemampuan Mansiang (*Scirpus grossus*) dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD limbah Rumah Makan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan* Vol. 2, No. 2, Februari 2009, hal 67-71.

Zaman, Badrus., Purwanto., Mangkoedihardjo, Sarwoko. 2013 efisiensi Pengolahan Amonium Berkonsentrasi tinggi dalam Lindi pada Sistem Evapotranspirasi-Anaerobik secara Kontinyu. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. ISBN 978-602-17001-1-2.

<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/21020/ammonium-chloride-NH4Cl>

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Sidoarjo, 01 Juni 1993, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Bina Ana Prasa Surabaya selama 2 (dua) tahun, SD Negeri Penjaringan Sari II Surabaya selama 6 (enam) tahun, SMP Negeri 12 Surabaya selama 3 (tiga) tahun, SMA Negeri 16 Surabaya selama 3 (tiga) tahun. Penulis melanjutkan pendidikan formal setelah SMA di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur SNMPTN di Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS pada tahun 2011 dan terdaftar dengan NRP 3311100049. Penulis pernah mengikuti kegiatan non akademik selama masa pendidikan di ITS, diantaranya : menjadi anggota sie kesekretariatan LITL (Lomba Inovasi Teknologi Lingkungan) ITS 2012, Anggota sie acara talkshow ITS Expo 2012, anggota BSO Dana dan Usaha HMTL 2012 -2013 ITS, Kepala BSO Dana dan Usaha HMTL ITS 2013-2014, koordinator sie dana Earthweek 2013, dan kegiatan kepanitian lain di ITS. Penulis juga pernah mengikuti pelatihan *softskill* dan seminar baik yang diadakan di lingkup ITS maupun di luar. *Contact person* penyusun adalah [anggipsaoke@gmail.com](mailto:anggipsaoke@gmail.com).

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Lindi adalah cairan eksternal yang meresap melalui tumpukan sampah (Tchobanoglous *et al.*, 1993). Cairan yang terbentuk di dalam tumpukan sampah akan melarutkan senyawa-senyawa yang ada, sehingga memiliki kandungan pencemar. Lindi berpotensi dalam menyebabkan pencemaran air, baik air tanah maupun permukaan sehingga perlu ditangani dengan baik (Hardyanti dan Huboyo, 2009)

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 ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ), BOD dan COD (Sarudji, 2007). Lindi juga mengandung logam seperti Cd, Cr, Pb, Hg, Zn, dan Fe dengan variasi konsentrasi (Rowe, 1995).

Fitoremediasi adalah salah satu teknik pengolahan lindi dengan memanfaatkan tumbuhan untuk mengurangi zat pencemar di dalamnya. Fitoremediasi adalah teknologi dengan biaya yang murah dan ramah lingkungan. Kelebihan Fitoremediasi lainnya adalah mempunyai nilai estetika dan efektif dalam mereduksi zat pencemar. Teknik Fitoremediasi dalam membersihkan area yang terkontaminasi dengan zat pencemar dapat diterapkan dalam jangka waktu yang lama (Jadia and Fulekar, 2008).

Zat pencemar dalam lindi yang akan dikurangi pada penelitian ini adalah kandungan amonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Kandungan amonium yang tinggi dalam air lindi, akan berpotensi mencemari badan air dan air tanah apabila tidak dilakukan pengolahan yang tepat. Amonium dapat diolah dengan teknologi fitoremediasi. Pada penelitian ini akan digunakan fitoremediasi lindi menggunakan sistem *reed bed evapotranspiration* dengan tumbuhan *Scirpus grossus*. Tumbuhan ini memiliki kemampuan

untuk menyerap kontaminan dari lingkungan tumbuhnya (Tangahu *et al.*, 2013).

Lindi yang akan digunakan pada penelitian ini adalah lindi artifisial. Lindi artifisial adalah lindi buatan, dimana akan dibuat larutan amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) yang dicampur dengan larutan sumber karbon. Larutan lindi artifisial ini setelah dibuat akan disimpan sebagai larutan stok lindi (Zaman dkk., 2013). Larutan sumber karbon dalam lindi artifisial berfungsi sebagai makanan bagi mikroorganisme dalam tanah agar dapat meningkatkan proses penguraian senyawa nutrisi dalam tanah (Utami dkk., 2003).

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Laju Pertumbuhan Relatif *S. grossus* dalam mendekonsentrasi amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) pada lindi artifisial.
2. Efisiensi *S. grossus* dalam mendekonsentrasi amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) pada lindi artifisial.

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis Laju pertumbuhan relatif *S. grossus* dalam mendekonsentrasi amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) pada lindi artifisial.
2. Menganalisis Efisiensi *S. grossus* dalam mendekonsentrasi amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) pada lindi artifisial.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Memberikan informasi mengenai efisiensi dekonsentrasi amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) pada lindi artifisial terhadap laju pertumbuhan relatif *S. grossus*.

## 1.5 Ruang Lingkup Penelitian

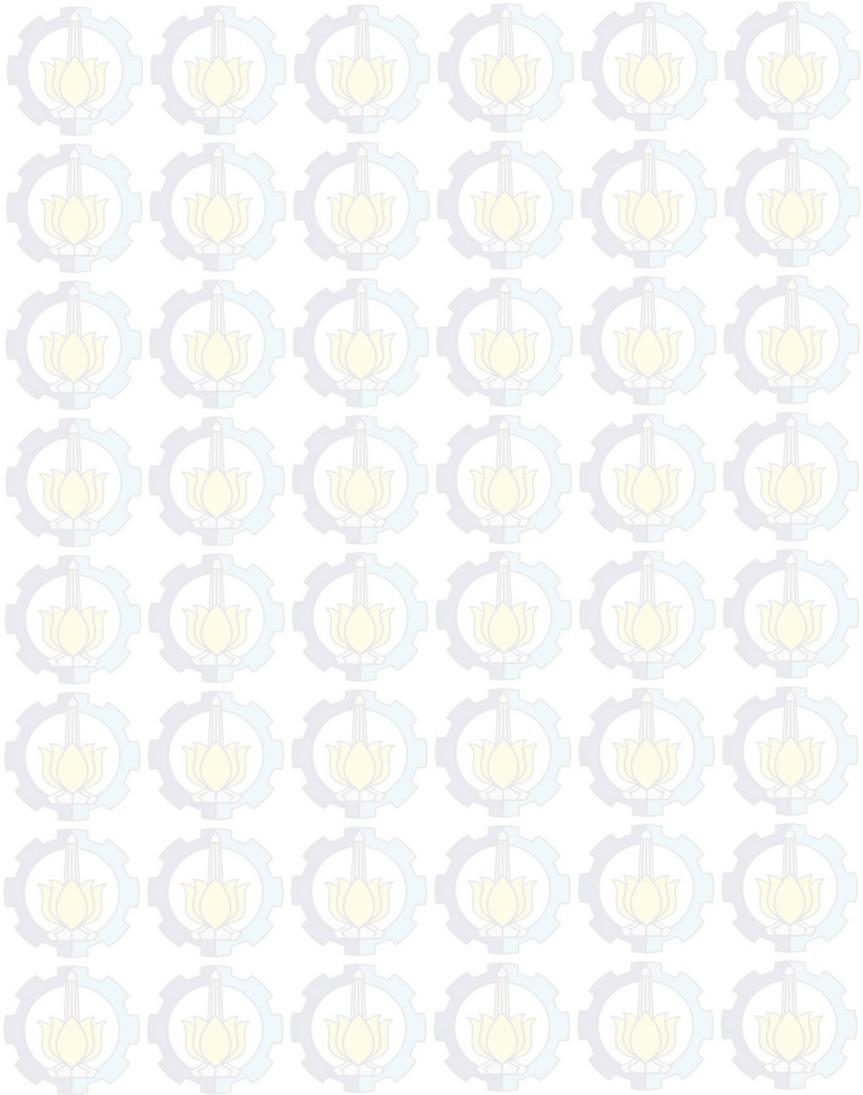
Ruang Lingkup memiliki tujuan untuk membatasi masalah yang akan dibahas pada penelitian ini. Tugas akhir ini memiliki ruang lingkup penelitian sebagai berikut :

- Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Sanitasi Lingkungan dan Fitoteknologi dengan fasilitas prasarana *green house* dan sarana pengukuran kualitas air limbah yang memadai, di laboratorium Pemulihan Air Jurusan Teknik Lingkungan ITS.
- Penelitian akan dilaksanakan mulai bulan September – Desember 2014, dimana uji fitoremediasi akan dilakukan selama 20 (dua puluh) hari, dengan pengamatan parameter

setiap 4 (empat) hari sekali dan *range finding test* akan dilakukan selama 4 (empat) hari.

- Pengumpulan data menggunakan pengumpulan data primer dan pengumpulan data sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan dengan cara penelitian. Pengumpulan data sekunder dilakukan dengan studi literatur.
- Variabel yang akan digunakan adalah variasi konsentrasi amonium hasil *range finding test* dan variasi jenis larutan organik sebagai sumber karbon (glukosa dan asam laktat) berdasarkan literatur mengenai lindi.
- Parameter yang akan diuji adalah :
  - Amonium ( $\text{NH}_4^+$ )
  - BOD
  - COD
  - pH
  - Suhu
  - Panjang tumbuhan
  - Berat kering tumbuhan
  - *Evapotranspiration rate*
- Tumbuhan yang akan digunakan sebagai tumbuhan uji adalah *Scirpus grossus*
- Dilakukan penelitian pendahuluan yaitu :
  - Aklimatisasi tumbuhan dan *Range finding test*
- Sistem reaktor yang digunakan pada penelitian ini adalah sistem *reed bed evapotranspiration* dan jenisnya adalah *batch*.
- Penelitian dilakukan secara duplo dan hasilnya dirata-rata.
- Penelitian ini tidak membahas lebih dalam mengenai mikroorganisme.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Lindi

#### 2.1.1 Pengertian dan Kandungan Lindi

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 (Hartati, 2007). Lindi di TPA merupakan susunan kompleks dari proses fisik, kimia, dan biologi. Menurut Lee *et al.* (2010) Penelitian menunjukkan bahwa kualitas lindi berkorelasi baik dengan umur lindi. Hal ini sebagian besar disebabkan oleh degradasi mikroba dari unsur organik dan anorganik dalam Lindi. Kandungan Lindi dapat dibedakan dalam 3 kelompok besar (Tabel 2.1).

**Tabel 2.1 Polutan di dalam Lindi**

No.	Grup Polutan dalam Lindi	Komponen
1	Bahan Organik	Asam, alkohol, aldehida dan lain-lain biasanya
		dihitung sebagai COD (Chemical Oxygen Demand), BOD (Biochemical Oxygen Demand), DOC (Dissolved Organic Carbon),
		volatil lainnya
		senyawa fulvat
		Senyawa humat
2	Bahan Anorganik	Sulfat, klorida, amonium, kalsium,
		magnesium, natrium, kalium, hidrogen
		karbonat, besi dan mangan dan berat
		logam seperti timah, nikel, tembaga, kadmium,

No.	Grup Polutan dalam Lindi	Komponen
		kromium dan seng
3	Senyawa Organik Xenobiotik	Hidrokarbon aromatik, fenol, diklorinasi
		alifatik, pestisida dan plastizers termasuk
		PCB, Dioxin, PAH, dll

Sumber : Lee et al., 2010

### 2.1.2 Dampak Lindi

Menurut, Indah dkk. (2006), *Leachate* 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 manusia dalam menjalani kehidupan sehari-hari. Kandungan lindi di Surabaya pada tahun 2005 dapat dilihat pada Tabel 2.2.

### 2.2 Amonium ( $\text{NH}_4^+$ )

Salah satu permasalahan yang ada pada air lindi adalah adanya amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) yang cukup tinggi. Kadar amonium sesuai dengan PP No. 82 Tahun 2001 yang diperbolehkan untuk perairan sebesar 0,5 mg/L. Amonium secara alami ada pada air permukaan dan air tanah serta air limbah. Sebagian besar

berasal dari peruraian zat organik yang mengandung nitrogen oleh mikroorganisme dan hidrolisis urea. Secara alami merupakan hasil reduksi nitrat pada kondisi anaerob. Adanya amonium ini merupakan satu petunjuk adanya pencemaran pada badan air. Amonium berpotensi dalam mencemari badan air dan air tanah apabila tanpa pengolahan air lindi yang tepat.

**Tabel 2.2 Karakteristik Air Lindi**

Parameter	Satuan	Range
COD	mg/liter	150 – 100000
BOD <sub>5</sub>	mg/liter	100 – 90000
pH	-	5,3 – 8,5
Alkalinitas	(mg CaCO <sub>3</sub> /liter)	300 – 11500
Hardness	(mg CaCO <sub>3</sub> /liter)	500 – 8900
NH <sub>4</sub>	mg/liter	1 – 1500
N-Organik	mg/liter	1 – 2000
N-Total	mg/liter	50 – 5000
NO <sub>3</sub> (Nitrit)	mg/liter	0,1 – 50
NO <sub>2</sub> (Nitrat)	mg/liter	0 – 25
P-Total	mg/liter	0,1 – 30
PO <sub>4</sub>	mg/liter	0,3 – 25
Ca	mg/liter	10 – 2500
Mg	mg/liter	50 – 1150
Na	mg/liter	50 – 4000
K	mg/liter	10 – 2500
SO <sub>4</sub>	mg/liter	10 – 1200
Cl	mg/liter	30 – 4000
Fe	mg/liter	0,4 – 2200
Zn	mg/liter	0,05 – 170
Mn	mg/liter	0,4 – 50
CN	mg/liter	0,04 – 90
Aox <sup>a</sup>	µg/liter	320 – 3500
Phenol	mg/liter	0,04 – 44
As	µg/liter	5 – 1600
Cd	µg/liter	0,5 – 140
Co	µg/liter	4 – 950
Ni	µg/liter	20 – 2050
Pb	µg/liter	8 – 1020
Cr	µg/liter	300 – 1600
Cu	µg/liter	4 – 1400
Hg	µg/liter	0,2 – 50

Sumber : Balai Kesehatan Surabaya, 2005

### 2.2.1 Pengertian Amonium

Amonium adalah ion hasil hidrolisis amonia, dimana amonia merupakan hasil hidrolisis dari urea yang ada dalam urin. Amonium adalah ion  $\text{NH}_4^+$  yang bersifat tidak berwarna, berbau menyengat, dan berbahaya bagi kesehatan. Amonium merupakan salah satu wujud N di dalam tanah (nitrat dan nitrit>amonium>organik N). Amonium adalah kontaminan di bawah permukaan tanah yang sering muncul dari berbagai sumber yaitu tempat pembuangan sampah (dalam lindi), pembuangan air limbah, daerah tercemar industri, air limbah, dan pupuk (Ranjbar *et al.*, 2013). Agar dapat langsung diserap tumbuhan, amonia dengan bantuan bakteri diubah menjadi ion amonium, nitrat, dan nitrit (Juswardi dkk., 2010)

Nitrogen merupakan unsur penting yang diperlukan untuk sintesis hewan dan tumbuhan terdapat pada amonium. Tumbuhan tidak dapat langsung memanfaatkan nitrogen secara langsung, melainkan dengan bantuan mikroorganisme. Mikroorganisme membantu nitrogen untuk dapat menjadi senyawa lain seperti amonium, nitrat, atau senyawa organik lain. (Sundari dkk., 2013).

### 2.2.2 Sifat Amonium

Amonium bersifat basa. Amonium dalam larutan berada dalam kesetimbangan seperti reaksi di bawah ini:



Amonia                      Amonium

Amonium bereaksi sebagai basa karena adanya pasangan bebas yang aktif dari nitrogen.

### 2.2.3 Dampak Amonium

Amonium dalam konsentrasi tinggi dapat menghambat pertumbuhan akar tumbuhan (Li *et al.*, 2008) dan mencegah dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme. Meskipun  $\text{NH}_4^+$  adalah elemen penting bagi kehidupan, namun dalam konsentrasi tinggi menyebabkan eutrofikasi dan hilangnya keanekaragaman hayati sebagai dampaknya (Vieira *et al.*, 2009). Penurunan oksigen dan munculnya toksisitas bagi organisme akuatik juga merupakan dampak dari adanya amonium.

## **2.3 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. 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 pengerukan (Suryati dkk., 2003). Fitoremediasi terbukti merupakan metode yang efektif dan ekonomis untuk mereduksi konsentrasi polutan di sistem perairan (Purwaningsih, 2009).

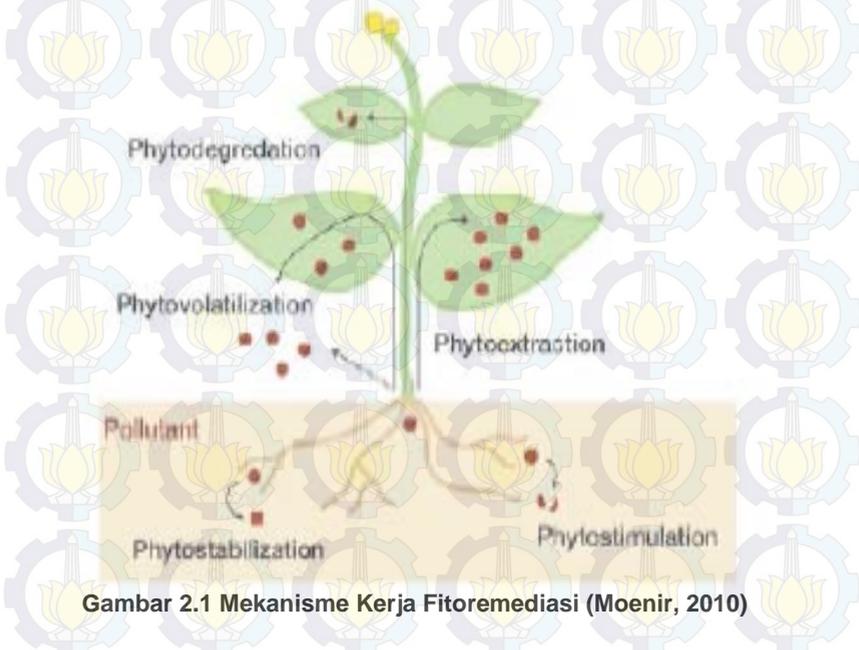
Fitoremediasi didefinisikan sebagai pembersihan pencemar yang bermedia tanaman. Teknologi ini muncul untuk untuk perbaikan lingkungan dengan keunggulan yaitu murah dan cocok digunakan untuk berbagai jenis kontaminan dalam berbagai media. Fitoremediasi dapat digunakan untuk mengatasi kontaminan anorganik seperti arsenik, berbagai garam dan nutrient, dan berbagai kontaminan organik, termasuk bahan peledak, hidrokarbon, dan pestisida. Fitoremediasi didefinisikan sebagai pencucian polutan yang diremediasi oleh tumbuhan, termasuk pohon, rumput-rumputan, dan tumbuhan air. Pencucian bisa berarti penghancuran, inaktivasi, atau imobilisasi polutan ke bentuk yang tidak berbahaya (Hidayati, 2005). Menurut Feller (2000) dalam Hidayati (2005) tumbuhan Hiperakumulator yang dimanfaatkan untuk Fitoremediasi memiliki beberapa keunggulan yaitu :

- Beberapa famili tumbuhan memiliki sifat toleransi dan hiperakumulator terhadap logam berat
- Banyak jenis tumbuhan yang dapat merombak polutan
- Pelepasan tumbuhan yang telah dimodifikasi secara genetik ke dalam suatu lingkungan relatif lebih dapat dikontrol dibandingkan dengan mikroba
- Asosiasi tumbuhan dengan mikroba memberikan nilai tambah dalam memperbaiki kesuburan tanah.

- Dengan perakaran yang dapat mencapai  $100 \times 10^6$  km akar per ha, tumbuhan dapat mengadakan kontak dengan bidang tanah yang sangat luas dan penetrasi akar yang dalam
- Tumbuhan memberikan nilai estetika
- Dengan kemampuan fotosintesis, tumbuhan dapat menghasilkan energi yang dapat dicurahkan selama proses detoksifikasi polutan.

### 2.3.2 Mekanisme Fitoremediasi

Mekanisme Fitoremediasi terdiri dari beberapa tahap dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Mekanisme Kerja Fitoremediasi (Moenir, 2010)

### 2.3.3 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 relatif lebih rendah

dibandingkan dengan metode lain. Sebagai perbandingan, di USA biaya operasional fitoremediasi antara \$3.00-\$100.00/(m<sup>3</sup>.tahun), dengan cara kimia dan fisika antara \$100.00-\$1000.00/(m<sup>3</sup>.tahun), sedangkan dengan bioremediasi antara \$50.00-\$400.00/(m<sup>3</sup>.tahun) (Glass, 1998; Frick dkk, 1999; Purwaningsih, 2009).

### 2.3.4 Fitoremediasi Amonium

Amonium dapat tersisihkan menggunakan teknologi fitoremediasi dengan memanfaatkan tumbuhan tertentu yang dapat menyerap amonium. Menurut Hasiholan S. dkk. (2000) N diserap tanaman oleh tanaman hampir seluruhnya dalam bentuk nitrat atau dalam bentuk amonium. Pertumbuhan tanaman bentuk tanaman N yang diserap tanaman tergantung dari spesies tanaman dan juga faktor lingkungan. Dampak positif penyerapan amonium antara lain pada reduksi amonium hampir seluruhnya diasimilasi dalam akar sehingga meningkatkan ketersediaan protein. Akan tetapi dampak negatif dapat menyebabkan tanaman berangsur-angsur mengalami deteriorasi dan penurunan bobot kering yang tajam karena terjadi kerusakan sistem perakaran. Pada Suhu 32°C berangsur-angsur peningkatan dalam fraksi amonium dalam larutan hara adalah diikuti oleh berangsur-angsurnya kerusakan dalam tanaman dan kematian menyeluruh di 100% amonium. Nitrogen merupakan salah satu unsur yang dibutuhkan bagi tanaman. Nitrogen yang terkandung dalam limbah secara umum terdiri dari 3 bentuk seperti senyawa nitrogen organik, ion amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), dan ion nitrat (Hadiyanto dan Christwardana, 2012)

### 2.4 *Scirpus grossus*

*Scirpus grossus* adalah gulma rhizomatos yang tumbuh dan berkembang biak secara klonal dan rimpang. Tumbuhan ini hidup dalam sawah, drainase, saluran irigasi, dan sungai yang sudah tidak berfungsi (Majrashi *et al.*, 2013). Pada penelitian Mathukumar *et al* (2012), *Scirpus grossus* merupakan jenis rumput-rumputan. *Scirpus grossus* adalah tumbuhan yang potensial sebagai tumbuhan hiperakumulator (Tangahu *et al.*, 2013).

Menurut Tangahu *et al.* (2011), beberapa spesies tanaman memiliki kemampuan untuk menyerap kontaminan dari lingkungan tumbuhnya, seperti *Scirpus grossus*. Hasil penelitian Sundari dkk. (2013) menunjukkan bahwa semua tumbuhan *hydromacrophyta* (*S. grossus* dan *L. flava*) memiliki potensi yang sama untuk mengurangi nitrat dan ortofosfat sampai 90% setelah enam hari inkubasi.

#### 2.4.1 Ciri-ciri *Scirpus grossus*

Tanaman *Scirpus grossus*/ Menderong/ Mensiang/ Walingi merupakan tanaman asli Asia Tenggara. Tanaman ini telah tersebar di Australia, Brunei, Bhutan, Kamboja, Cina, India, Indocina, Indonesia, Laos, Malaysia, Myanmar, Laos, Paskitan, Filipina, Sri Lanka, Thailand, Turki, dan Vietnam. Nama Indonesia (lokal): Bundung, lingi, reduk, walingi, wlingen, wlingian, endong, penjalinan, dan mansiang.

Nama umum : Mansiang (*Scirpus grossus*)

Kingdom : Plantae (Tumbuhan)

Subkingdom : Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh)

Super Divisi : Spermatophyta (Menghasilkan biji)

Divisi : Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)

Kelas : Liliopsida (berkeping satu / monokotil)

Sub Kelas : Commelinidae

Ordo : Cyperales

Famili : Cyperaceae

Genus : *Scirpus*

Spesies : *Scirpus grossus* L

*S. grossus*, termasuk gulma tahunan yaitu gulma yang umurnya lebih dari 2 (dua) tahun. Gulma ini umumnya berkembang biak secara vegetatif dan generatif. Memiliki organ perkembangbiakan berupa stolon/rimpang yaitu batang yang menjalar dalam tanah, pada setiap buku/ruas dapat tumbuh tunas dan akar menjadi individu baru. Pemotongan organ-organ tersebut biasanya terjadi saat pengolahan tanah.

##### Tempat hidup

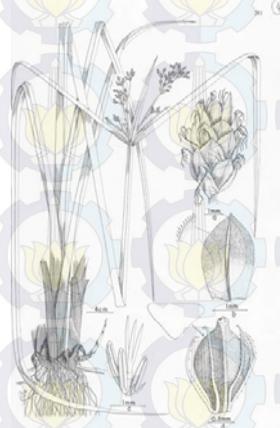
*S. grossus* pada umumnya hidup di lahan basah (daerah berair), namun dapat pula ditemukan di daerah tanah yang subur dengan sirkulasi yang baik. Berasosiasi dengan tanaman padi.

### Nilai ekonomis

- Dapat dibuat untuk kerajinan anyaman yang agak kasar seperti tas, tikar, dan sebagainya..
- Dapat digunakan sebagai tumbuhan perangkap untuk OPT pada tanaman padi
- Dapat digunakan untuk pengolahan limbah cair secara alami dari perusahaan, industri, maupun rumah tangga (dapat menurunkan kadar BOD dan COD yang terdapat pada limbah cair sampai > 90%) (Yasril, 2009).

### Morfologi *Scirpus grossus*

- Tumbuhan abadi dengan panjang stolon/rimpang berakhir dengan umbi kecil
- Batang tajam berbentuk segitiga siku-siku dengan sisi cekung, dengan tinggi hingga 200 cm, tebal 10 mm, halus sedikit scarbid menuju puncaknya.
- Daun panjang ukurannya 50-80 cm, lebar hingga 2 cm, jatuh ke bawah, dan berakhir pada ujung yang sangat akut
- Tumbuhan ini hidup berkumpul/berkelompok
- Merupakan gulma yang kuat dan luas, tumbuhnya melalui pesebaran stolons
- Dominasi di lahan basah
- Jenis rumput-rumputan



**Gambar 2.2** Bagian tubuh *Scirpus Grossus*  
(sumber: Konstermans *et al.*, 1987)

## 2.5 Sistem *Reed Bed* Evapotranspiration

Sistem *reed bed* adalah teknologi untuk mengolah air limbah dan proses aktivasi biologis (mikroba dan tumbuhan) yang dapat menstimulasi dekomposisi secara alami senyawa-senyawa pencemar di dalam suatu keadaan khusus. Jenis pengolahan sistem *reed bed* ini memungkinkan bagi tumbuh-tumbuhan tertentu yang tumbuh di tanah basah (*wetland*) seperti rumput-rumputan. Tumbuh-tumbuhan ini dapat memindahkan sejumlah tertentu oksigen dari atmosfer melalui sistem perakarannya untuk meningkatkan jumlah dan keragaman jenis mikroorganisme yang tumbuh di perakarannya (Ramprasad, 2012).

Sistem *reed bed* digunakan untuk pengolahan air limbah dan pengolahan lindi TPA. Sistem *reed bed* ini murah, mudah dalam pembuatan, pengoperasian, dan perawatannya. (Islam *et al.*, 2009). Pada sistem ini terbukti efisien dalam mengurangi BOD, COD,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$ , logam berat dari air limbah. Mekanisme utama dalam sistem *reed bed* adalah transformasi biokimia, adsorpsi, presipitasi, volatilisasi, kemampuan tumbuhan dalam menyerap polutan, serta perpindahan dan transfer (Vymazal, 2009). Sistem *reed bed* termasuk salah satu teknik terbaik dalam menyisihkan lindi dari landfill (Wood *et al.*, 2007)

Sistem *reed bed* pada dasarnya adalah sebuah saluran, dilapisi dengan membran kedap air, yang diisi dengan kerikil dan ditanami dengan tumbuhan tertentu yang digunakan untuk mengolah air limbah. Air limbah, yang melewati zona akar dari tumbuhan penyerap polutan akan mengalami penurunan konsentrasi. Inlet dan outlet pipa diposisikan di bawah permukaan kerikil, sehingga air selalu tetap di bawah permukaan kerikil yang tidak termasuk dari paparan air limbah, pembenihan nyamuk, dan bau yang tidak menyengat (Lismore City Council's, 2003)

Sistem *reed bed* merupakan pengolahan air limbah yang efektif dimana pengolahan awalnya menggunakan aerasi dan pengendapan. Pengolahan awal inilah yang efektif menghilangkan BOD. Sistem *reed bed* tidak beroperasi secara stabil dengan penghilangan amonia, namun pada *reed bed* aliran vertikal biasanya efektif untuk nitrifikasi dari amonia (Wood *et al.*, 2007). Sistem *reed bed* terbukti mampu mengolah air limbah dengan beban polutan tinggi, kecepatan transfer oksigen, dan

mengatasi masalah penyumbatan pada iklim dingin (Kato *et al.*, 2010).

Sistem *reed bed* memiliki proses di dalamnya yaitu pengolahan air limbah dalam media dan evapotranspirasi. Evapotranspirasi adalah kombinasi antara evaporasi dan transpirasi. Evaporasi adalah kehilangan air atau penguapan di permukaan, sedangkan transpirasi adalah penguapan oleh tumbuhan. Evapotranspirasi ini akan mengurangi volume air. Perhitungan volume evapotranspirasi dilakukan dengan mengukur penurunan volume limbah/lindi rata-rata per cm penurunan muka air (Allen *et al.*, 1998).

## 2.6 Sumber Karbon

Bahan organik dibutuhkan tanaman untuk nutrisi agar tanaman tumbuh efisien. Sumber organik dalam tanah akan berpengaruh terhadap sifat-sifat fisik, kimia, dan biologis tanaman. Sumber bahan organik juga mempengaruhi aktivitas organisme yang hidup dalam tanah. Penambahan bahan organik dalam tanah akan meningkatkan sumber karbon tanah. Karbon merupakan komponen paling besar dalam bahan organik. Tingginya karbon akan mempengaruhi sifat tanah menjadi lebih baik, baik secara fisik, kimia, dan biologi. Karbon merupakan sumber makanan mikroorganisme tanah, sehingga keberadaan unsur ini dalam tanah akan memacu kegiatan organisme sehingga meningkatkan proses dekomposisi tanah dan juga reaksi-reaksi yang memerlukan bantuan organisme, misalnya pelarutan P, fiksasi N, dan sebagainya (Utami, 2003).

## 2.7 Relative Growth Rate (RGR)

RGR atau laju pertumbuhan relatif yang merupakan pertambahan berat kering tanaman pada suatu waktu tertentu. RGR dapat dikatakan juga sebagai peningkatan berat kering tanaman dalam suatu interval waktu yang berhubungan dengan berat awal tanaman. Rumus RGR adalah sebagai berikut :

$$RGR = \frac{W_t - W_0}{W_0 \times t} \times 100\%$$

Keterangan :

$W_t$  : Berat akhir

$W_0$  : Berat awal

$t$  : waktu (hari)

RGR : *Relative growth rate* (per hari)

RGR adalah laju pertumbuhan relatif (/hari),  $t$  adalah lamanya waktu percobaan RGR tanaman (Rudiyanti dan Ekasari, 2009).

## 2.8 Peranan Mikroorganism

Sistem lahan basah buatan (Constructed Wetlands), dimana prinsip kerja sistem pengolahan limbah tersebut dengan memanfaatkan simbiosis antara tumbuhan air dengan mikroorganism dalam media di sekitar sistem perakaran (*Rhizosphere*) tanaman tersebut. Bahan organik yang terdapat dalam air limbah akan dirombak oleh mikroorganism menjadi senyawa lebih sederhana dan akan dimanfaatkan oleh tumbuhan sebagai nutrient, sedangkan sistem perakaran tumbuhan air akan menghasilkan oksigen yang dapat digunakan sebagai sumber energi/katalis untuk rangkaian proses metabolisme bagi kehidupan mikroorganism. Setiap jenis tanaman akan memiliki kemampuan yang berbeda-beda untuk menghasilkan oksigen, sehingga kondisi aerob pada daerah *rhizosphere* untuk tiap-tiap jenis tanaman akan menjadi faktor pembatas terhadap kehidupan mikroorganism. Bagi jenis bakteri aerob, konsentrasi oksigen merupakan faktor pembatas, sehingga suasana aerob pada daerah *rhizosphere* tersebut yang menyebabkan mikroorganism dapat bersimbiosis dengan masing-masing jenis tanaman akan spesifik. Menurut Metcalf and Eddy (1993) sistem yang termasuk pengolahan alami, dimana terjadi aktivitas pengolahan sedimentasi, filtrasi, transfer gas, adsorpsi, pengolahan kimiawi dan biologis, karena aktivitas mikroorganism dalam tanah dan aktivitas tanaman.

## BAB 3 METODA PENELITIAN

### 3.1 Umum

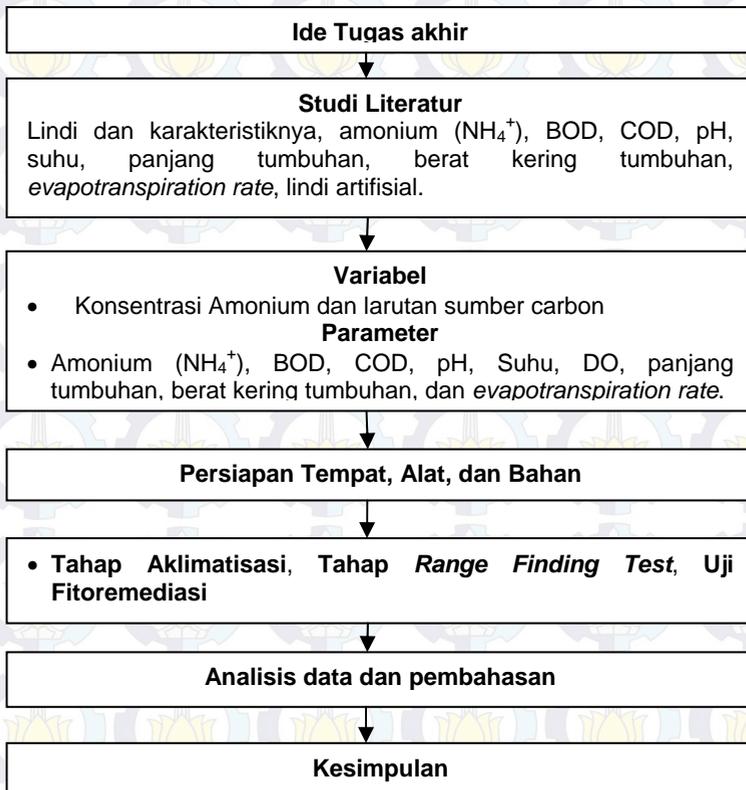
Metoda penelitian digunakan sebagai acuan dalam penelitian agar dapat terlaksana sesuai dengan apa yang telah direncanakan. Pada penelitian ini membahas mengenai efisiensi fitoremediasi menggunakan tumbuhan *Scirpus grossus* untuk mendekonsentrasi amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dalam air dan tanah yang tercemar lindi. Penggunaan tumbuhan *Scirpus grossus* karena tumbuhan ini merupakan tumbuhan *hyperaccumulator* yaitu memiliki kemampuan untuk menyerap kontaminan yang terdapat pada lingkungan tumbuhnya (Tangahu *et al.*, 2013). Lindi yang digunakan pada penelitian ini adalah lindi artifisial yaitu lindi buatan yang karakteristiknya disesuaikan dengan karakteristik lindi pada umumnya sesuai studi literatur. Lindi artifisial ini terbuat dari larutan mengandung amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dan sumber karbon. Penggunaan lindi artifisial agar mempermudah dalam menganalisis konsentrasi amonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Sebelum melakukan penelitian utama, perlu dilakukan penelitian pendahuluan, yaitu aklimatisasi tumbuhan *Scirpus grossus* dan *range finding test*. Tahap aklimatisasi bertujuan agar tumbuhan dapat beradaptasi dengan lingkungan baru sesuai lingkungan uji fitoremedasi. Tahap *range finding test* untuk menentukan konsentrasi maksimum amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) yang dapat diterima dan tidak menyebabkan *Scirpus grossus* mengalami kematian selama waktu uji. Penelitian utama dilakukan selama 20 (dua puluh) hari, dengan pengamatan atau uji parameter 4 (empat) hari sekali. *Range finding test* dilakukan selama 4 (empat) hari. Aklimatisasi tumbuhan dilakukan sampai dengan muncul tunas tumbuhan.

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah konsentrasi amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) hasil *range finding test* dan jenis larutan organik sebagai sumber karbon yaitu larutan glukosa dan asam laktat dengan konsentrasi disesuaikan pada konsentrasi BOD lindi. Parameter yang akan diuji adalah konsentrasi amonium ( $\text{NH}_4^+$ ), BOD, COD, pH, suhu, panjang tumbuhan, berat kering tumbuhan, dan *evapotranspiration rate*. Parameter amonium, BOD, COD, pH, suhu, panjang tumbuhan, dan berat kering tumbuhan dilakukan analisis setiap empat hari sekali,

sedangkan evapotranspirasi setiap hari. Pada akhirnya akan dipelajari bagaimana efisiensi dekonstruksi amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) pada lindi artifisial terhadap laju pertumbuhan relatif *S. grossus*.

### 3.2 Kerangka Penelitian

Metoda penelitian dibuat agar penelitian yang dilakukan berjalan sistematis dan sesuai dengan waktu yang ditentukan. Metoda penelitian disusun dalam bentuk kerangka penelitian berupa urutan pekerjaan yang akan dijelaskan pada rincian langkah penelitian. Kerangka penelitian sesuai dengan ide penelitian terdapat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

### 3.3 Rincian Kerangka Penelitian

#### 3.3.1 Ide Penelitian

Penelitian ini membahas mengenai efisiensi dekontaminasi limbah yang mengandung amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) menggunakan tumbuhan *Scirpus grossus*. Limbah yang digunakan pada penelitian adalah limbah artifisial. Limbah artifisial penelitian ini terbuat dari larutan amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) ditambahkan dengan larutan organik sumber karbon yaitu glukosa dan asam laktat. Penelitian difokuskan pada efisiensi dekontaminasi amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) pada limbah artifisial terhadap laju pertumbuhan relatif *Scirpus grossus*. Pada penelitian ini terdapat 2 (dua) variabel yaitu perbedaan larutan organik sebagai sumber karbon yaitu asam laktat dan glukosa dan 3 (tiga) variasi konsentrasi amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) hasil *range finding test* yang disesuaikan dengan konsentrasi rata-rata pada limbah sebenarnya yang bersumber dari studi literatur. Uji fitoremediasi menyesuaikan dengan hasil *range finding test*.

#### 3.3.2 Studi Literatur

Studi literatur berasal dari jurnal lokal dan internasional, *text book*, dan hasil wawancara dengan dosen. Studi literatur yang dilakukan adalah yang sesuai dengan pembahasan pada penelitian yaitu mengenai *Scirpus grossus*, amonium ( $\text{NH}_4^+$ ), karakteristik limbah, sumber karbon, pertumbuhan relatif *Scirpus grossus*, BOD, COD, DO, pH, suhu, panjang tumbuhan, berat kering, dan *evapotranspiration rate*.

#### 3.3.3 Penentuan Variabel dan Parameter Penelitian

##### a. Penentuan variabel

Pada penelitian ini dipilih dua variabel penelitian, yaitu 3 (tiga) variasi konsentrasi amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) hasil *range finding test* sesuai dengan karakteristik limbah dan variasi larutan organik sebagai sumber karbon yaitu larutan glukosa dan asam laktat dengan konsentrasi yang sama disesuaikan dengan karakteristik limbah hasil studi literatur. Pemilihan glukosa dan asam laktat dikarenakan glukosa berfungsi untuk sumber energi bagi mikroflora dalam tanah (Nataliningsih, 2010). Salah satu mikroflora yang tumbuh adalah bakteri asam laktat, bakteri ini menghasilkan asam laktat, yang mana berfungsi sebagai makanan bagi bakteri dalam tanah

sehingga bakteri atau mikroflora lain dalam tanah mendapat sumber energi atau makanan untuk memecah senyawa-senyawa dalam tanah. Bakteri asam laktat ini biasa digunakan untuk bahan pembuat EM<sub>4</sub>. Bakteri asam laktat yang menghasilkan asam laktat akan meningkatkan persediaan unsur hara dalam tanah (Hastuti, 2009). Pada penelitian ini dipilih glukosa dan asam laktat yang merupakan sumber karbon untuk makanan mikroorganisme dalam tanah sehingga dapat memecah senyawa yang mengandung amonium menjadi ion amonium. Ion amonium akan diserap oleh tumbuhan *Scirpus grossus* sebagai nutrisi dan juga sebagai makanan mikroorganisme, dengan demikian akan didapatkan konsentrasi amonium yang tersisa dalam reaktor uji fitoremediasi. Variabel penelitian tersaji pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1 Variabel Penelitian**

Konsentrasi NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	Larutan organik sumber Karbon	
	Glukosa 1000 mg/L (X)	Laktat 1000 mg/L (Y)
A	AX	AY
B	BX	BY
C	CX	CY

#### **b. Pemilihan Parameter**

Parameter yang dipilih adalah amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), BOD, COD, pH, suhu, panjang tumbuhan, berat kering tumbuhan, dan *evapotranspiration rate*. Parameter amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), BOD, COD, pH, suhu, panjang tumbuhan, dan berat kering tumbuhan dianalisis setiap 4 (empat) hari sekali, sedangkan analisis *evapotranspiration rate* setiap hari. Masing-masing metode dalam analisis parameter terpilih terdapat pada lampiran.

### **3.3.4 Persiapan Tempat, Alat, dan Bahan**

#### **a. Persiapan tempat**

Tahap aklimatisasi, *range finding test*, dan uji fitoremediasi dilakukan di *green house* Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Uji parameter dilakukan di *green house*,

laboratorium pemulihan air, dan laboratorium sanitasi lingkungan dan fitoteknologi Teknik Lingkungan ITS.

**b. Persiapan alat dan bahan**

Peralatan yang digunakan :

- Peralatan pengamatan dan analisis parameter
- Reaktor Aklimatisasi
- Reaktor *range finding test* (lihat Gambar 3.2)
- Reaktor uji fitoremediasi (lihat Gambar 3.3)

Bahan-bahan yang digunakan:

- Larutan lindi artifisial, terdiri dari campuran bahan sebagai berikut:
  - Larutan amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dengan 3 (tiga) konsentrasi terpilih hasil RFT.
  - Larutan organik yang mengandung sumber karbon yaitu larutan glukosa dan asam laktat.
- Tumbuhan *Scirpus grossus*
- Tanah dan kerikil untuk media tumbuh *Scirpus grossus*
- Air PDAM untuk mengairi *Scirpus grossus* pada tahap aklimatisasi
- Air PDAM untuk membuat larutan glukosa dan asam laktat
- Bahan untuk analisis parameter Konsentrasi amonium ( $\text{NH}_4^+$ ), DO, BOD, dan COD.

**3.3.5 Pelaksanaan Penelitian**

**a. Tahap Aklimatisasi Tumbuhan**

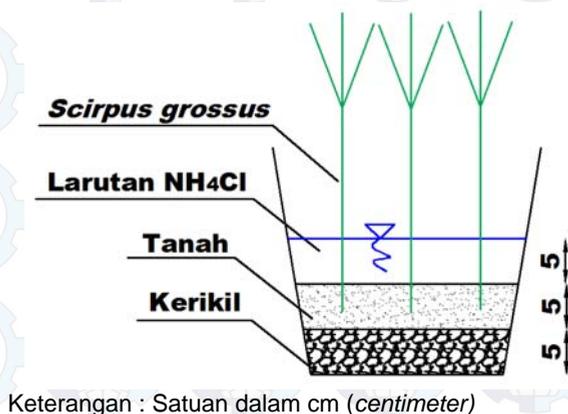
Tahap penumbuhan *Scirpus grossus* di tempat penelitian setelah diambil dari sumbernya. Tujuan pada tahap ini adalah agar didapatkan tumbuhan *Scirpus grossus* yang telah beradaptasi pada media yang akan digunakan pada *range finding test* dan penelitian utama (uji fitoremediasi). Tahap aklimatisasi diberi rentang waktu sampai dengan 3 (tiga) minggu (widiyanti, 2014). Tumbuhan *Scirpus grossus* hasil aklimatisasi akan dipilih yang tingginya 30-40 cm untuk digunakan pada *range finding test* dan uji fitoremediasi.

Aklimatisasi tumbuhan dilakukan dalam bak besar yang cukup untuk tempat tumbuh *Scirpus grossus*. Media pada tahap aklimatisasi sesuai dengan pada reaktor penelitian utama yaitu terdiri dari tanah dan kerikil. Pada tahap aklimatisasi ini tumbuhan *Scirpus grossus* selalu dijaga setiap harinya. Penyiraman tumbuhan dilakukan setiap dua hari dengan menggunakan air PDAM.

### b. Tahap *Range Finding Test*

Pada tahap ini tumbuhan ditumbuhkan pada 6 (enam) reaktor *range finding test* yang diberi larutan amonium dengan kandungan konsentrasi amonium sesuai rentang amonium pada karakteristik lindi hasil studi literatur. Konsentrasi yang digunakan adalah 1000 mg/L, 1200 mg/L, 1400 mg/L, 1600 mg/L, 1800 mg/L, dan 2000 mg/L. Larutan yang digunakan adalah larutan amonium klorida ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ).

Hasil *range finding test* dari 6 (enam) konsentrasi tersebut akan dipilih 3 (tiga) konsentrasi amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) yang tidak menyebabkan tumbuhan mati dan dalam kondisi baik ditinjau dari karakteristik fisik tumbuhan (panjang tumbuhan, warna tumbuhan, dan layu atau tidak). Tiga konsentrasi amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) tersebut digunakan untuk penelitian pada uji fitoremediasi.



Gambar 3.2 Reaktor *Range Finding Test*

Reaktor *range finding test* (Gambar 3.2) berupa pot plastik dengan media kerikil dan pasir sesuai dengan media pada reaktor uji fitoremediasi. Jumlah tumbuhan *Scirpus grossus* pada reaktor RFT adalah 3 (tiga) tumbuhan. *Range finding test* dilakukan selama 4 (empat) hari berdasarkan penelitian terdahulu oleh Widiyanti dkk. (2014) dan *standard method*. Diameter reaktor RFT adalah 30 cm.

### c. Tahap Uji Fitoremediasi

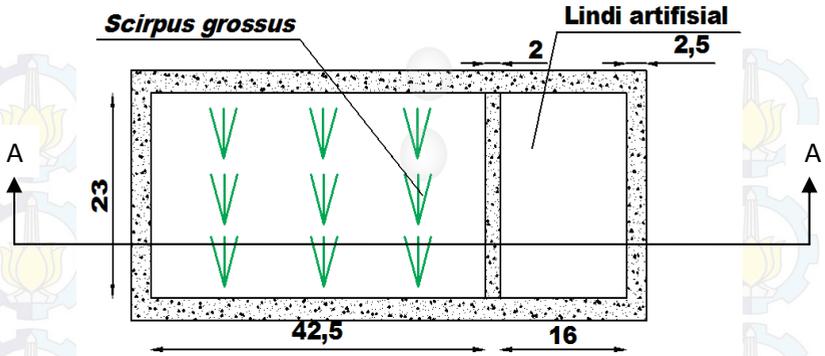
Langkah pelaksanaan uji fitoremediasi adalah sebagai berikut :

1. Disiapkan reaktor uji fitoremediasi menggunakan tumbuhan *Scirpus grossus* lengkap dengan media kerikil, tanah, dan diberi larutan lindi artifisial sesuai dengan variabel terpilih (tabel 3.1). Jumlah tumbuhan *Scirpus grossus* dalam uji fitoremediasi adalah sebanyak 9 (sembilan) tumbuhan, dari sembilan tumbuhan tersebut akan diambil 1 (satu) tumbuhan pada hari ke-0 dan setiap 4 (empat) hari sekali selama 20 hari untuk analisis parameter berat kering tumbuhan dan panjang tumbuhan, sedangkan 3 (tiga) tumbuhan sisanya sebagai persediaan atau cadangan tumbuhan. Reaktor uji fitoremediasi berjumlah 6 reaktor dilakukan duplo sehingga jumlah reaktor uji fitoremediasi total adalah 12 buah. Selain itu terdapat 1 (satu) reaktor kontrol yang lengkap seperti reaktor uji fitoremediasi, namun hanya diberi air PDAM dan reaktor kontrol yang ditambahkan dengan larutan lindi artifisial seperti reaktor uji fitoremediasi namun tanpa diberi tumbuhan *Scirpus grossus*, reaktor kontrol tersebut berjumlah 6 (enam). Fungsi reaktor kontrol adalah sebagai kontrol dalam penelitian uji fitoremediasi sehingga diketahui bagaimana hasil uji fitoremediasi yang tercemar kandungan amonium dan yang tidak serta untuk mengetahui bagaimana keadaan dan konsentrasi amonium pada media tercemar lindi artifisial yang tidak terdapat tumbuhan *Scirpus grossus*. Jumlah total tumbuhan yang digunakan adalah 117 tumbuhan. Berikut adalah rincian jumlah reaktor uji fitoremediasi:

- ✓ Reaktor 1 yaitu larutan mengandung  $\text{NH}_4^+$  konsentrasi A dengan larutan Glukosa
- ✓ Reaktor 2 yaitu larutan mengandung  $\text{NH}_4^+$  konsentrasi B dengan larutan Glukosa
- ✓ Reaktor 3 yaitu larutan mengandung  $\text{NH}_4^+$  konsentrasi C dengan larutan Glukosa
- ✓ Reaktor 4 yaitu larutan mengandung  $\text{NH}_4^+$  konsentrasi A dengan larutan Laktat
- ✓ Reaktor 5 yaitu larutan mengandung  $\text{NH}_4^+$  konsentrasi B dengan larutan Laktat
- ✓ Reaktor 6 yaitu larutan mengandung  $\text{NH}_4^+$  konsentrasi C dengan larutan Laktat

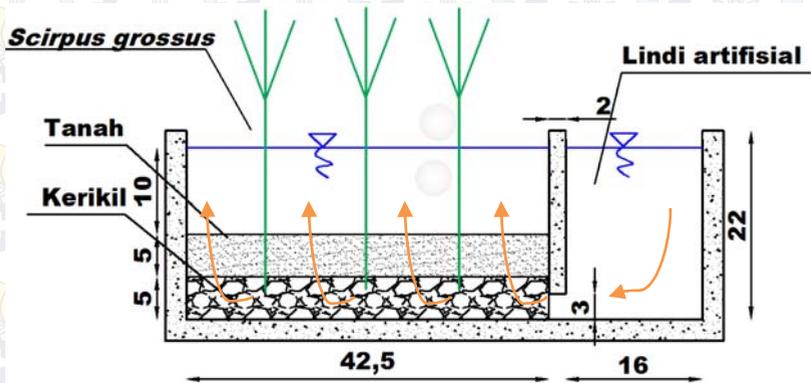
Penelitian ini dilakukan secara duplo sehingga untuk reaktor 7-12 diberi perlakuan yang sama seperti reaktor 1-6. Reaktor kontrol (reaktor 13) yang lengkap dengan *Scirpus grossus* tanpa diberi larutan lindi artifisial dan reaktor kontrol tanpa tumbuhan sesuai dengan lindi artifisial pada reaktor uji fitoremediasi.

2. Reaktor uji fitoremediasi berukuran dalam (42.5x23x22) cm, sedangkan ukuran luarnya (65.5x25x24.5) cm (Gambar 3.3-3.4). Jenis reaktor uji fitoremediasi adalah *semi-continue* dimana pengambilan sampel dilakukan teratur setiap 4 (empat) hari sekali, sedangkan penambahan larutan lindi artifisial dilakukan apabila tinggi muka air lindi artifisial dari media pasir dalam reaktor yang berisi tumbuhan *Scirpus grossus* mulai habis. Sistem yang digunakan adalah sistem *reed bed evapotranspiration*. Penurunan volume lindi artifisial pada sisi penampung lindi selalu dicek setiap hari menggunakan penggaris, untuk mengetahui kemampuan evapotranspirasi. Reaktor uji fitoremediasi berbahan semen yang bagian dalamnya kedap air. Pemilihan bahan ini karena aman dipakai, tahan lama, dan harganya terjangkau. Seluruh reaktor diletakkan di *green house* Jurusan Teknik Lingkungan ITS karena di tempat tersebut tumbuhan tetap mendapat cahaya matahari dan terlindung dari hujan sehingga penelitian berjalan lancar dan aman.



Keterangan : Satuan dalam cm (*centimeter*)

**Gambar 3.3 Tampak Atas Reaktor Uji Fitoremediasi**



Keterangan : arah aliran larutan lindi artifisial  
: Satuan dalam cm (*centimeter*)

**Gambar 3.4 Potongan A-A Reaktor Uji Fitoremediasi**

Media yang digunakan pada reaktor uji fitoremediasi adalah kerikil dan tanah yang masing-masing memiliki ketebalan 5 (lima) cm yang bertujuan agar tumbuhan *Scirpus grossus* dapat tegak berdiri dan mendapat asupan makanan yang terdapat pada

media tersebut. Sistem yang digunakan pada reaktor uji fitoremediasi adalah sistem *reed bed evapotranspiration*.

### **3.3.6 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 terpercaya. Dalam pembahasan dijabarkan secara detail dan menjawab rumusan masalah. Agar pembahasan dapat dengan jelas dipahami maka hasil penelitian ditampilkan dalam bentuk tabel atau grafik.

### **3.3.7 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 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Tahap Aklimatisasi

Tahap aklimatisasi adalah pembibitan tumbuhan *Scirpus grossus* yang diambil dari lahan bekas tambak di Perumahan Kedung Baruk dan ditumbuhkan kembali pada lingkungan baru dan dengan media tanam yang berbeda. Tujuannya agar tumbuhan *Scirpus grossus* dapat beradaptasi di lingkungan baru. Tahap aklimatisasi dilakukan pada media bak plastik. Media yang digunakan adalah kerikil dan tanah. Tumbuhan *Scirpus grossus* ditanam dalam keadaan tergenang air. Penyiraman dilakukan menggunakan air PDAM setiap 2 (dua) hari sekali dan dijaga kondisi air tetap tergenang, karena *Scirpus grossus* merupakan tumbuhan yang hidup di daerah rawa atau lahan basah. Tahap aklimatisasi dilakukan sampai tumbuh tunas baru, sehingga dikatakan tumbuhan ini telah beradaptasi, selanjutnya dapat digunakan untuk tahap penelitian berikutnya. Tahap aklimatisasi yang telah dilakukan adalah sampai dengan 2 (dua) bulan. Tahap aklimatisasi ini dilakukan di *Green House* Jurusan Teknik Lingkungan ITS.

### 4.2 Range Finding Test

Pada penelitian ini dilakukan *range finding test* (RFT) rentang konsentrasi amonium maksimal yang dapat diterima oleh tumbuhan *Scirpus grossus*. Tujuan dari *range finding test* ini adalah untuk menentukan konsentrasi amonium yang akan digunakan dalam uji fitoremediasi lindi artifisial. Tumbuhan *Scirpus grossus* yang digunakan untuk *range finding test* adalah tumbuhan hasil aklimatisasi yang memiliki panjang 30-40 cm agar seragam. Jumlah tumbuhan *Scirpus grossus* yang digunakan dalam 1 (satu) reaktor *range finding test* adalah 3 (tiga) tumbuhan. Reaktor *range finding test* berbahan plastik dengan diameter 30 cm, tinggi media 10 cm, dan ketinggian larutan tergenang adalah 5 cm. *Range finding test* dilakukan selama 4 (empat) hari menyesuaikan penelitian terdahulu dan berdasarkan *standard method*.

Konsentrasi amonium terpilih untuk *range finding test* adalah konsentrasi amonium sesuai karakteristik lindi pada

umumnya. Larutan yang mengandung amonium digunakan dalam penelitian ini adalah amonium klorida ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) dengan konsentrasi amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, dan 2000 mg/l. Larutan amonium klorida ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) dipilih karena larutan ini merupakan larutan garam yang mudah terionisasi apabila terkena air, sehingga ion amonium akan mudah terserap oleh tumbuhan.

Hasil *range finding test* adalah akan dipilih tiga konsentrasi amonium yang tidak menyebabkan *Scirpus grossus* mati dan kondisinya lebih baik daripada tiga reaktor *range finding test* dengan konsentrasi lain ditinjau dari kondisi fisik tumbuhan (tinggi tumbuhan, keadaan tumbuhan layu atau tidak, dan daun yang kering). Tumbuhan akan terlihat layu karena metabolisme tumbuhan terganggu oleh tingginya pencemar yang diterima.

Hasil *range finding test* menunjukkan semakin tinggi konsentrasi amonium, semakin menurun kualitas fisik dari *Scirpus grossus*. Gambar keadaan tumbuhan pada hari keempat *range finding test* dapat dilihat pada Gambar 4.1. Keadaan tumbuhan mulai hari pertama sampai hari keempat mengalami perbedaan kualitas fisiknya. Keadaan tumbuhan dari awal *range finding test* hingga hari keempat dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Peranan amonium bagi tanaman adalah untuk merangsang pertumbuhan tanaman secara keseluruhan, khususnya batang, cabang, dan daun. Amonium juga berperan dalam pembentukan hijau daun yang akan berguna dalam proses fotosintesis. Amonium juga berfungsi sebagai pembentuk protein, lemak, dan senyawa lainnya. Tumbuhan mengambil nitrogen salah satunya dalam bentuk amonium dari tanah. Apabila ion tersebut tersedia berlebih maka daun tanaman akan menjadi tebal dan berwarna hijau tua (Dwidjoseputro, 1984). Hal ini terlihat pada tumbuhan hasil *range finding test* pada larutan mengandung amonium tinggi, tumbuhan *Scirpus grossus* tampak lebih hijau dibandingkan dengan yang hanya diberi air PDAM.

Berdasarkan hasil *range finding test*, konsentrasi amonium yang digunakan adalah 1000, 1200, dan 1400 mg/l. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi 1600, 1800, dan 2000 mg/l amonium terdapat tumbuhan yang mati. Keadaan tumbuhan di semua reaktor terdapat daun yang kering, namun lebih banyak yang kering pada konsentrasi 1600 mg/l, 1800 mg/l, dan 2000 mg/l amonium.

Hari ke- 1 (satu)



1000 mg/l

1200 mg/l

1400 mg/l



1600 mg/l

1800 mg/l

2000 mg/l

Hari ke-4 (empat)



1000 mg/l

1200 mg/l

1400 mg/l



1600 mg/l

1800 mg/l

2000 mg/l

Keterangan: Lingkaran merah menunjukkan 1 tumbuhan mati

**Gambar 4.1 Hasil *Range Finding Test* Hari ke-1 dan Hari ke-4**

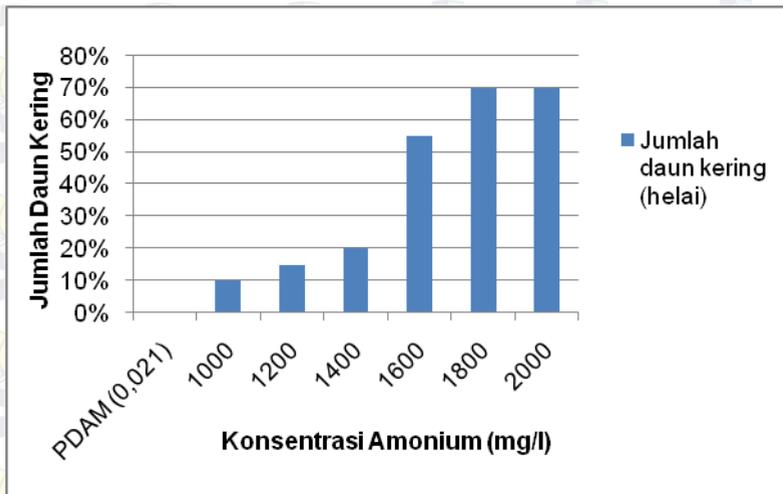


Hari ke-1



Hari ke-4

**Gambar 4.2 Hasil Range Finding Test kontrol dengan Air PDAM**



**Gambar 4.3 Jumlah Daun Scirpus grossus Kering pada Reaktor Range Finding Test**

**Tabel 4.1 Keadaan Fisik Tumbuhan *Scirpus grossus* pada Masing-masing Reaktor RFT**

Reaktor	Keadaan Tumbuhan <i>Scirpus grossus</i>			
	Hari-1	Hari-2	Hari-3	Hari-4
PDAM	Hijau - segar	Hijau - segar	Hijau - segar	Hijau – segar – beberapa ujung daun mengering – 0% daun mengering
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 1000 mg/l	Hijau - segar	Hijau - segar	Hijau – segar – ujung daun mulai layu dan kering	Hijau – segar – ujung daun mulai layu – 10 % daun mengering
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 1200 mg/l	Hijau - segar	Hijau – segar – ujung daun mulai layu	Hijau – segar – ujung daun mulai layu	Hijau – segar – ujung daun mulai layu – 15% daun mengering
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 1400 mg/l	Hijau - segar	Hijau – segar – ujung daun mulai layu	Hijau – segar – ujung daun mulai layu -	Hijau – segar – ujung daun mulai layu – 20% daun mengering
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 1600 mg/l	Hijau - segar	Hijau – segar – ujung daun mulai layu dan berwarna kuning	Hijau – segar – ujung daun mulai layu – beberapa daun mengering	Hijau – segar – ujung daun mulai layu – 55% daun mengering – satu tumbuhan mati
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 1800 mg/l	Hijau - segar	Hijau – segar – ujung daun mulai layu dan berwarna kuning – beberapa daun mengering	Hijau – segar – ujung daun mulai layu – beberapa daun mengering – satu tumbuhan semua daun mengering	Hijau – segar – ujung daun mulai layu – 70% daun mengering – satu tumbuhan mati

Reaktor	Keadaan Tumbuhan <i>Scirpus grossus</i>			
	Hari-1	Hari-2	Hari-3	Hari-4
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 2000 mg/l	Hijau - segar	Hijau – segar – ujung daun mulai layu– beberapa daun mengering	Hijau – segar – ujung daun mulai layu – beberapa daun mengering – satu tumbuhan semua daun mengering	Hijau – segar – ujung daun mulai layu – 70% daun mengering – satu tumbuhan mati

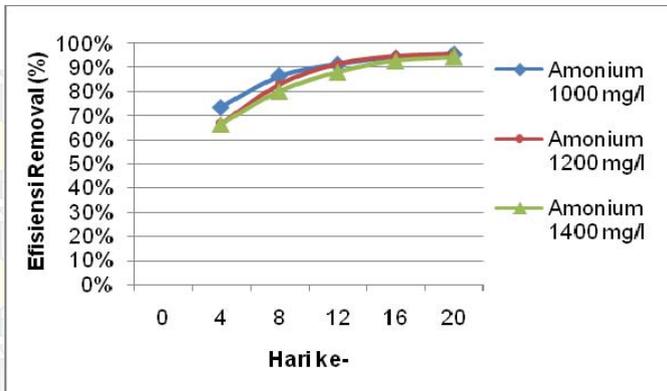
### 4.3 Hasil Uji Fitoremediasi

#### 4.3.1 Penurunan Konsentrasi Amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

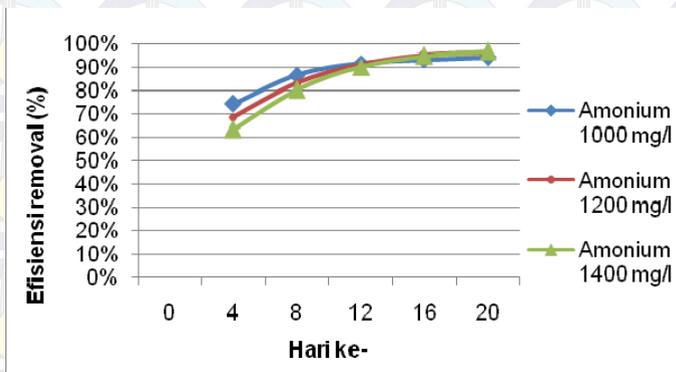
Amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) dalam bentuk NH<sub>4</sub>Cl yang diberikan pada reaktor fitoremediasi akan terurai oleh air sehingga menjadi NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup>. Ion amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) akan dimanfaatkan oleh tumbuhan sebagai makanan untuk metabolisme. Menurut Hasiholan S. dkk.(2000) N diserap oleh tanaman hampir seluruhnya dalam bentuk nitrat atau dalam bentuk amonium. Akan tetapi dampak negatif dapat menyebabkan tanaman berangsur-angsur mengalami deteriorasi dan penurunan bobot kering yang tajam karena terjadi kerusakan sistem perakaran. Amonium dalam konsentrasi tinggi dapat menghambat pertumbuhan akar tumbuhan (Li *et al.*, 2008).

Konsentrasi amonium yang digunakan untuk uji fitoremediasi adalah sesuai dengan hasil *range finding test* yaitu dipilih konsentrasi amonium 1000mg/l, 1200mg/l, dan 1400 mg/l. Efisiensi penurunan konsentrasi amonium selang 4 (empat) hari selama 20 (dua puluh) hari dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5.

Gambar 4.4 merupakan efisiensi removal amonium dengan larutan glukosa, sedangkan Gambar 4.5 adalah efisiensi removal amonium dengan larutan asam laktat. Kedua grafik tersebut menunjukkan bahwa efisiensi removal amonium dari hari ke-0 (nol) sampai dengan hari ke 20 (dua puluh) menunjukkan kenaikan. Removal amonium berada pada angka antara 60% - 100%.



Gambar 4.4 Efisiensi *Removal*/Penyisihan Amonium pada Reaktor Larutan Glukosa



Gambar 4.5 Efisiensi *Removal*/Penyisihan Amonium pada Reaktor Larutan Asam Laktat

Kenaikan efisiensi *removal* amonium baik pada larutan glukosa dan asam laktat disebabkan karena penyerapan oleh tumbuhan *Scirpus grossus* dan sistem kerja reaktor *reed bed evapotranspiration*. Pada hari ke-16 dan hari ke-20 menunjukkan bahwa efisiensi *removal*/penyisihan amonium mulai stabil. Hal tersebut menandakan besarnya kemampuan dari *Scirpus grossus* dalam reaktor *reed bed evapotranspiration* selama 20 hari adalah

rata-rata 95%-96% baik pada reaktor dengan menggunakan larutan glukosa maupun menggunakan larutan asam laktat. Apabila dibandingkan dengan efisiensi removal kontrol tanpa tumbuhan (Lampiran A), efisiensi penyisihan amonium dengan tumbuhan *Scirpus grossus* saja rata-rata untuk reaktor dengan larutan glukosa selama 20 hari adalah 19%, kemudian untuk reaktor dengan larutan asam laktat adalah 18%. Hasil ini diperoleh dengan membandingkan antara reaktor fitoremediasi dan kontrol tanpa tumbuhan. Kondisi fisik tumbuhan *S. grossus* semakin ke hari ke-20 menurun hal ini sesuai dengan efisiensi penyisihan amonium

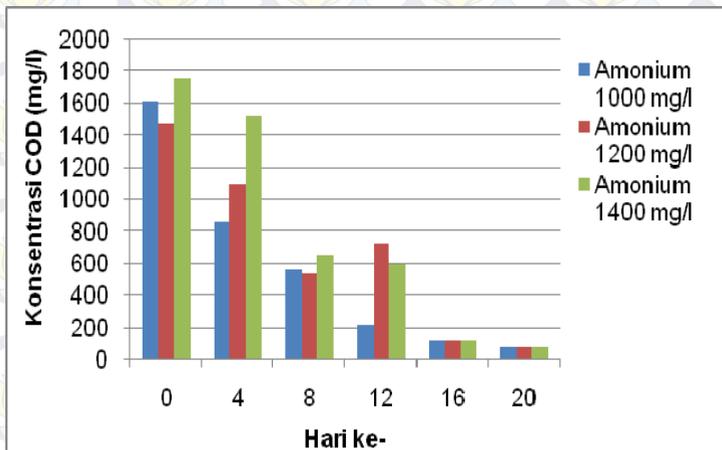
*S. grossus* yang mulai stabil pada hari ke-16 dan ke-20.

*Removal* amonium terbesar adalah pada hari ke-4 kemudian pada hari ke-8 baik pada reaktor larutan glukosa maupun asam laktat. Hal ini terjadi karena keadaan di dalam reaktor uji dan tumbuhan *Scirpus grossus* telah menyesuaikan diri dengan lingkungan barusehingga *Scirpus grossus* menyerap amonium dalam jumlah besar. Kedaan tumbuhan semakin lama semakin menunjukkan kualitas fisik yang menurun, karena daun-daunya mulai layu dan kering. Sesuai pada pembahasan sebelumnya bahwa efisiensi *removal* amonium mulai stabil pada hari ke-16 dan hari ke-20, hal ini dikarenakan tumbuhan *Scirpus grossus* mulai jenuh dan tingginya konsentrasi amonium yang telah diserap dan terakumulasi di tumbuhan *Scirpus grossus*.

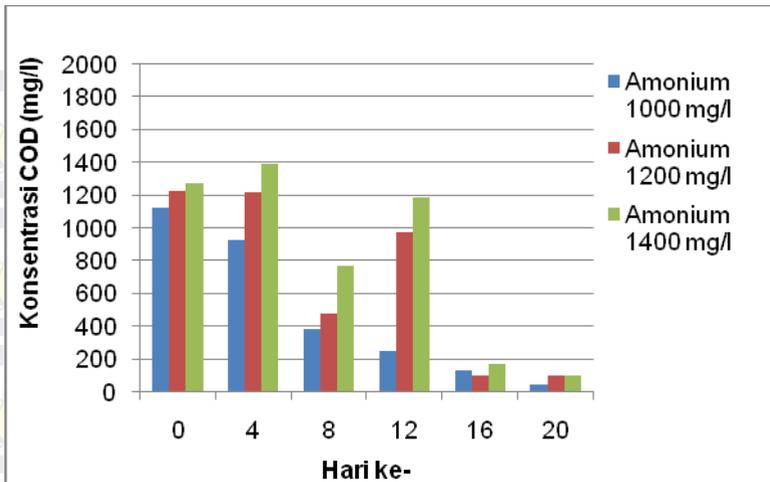
#### **4.3.2 Hasil Analisis Konsentrasi COD**

Hasil Analisa COD (*Chemical Oxygen Demand*) digunakan untuk mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan dalam mengoksidasi zat-zat organik pada sampel air lindi artifisial. Konsentrasi COD sering disebut sebagai kebutuhan oksigen kimiawi yaitu jumlah oksigen dalam ppm atau mg/l yang dibutuhkan dalam kondisi khusus menguraikan bahan organik secara kimiawi. Bahan yang tidak dapat didegradasi secara biologis akan didegradasi secara kimiawi melalui proses oksidasi. Kadar COD dalam air limbah akan berkurang seiring dengan berkurangnya konsentrasi bahan organik yang terdapat dalam air limbah. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat maupun tidak dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis (Kasam dkk., 2005).

Berdasarkan Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 konsentrasi COD secara umum mengalami penurunan, namun kadar COD pada konsentrasi amonium 1200 mg/l dan 1400 mg/l dengan larutan asam laktat menunjukkan nilai fluktuatif, dimana pada konsentrasi amonim 1400 mg/l pada hari ke-4 naik, hari ke-8 turun, hari ke-12 naik, selanjutnya turun terus sampai hari ke-20. Pada konsentrasi amonium 1200 mg/l dengan larutan asam laktat konsentrasi COD naik di hari ke-12 kemudian turun sampai hari ke-20. Pada reaktor larutan glukosa, COD naik di konsentrasi amonium 1200 mg/l pada hari ke-12, kemudian turun sampai hari ke-20. Naiknya konsentrasi COD disebabkan karena akar tumbuhan mengeluarkan eksudat yang terdiri dari bahan-bahan organik seperti asam amino, asam organik, polisakarida, protein, dan hasil metabolisme sekunder lainnya (Walker *et al.*, 2003). Fotosintesis menghasilkan molekul organik dari molekul anorganik, hal tersebut mengurangi biodegradasi molekul organik. Hasil fotosintesis dan bahan organik yang dikeluarkan oleh akar tumbuhan yang belum sempat didegradasi oleh mikroorganisme akan meningkatkan konsentrasi COD. Adanya pembusukan daun tumbuhan yang kering dan jatuh ke media akan mengurangi jumlah oksigen yang terlarut pada sampel air, sehingga bahan organik yang seharusnya turun menjadi naik.



**Gambar 4.6** Konsentrasi COD pada Reaktor Larutan Glukosa



Gambar 4.7 Konsentrasi COD pada Reaktor Larutan Asam Laktat

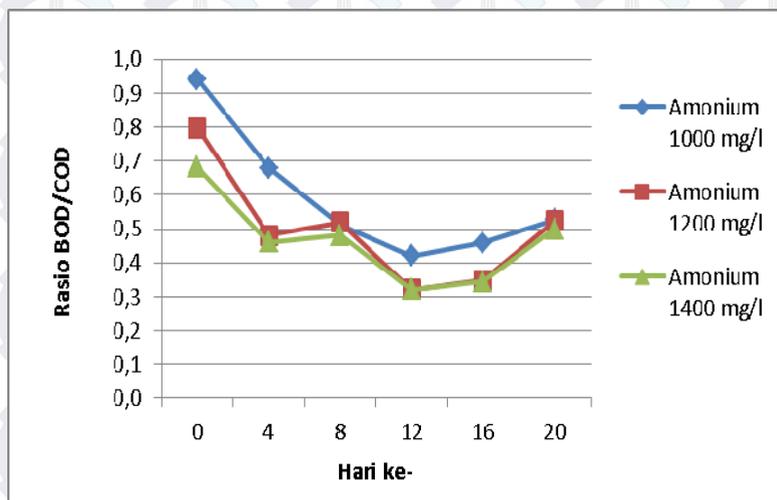
#### 4.3.3 Hasil Analisis Rasio BOD/COD

Analisa kadar BOD dilakukan untuk mengetahui jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik *biodegradable* yang terdapat pada sampel. BOD disebut juga kebutuhan oksigen biokimiawi yaitu perkiraan jumlah maksimum oksigen yang digunakan untuk aktivitas pernafasan mikroorganisme yang menggunakan bahan organik dalam limbah untuk pertumbuhan dan metabolisme serta penyusunan sel-selnya (Garno, 2000).

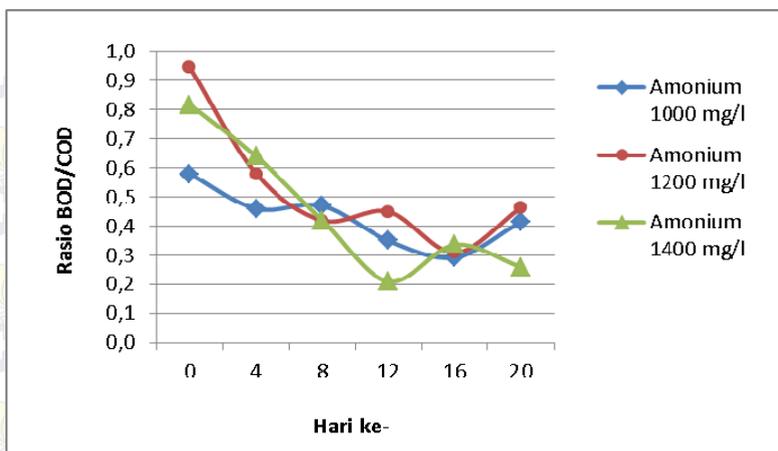
Rasio BOD/COD didapatkan dengan cara membagi nilai BOD dengan COD. Rasio BOD/COD *biodegradable* adalah pada range 0,1 sampai 1. Rasio BOD/COD menunjukkan biodegradabilitas (terdegradasi secara mikrobiologis) dari limbah yang diteliti, semakin tinggi rasio BOD/COD, maka semakin tinggi biodegradabilitasnya. Tumbuhan dapat menyerap COD lebih banyak dibandingkan BOD, sedangkan zat organik toksik tidak dapat langsung diproses secara mikrobial, sehingga rasio BOD/COD menjadi turun dan air limbah tidak berubah tidak toksik. Proses fitoteknologi lindi dapat menghasilkan kualitas lindi yang biodegradabel dan tidak toksik (Mangkoedihardjo, 2010).

Proses penguraian bahan organik oleh mikroorganismenya dapat berlangsung karena adanya nutrisi dan kandungan oksigen terlarut dalam reaktor media tanam. Bahan organik dan nutrisi berasal dari larutan sumber karbon dan larutan amonium yang ditambahkan. Bahan organik tersebut diuraikan oleh mikroorganismenya menjadi bentuk senyawa ion yang siap diserap oleh *Scirpus grossus*. Aktivitas mikroorganismenya mempengaruhi proses penguraian senyawa-senyawa organik. Bahan organik pada larutan lindi artifisial di dalam reaktor media tanam diserap oleh tumbuhan, dihilangkan oleh aktivitas metabolisme mikroorganismenya yang tersuspensi dalam air, melekat pada sedimen, atau melekat pada akar dan batang tumbuhan. Aktivitas mikroorganismenya pada akar dan batang sangat berpengaruh terhadap penurunan bahan organik.

Hasil Penurunan konsentrasi BOD secara lengkap terdapat pada lampiran A. Berdasarkan hasil BOD dan COD yang telah dihitung maka didapatkan rasio BOD/COD. Hasil rasio BOD/COD pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9. Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 menunjukkan masing-masing rasio BOD/COD dengan larutan glukosa dan amonium.



Gambar 4.8 Rasio BOD/COD pada Reaktor Larutan Glukosa



**Gambar 4.9 Rasio BOD/COD pada Reaktor Larutan Asam Laktat**

Berdasarkan Gambar 4.8, rasio BOD/COD berada pada rentang diantara 0,3-1, hal ini menandakan bahwa kondisi lindi artifisial pada reaktor uji dengan larutan glukosa adalah biodegradabel, namun rasio BOD/COD fluktuatif. Rasio BOD/COD secara umum turun kemudian naik pada hari ke-16 sampai hari ke-20. Rasio BOD/COD konsentrasi amonium 1200 mg/l dan 1400 mg/l dengan larutan glukosa mengalami kenaikan di hari ke-8, kemudian turun di hari ke-12. Kondisi rasio BOD/COD pada reaktor larutan asam laktat juga biodegradabel karena walaupun fluktuatif, namun berada pada rentang 0,2-1. Rasio BOD/COD pada amonium 1400 mg/l turun hingga 0,2 pada hari ke-12, naik pada hari ke-16, dan turun kembali pada hari ke-20. Hal ini berbeda dengan kondisi rasio BOD/COD pada konsentrasi amonium 1000 mg/l dan 1200 mg/l yang naik pada hari ke-20. Adanya pembusukkan dari daun kering yang jatuh ke media mengurangi jumlah oksigen yang terlarut pada lindi, sehingga bahan organik yang seharusnya turun menjadi naik (Yasril, 2009). Hal ini terlihat terdapat daun *Scirpus grossus* yang mengering dan jatuh pada media. Tumbuhan meningkatkan kerja mikroorganisme yang ada di media, sebab tumbuhan mengeluarkan eksudat dan oksigen dari akar. Bahan organik dirombak oleh mikroorganisme menjadi senyawa lebih sederhana

yang selanjutnya dimanfaatkan oleh tumbuhan sebagai nutrient, sedangkan sistem perakaran tumbuhan air menghasilkan oksigen yang dapat digunakan sebagai sumber energi untuk proses metabolisme mikroorganisme (Supradata, 2005).

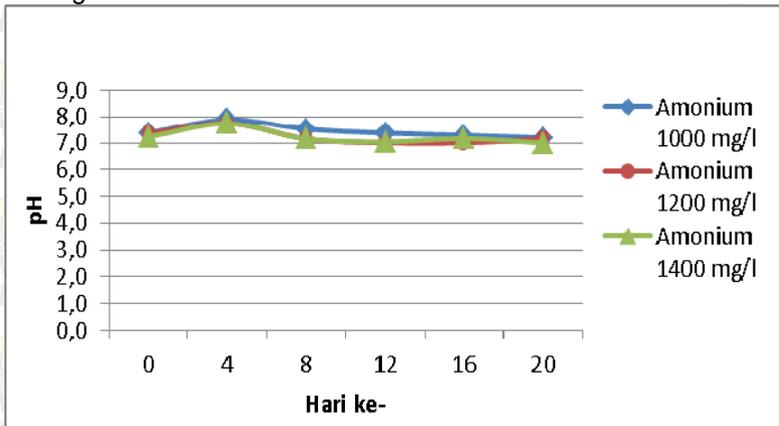
Penambahan glukosa dan asam laktat akan meningkatkan nilai rasio BOD/COD, karena dengan penambahan glukosa dan asam laktat akan menambah bahan organik dalam lindi artifisial, sehingga lindi menjadi lebih biodegradabel. Glukosa memiliki *free glukosa energy* dimana lebih spontan dari sumber energi yang dimiliki oleh asam laktat sehingga rasio BOD/COD glukosa memiliki nilai lebih tinggi dibanding rasio BOD/COD asam laktat.

Rasio BOD/COD baik menggunakan glukosa maupun asam laktat tidak berpengaruh terhadap efisiensi removal amonium (Gambar 4.5 dan Gambar 4.4) karena kedua reaktor tersebut memiliki efisiensi penyisihan amonium yang sama. Hal ini menandakan bahwa jenis sumber karbon tidak mempengaruhi removal amonium dalam reaktor *Reed Bed Evapotranspiration*, namun dapat ditarik kesimpulan bahwa berdasarkan Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 dengan konsentrasi amonium tinggi dapat menambahkan asam laktat agar rasio BOD/COD naik, sebaliknya apabila konsentrasi amonium rendah maka dapat menambahkan larutan Glukosa agar rasio BOD/COD naik.

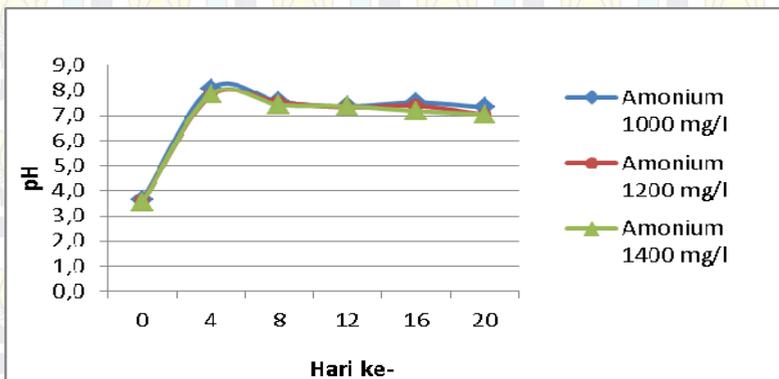
#### **4.3.4 Hasil Analisis pH dan Suhu**

Pengamatan pH dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11. pH menunjukkan derajat asam basa suatu larutan. Pengolahan biologis akan berjalan baik pada rentang pH 6-8, yakni mendekati netral. Kondisi pH pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11. Gambar 4.10 menunjukkan pH pada reaktor amonium-glukosa dan Gambar 4.11 menunjukkan pH pada reaktor amonium-asam laktat. pH menunjukkan apakah proses biologis yang terjadi sudah sesuai dengan kondisi mikroorganisme dapat hidup dan bekerja optimum, sedangkan suhu menunjukkan bagaimana kondisi di dalam reaktor percobaan apakah sudah sesuai dengan suhu optimum mikroorganisme dapat melakukan proses biologisnya dan juga membandingkan dengan suhu lingkungan sekitarnya

hasilnya adalah suhu hamper sama karena suhu di luar reaktor kurang lebih adalah 30°C.



Gambar 4.10 pH pada Reaktor Larutan Glukosa



Gambar 4.11 pH pada Reaktor Larutan Asam Laktat

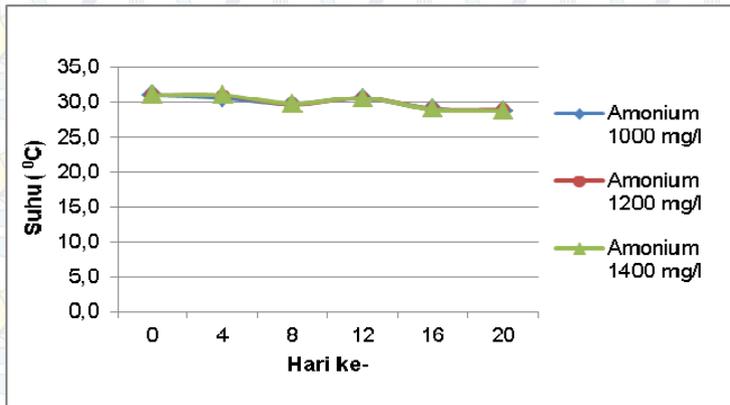
Berdasarkan Gambar 4.10 terlihat bahwa pH mulai stabil pada hari 8 sampai ke 20. Pada larutan glukosa pH hari ke-0 ke hari ke-4 mengalami kenaikan kecil, kemudian turun pada hari ke-8 dan stabil sampai hari ke-20. Hal ini disebabkan karena di dalam reaktor terjadi proses degradasi oleh mikroorganisme yang membuat pH memiliki angka sekitar 7-8. Menurut Tchobanoglous *et al.* (2003), mikroorganisme dapat hidup dan berkembang biak

pada rentang pH 6,5 - 7,5 dan suhu 25°C – 35°C. Turunnya naiknya pH disebabkan karena tumbuhan mengambil ion H<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup>.

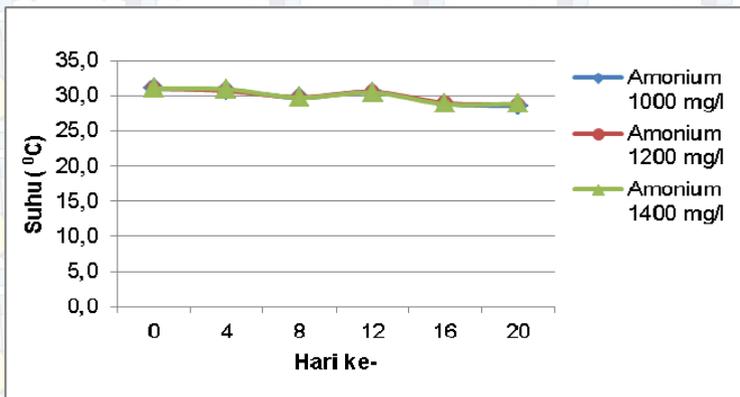
Pada gambar 4.11 yaitu reaktor amonium-asam laktat pH dari angka 3,5 pada hari ke-0 naik menjadi pH ±8, kemudian turun menjadi ±7 dan mulai stabil sampai hari ke-20. Sama halnya dengan kondisi pH pada reaktor amonium-glukosa, naiknya pH dikarenakan proses biologis yang terjadi pada reaktor. Naiknya pH pada reaktor menggunakan asam laktat ini pada hari ke-4 larutan asam laktat dalam air akan terionisasi menghasilkan H<sup>+</sup>, ion H<sup>+</sup> akan dimanfaatkan oleh tumbuhan, mikroorganisme, dan akan berikatan dengan O<sub>2</sub> yang berada dalam reaktor tersebut sehingga membentuk OH<sup>-</sup> yang membentuk suasana kembali netral. Mikroorganisme merombak asam laktat dan menggunakannya sebagai makanan untuk metabolisme dan penyerapan bahan organik oleh tumbuhan sehingga pH naik mendekati netral. pH pada reaktor asam laktat pada hari ke-0 sangat asam karena kandungan asam laktat. pH turun pada hari ke-8 dikarenakan tumbuhan mulai mengeluarkan eksudat dan H<sup>+</sup> sehingga pH menjadi ±7.

Pengukuran suhu ini bertujuan untuk mengetahui keadaan suhu di reaktor uji sebagai indikator berjalannya pengolahan biologis berlangsung. Suhu di reaktor amonium-glukosa dan di reaktor amonium-asam laktat tersaji pada gambar 4.12 dan Gambar 4.13. Berdasarkan Gambar 4.12 dan Gambar 4.13 suhu awal adalah 31 kemudian mulai mengalami penurunan pada hari ke-4 sampai ke-8, kemudian naik kembali. Fluktuasi tersebut disebabkan karena suhu lingkungan sekitar dan suhu pada media tanam di dalam reaktor. Suhu mempengaruhi kecepatan oksidasi oleh bakteri karena kecepatan oksidasi akan meningkat pada suhu yang lebih hangat (Widodo, 1998). Suhu efektif mikroorganisme dapat bekerja pada kisaran 10°C sampai 40°C. Pada kedua reaktor uji baik menggunakan glukosa maupun asam laktat mempunyai tren suhu yang sama, hal ini menunjukkan kondisi pengolahan biologis pada media tanam di kedua reaktor adalah sama. Meningkatnya kandungan bahan organik sebanding dengan naiknya suhu. Kondisi ini dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik. Suhu di lingkungan sekitar reaktor dapat dijadikan tolak ukur

bahwa dalam kondisi suhu luar  $\pm 30^{\circ}\text{C}$  maka proses biologis dalam reaktor dapat berlangsung baik dibuktikan dengan suhu dalam reaktor yang berkisar antara  $28\text{-}31^{\circ}\text{C}$  dengan rasio BOD/COD biodegradabel (terdegradasi secara biologis) dan efisiensi removal amonium rata-rata 95% baik menggunakan larutan glukosa maupun asam laktat dengan konsentrasi amonium sebesar  $1000\text{-}1400\text{ mg/l}$ .



Gambar 4.12 Suhu pada Reaktor Larutan Glukosa



Gambar 4.13 Suhu pada Reaktor Larutan Asam Laktat

#### 4.3.5 Hasil Analisis Panjang Tumbuhan dan Berat Kering Tumbuhan.

Salah satu indikator tumbuhan mengalami pertumbuhan adalah bertambah tinggi atau panjangnya tumbuhan akibat meristem ujung menghasilkan sel-sel baru di ujung akar dan batang. Pada penelitian ini mengukur panjang tumbuhan, dimana pengukuran dilakukan mulai ujung akar sampai dengan ujung daun dan batang tertinggi dengan cara direbahkan memanjang.

Analisis berat kering bertujuan untuk mengetahui nilai biomassa yang terkandung selama penelitian. Analisis ini menunjukkan perkembangan tumbuhan *Scirpus grossus* dalam mendekonsentrasi amonium pada lindi artifisial. Cara analisa berat kering adalah dengan mengambil satu tumbuhan *Scirpus grossus* pada reaktor uji setiap 4 (empat) hari dan hari ke-0. Tumbuhan yang telah diambil dicuci bersih agar tidak ada tanah yang menempel pada akar dan bagian tumbuhan lainnya, kemudian diukur panjangnya menggunakan penggaris meteran, kemudian di oven pada suhu 105°C sampai tumbuhan benar-benar kering.

Panjang tumbuhan dan berat kering yang bervariasi tersebut disebabkan karena *Scirpus grossus* yang diambil setiap 4 (empat) hari untuk analisis dari setiap reaktor juga pada tumbuhan berbeda, sedangkan masing-masing tumbuhan *Scirpus grossus* memiliki kemampuan yang berbeda dalam menyerap kontaminan dalam media di reaktor uji. Namun perbedaan tersebut tetap menunjukkan kondisi di hari ke-20 lebih panjang dan lebih berat dibandingkan hari ke-0. Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 berturut-turut menunjukkan hasil analisis panjang tumbuhan *Scirpus grossus* pada reaktor larutan glukosa dan larutan asam laktat. Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 berturut-turut menunjukkan hasil analisis berat kering tumbuhan *Scirpus grossus* pada reaktor larutan glukosa dan larutan asam laktat.

Berdasarkan Tabel 4.4 sampai dengan Tabel 4.5, secara umum tumbuhan *Scirpus grossus* mengalami pertumbuhan dan perkembangan ditinjau dari hari ke-0 ke hari ke-20. Hal ini menunjukkan bahwa tumbuhan mampu mengolah lindi artifisial untuk proses metabolismenya. Bahan organik yang didegradasi oleh mikroorganisme, selanjutnya tumbuhan mengambil ion yang dibutuhkan untuk metabolismenya. Berat kering tumbuhan

mencerminkan akumulasi senyawa organik yang disintesis dari senyawa anorganik yang dihasilkan dari bakteri yang digunakan tumbuhan untuk proses pertumbuhannya (Lakin, 1996 : Parman, 2007).

**Tabel 4.2 Panjang *Scirpus grossus* pada Reaktor Larutan Glukosa**

Hari ke-	Panjang tumbuhan (cm)		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	40	40	40
4	47	45	46,5
8	57	57,5	54
12	51	53	54
16	53	57	54,5
20	75	64,5	58,5

**Tabel 4.3 Panjang *Scirpus grossus* pada Reaktor Asam Laktat**

Hari ke-	Panjang tumbuhan (cm)		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	40	40	40
4	48	45	47
8	59,5	56	54,5
12	54,5	55	58
16	60,5	61,5	55,5
20	70	63	54

**Tabel 4.4 Berat Kering *Scirpus grossus* pada Reaktor Larutan Glukosa**

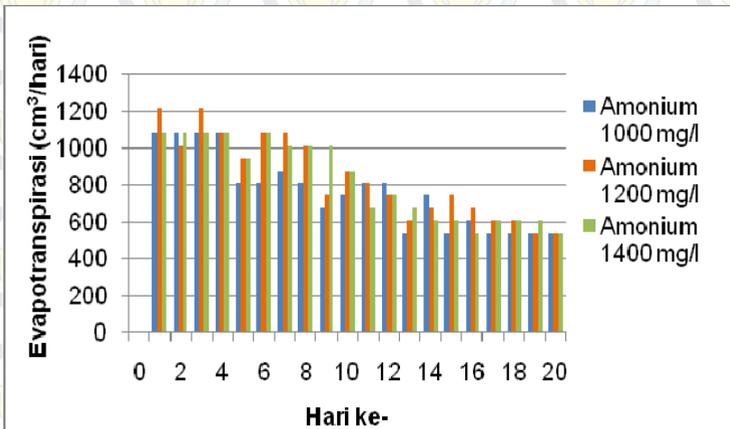
Hari ke-	Berat Kering Tumbuhan (Kg)		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	0,018	0,020	0,020
4	0,060	0,099	0,078
8	0,039	0,060	0,058
12	0,038	0,039	0,030
16	0,069	0,046	0,035
20	0,083	0,037	0,034

**Tabel 4.5 Berat Kering *Scirpus grossus* pada Reaktor Larutan Asam Laktat**

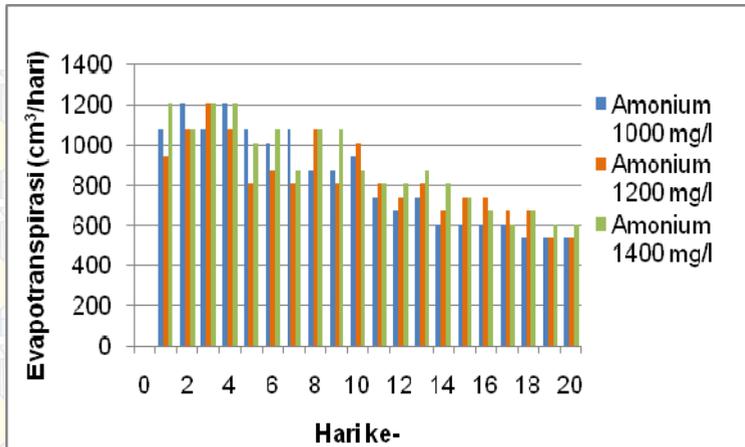
Hari ke-	Berat Kering Tumbuhan (Kg)		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	0,018	0,021	0,018
4	0,052	0,058	0,069
8	0,044	0,058	0,034
12	0,051	0,031	0,023
16	0,052	0,027	0,027
20	0,064	0,035	0,028

#### 4.3.6 Hasil Analisis *Evapotranspiration Rate*

Pengukuran evapotranspirasi dilakukan setiap hari untuk mengetahui kehilangan air yang disebabkan oleh penguapan (evaporasi) dari kelembapan tanah dan transpirasi oleh tumbuhan (Rachmaulin dan Mangkoedihardjo, 2013). Gambar 4.14 dan Gambar 4.15 menunjukkan hasil analisis *evapotranspiration rate* pada setiap reaktor penelitian yang menggunakan larutan glukosa dan asam laktat.



**Gambar 4.14 Evapotranspirasi pada Reaktor Larutan Glukosa**



**Gambar 4.15** Evapotranspirasi pada Reaktor Larutan Asam Laktat

Pada kedua gambar menunjukkan evapotranspirasi menurun dari hari 0 sampai dengan hari 20. Hal ini disebabkan karena jumlah tumbuhan yang digunakan semakin sedikit karena pengambilan satu tumbuhan untuk analisa setiap 4 (empat) hari sekali.

#### 4.4 Relative Growth Rate (RGR) *Scirpus grossus*

*Relative Growth Rate* atau laju pertumbuhan relatif menunjukkan kecepatan tumbuh per hari dari tumbuhan *Scirpus grossus*. Hasil RGR dalam uji fitoremediasi tumbuhan *Scirpus grossus* dapat dilihat pada tabel 4.6.

**Tabel 4.6** RGR *Scirpus grossus* per 20 hari

Reaktor Uji	RGR (%) <i>Scirpus grossus</i> (per hari)	RGR <i>Scirpus grossus</i> (per hari)
Amonium 1000 mg/l + Glukosa	18%	0,181
Amonium 1200 mg/l + Glukosa	4%	0,045
Amonium 1400 mg/l + Glukosa	4%	0,021
Amonium 1000 mg/l + Asam Laktat	13%	0,133
Amonium 1200 mg/l + Asam Laktat	3%	0,032
Amonium 1400 mg/l + Asam Laktat	3%	0,030

Tabel 4.6 menunjukkan laju pertumbuhan relatif (RGR) *Scirpus grossus*. Berdasarkan data tersebut RGR tertinggi adalah pada amonium 1000 mg/l dengan larutan glukosa, kemudian amonium 1000 mg/l dengan larutan asam laktat. Hal tersebut sesuai dengan kondisi tumbuhan *Scirpus grossus* di masing-masing reaktor uji. Reaktor 1200 mg/l dan 1400 mg/l baik dengan larutan glukosa maupun asam laktat kondisinya lebih banyak yang kering tumbuhannya dibanding dengan konsentrasi amonium 1000 mg/l. Tumbuhan pada reaktor tersebut mengalami deteriorasi karena menyerap amonium dalam konsentrasi tinggi.

Tumbuhan *Scirpus grossus* dalam sistem *reed bed evapotranspiration* mempunyai kemampuan dalam menyisihkan amonium sebesar rata-rata 95% sampai dengan hari ke-20. Turunnya konsentrasi amonium ini juga disebabkan karena kemampuan *evapotranspiration rate* dari reaktor uji, dimana selain tumbuhan mengalami transpirasi juga karena adanya evaporasi yaitu proses penguapan. Penyisihan amonium bernilai 95%, hal ini didukung dengan keadaan lindi artifisial yang memiliki rasio BOD/COD yang biodegradabel karena penambahan larutan glukosa dan asam laktat yang meningkatkan bahan organik dalam lindi artifisial. Kondisi ini sebanding dengan pH dalam reaktor yang nilainya sesuai dengan pH optimum proses biologis berjalan baik yaitu sekitar 6.5-7.5. Kondisi suhu di luar reaktor tidak berbeda dengan kondisi di dalam reaktor yaitu sekitar 25°C-35°C hal ini sesuai dengan suhu optimum proses biologis terjadi. Tumbuhan *Scirpus grossus* dalam penelitian fitoremediasi ini selain tumbuh juga berkembang hal tersebut dibuktikan dengan penambahan tinggi tumbuhan dan berat kering dari awal penelitian hingga hari akhir penelitian. Berdasarkan hasil berat kering dapat diketahui laju pertumbuhan relatif *Scirpus grossus* dimana nilai paling besar adalah pada kedua reaktor asam laktat dan glukosa dengan konsentrasi amonium 1000 mg/l.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

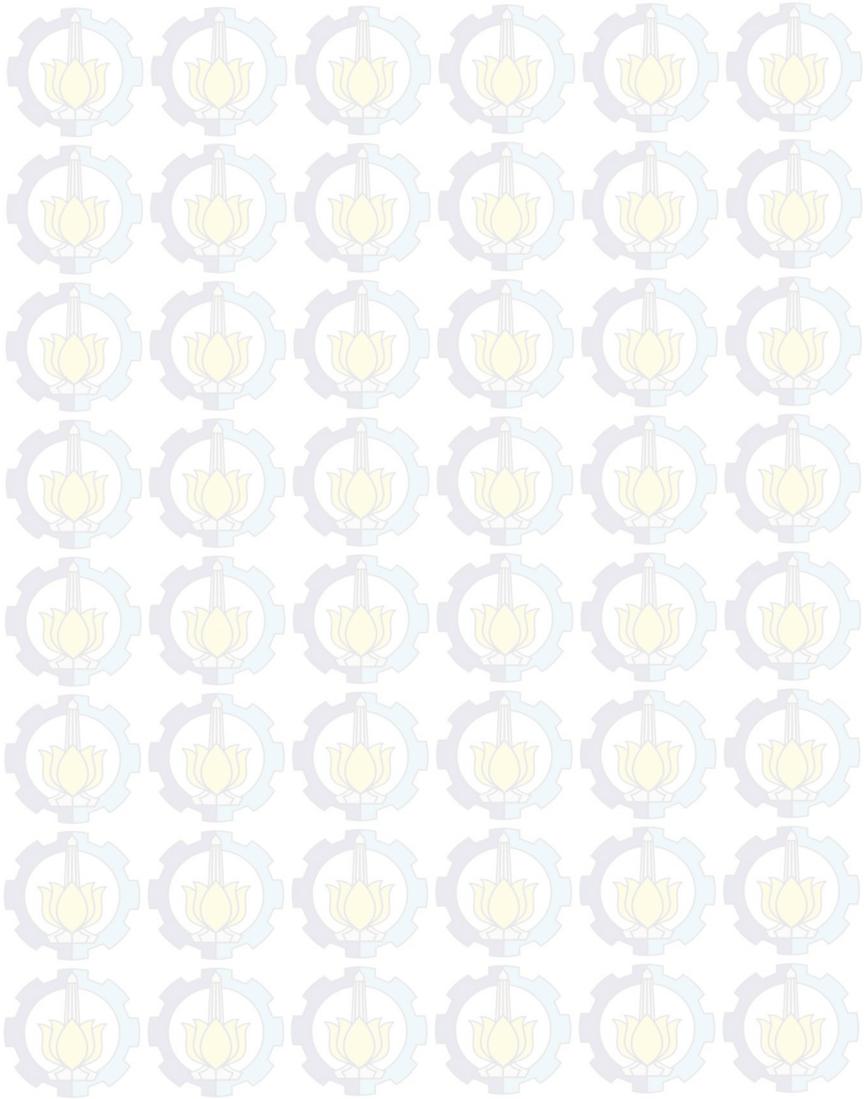
Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Laju pertumbuhan relatif (RGR) *Scirpus grossus* dalam mendekonsentrasi amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) pada lindi artifisial yang paling besar adalah pada konsentrasi amonium 1000 mg/l dengan larutan glukosa yaitu sebesar 0,18 per hari sedangkan pada konsentrasi amonium 1000 mg/l dengan larutan asam laktat adalah 0,13 per hari dari berat awal *Scirpus grossus*.
2. Efisiensi *Scirpus grossus* dalam mendekonsentrasi amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) pada lindi artifisial dengan sistem *reed bed evapotranspiration* baik menggunakan larutan glukosa dan asam laktat dengan waktu analisis sampai dengan hari ke-20 (dua puluh) adalah rata-rata sebesar 95%. Efisiensi *Scirpus grossus* setelah dikurangi dengan kontrol tanpa tumbuhan adalah rata-rata sebesar 18,5% pada lindi artifisial dengan konsentrasi amonium sebesar 1000-1400 mg/l. Laju pertumbuhan relatif *Scirpus grossus* dalam mendekonsentrasi amonium yang paling efisien adalah pada konsentrasi amonium 1000 mg/l dibandingkan dengan konsentrasi 1200 mg/l dan 1400 mg/l.

#### 5.2 Saran

Penggunaan *Scirpus grossus* sebagai tumbuhan yang digunakan untuk mendekonsentrasi amonium sebaiknya dalam konsentrasi amonium di bawah 1000 mg/l, karena dalam kondisi konsentrasi tinggi di atasnya, kemampuan dan kualitas tumbuhan menurun akibat pemaparan konsentrasi pencemar amonium yang tinggi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## DAFTAR PUSTAKA

Allen, Richard G., Pereira, Luis S., Raes, Dirk., Smith, Martin. 1998. Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56: Rome.

Andriany, W.E. 2002. Water Hycinth (*Eichhornia crasipes*). University of Waterloo. Canada.

Balasubraimian, D. and Arunachalan. 2012. Decomposition and Nutrient Release of *Eichornia crassipes* (Mart.) Solms, under Different Trophic Conditions in Wetlands of Eastern Himalayan Foothills, Ecological Engineering, Vol. 44.

Dwijoseputro, D. 1984. Pengantar Fisiologi Tumbuhan. Gramedia: Jakarta.

Feller, AK. 2000. Phytoremediation of Soils and Waters Contaminated with Arsenicals from Former Chemoical Warfare Installations. Di dalam Hayati: Nuril. 2000. Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator. Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Vol.12, 1:35-40

Garno, Yudhi Soetrisno. 2000. Uji BOD, Indikator Kekuatan Limbah yang Masih Bermasalah. Jurnal Teknologi Lingkungan, Vol.1, 1:96-100.

Hadiyanto dan Christwardana, Marcelinus. 2012. Aplikasi Fitoremediasi Limbah Jamu dan Pemanfaatannya untuk Produksi Protein. Jurnal Ilmu Lingkungan, Vol. 10, 1:32-37.

Hardyanti, Nurandani dan Huboyo, Haryono Setiyo. 2009. Evaluasi Instalasi Pengolahan Lindi Tempat Pembuangan Akhir Putri Cempo Kota Surakarta. Jurnal Presipitasi Vol. 6 No. 1, ISSN 1907-187X.

Hartati, Etih. 2007. Studi Pengolahan Kandungan Ion Logam (Fe, Mn, Cu, Zn) Lindi Sampah oleh Zeolit. Jurnal Sains MIPA, EDdisi Khusus Tahun 2007, Vol.13, No.1.

Hasiholan S, Bistok., Suprihati, M.P., dan Isjawara, Muryas R. 2000. Pengaruh Perbandingan Nitrat dan Ammonium terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada yang Dibudidayakan secara Hidroponik. Seminar Nasional Teknologi Holtikultura memasuki Indonesia baru di FP-UKSW Salatiga.

Hastuti, Endah Dwi. 2009. Aplikasi Kompos Sampah Organik Berstimulator EM<sub>4</sub> untuk Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung pada Lahan Kering. Jurnal Anatomi Fisiologi Vol. 17, No.1.

Hidayati, Nuril. 2005. Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator. Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Vol.12, 1:35-40.

Hudaya, Tedy., Kartawijaya, Hendy., dan Yulia. 2010. Pengolahan Limbah Cair Warna Tekstil yang Bersifat Non-Biodegradable dalam Multi-lamp Bubble Column Photoreator. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan", Yogyakarta, 26 Januari.

Indah, A.Y., Zulkifli, Hilda., Faizal, M. 2006. Pengaruh Lindi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Batu Putih Kabupaten Oku terhadap Kualitas Air di Sekitar TPA. Jurnal Pengelolaan Lingkungan dan SDA, Vol.4, 2:37-46

Islam, A. M., Tudor, T., and Bates, M. 2009. Evaluation of the Pollutant Removal Mechanisms of a Reed Bed System: Biochemical Parameters. International workshop advances in cleaner production: Sao Paulo-Blazir, May 20<sup>th</sup>-22<sup>in</sup>.

Jadia, Chhotu D. and Fulekar, Madhusudan H. 2008. Phytoremediation: The Application of Vermicompost to Remove Zinc, Cadmium, Copper, Nickel, and Lead by Sunflower Plant

Juswardi, Effendi P. Sagala dan A, Lilian Ferdini. 2010. Pertumbuhan *Neptunia Oleracea* Lour. Pada Limbah Cair Amoniak dari Industri Pupuk UREA sebagai Upaya Pengembangan Fitoremediasi. Jurnal peleitian sains, Vol. 13, 1:13105 17-20.

Kato, K., Inoue, T., Ietsugu, H., Koba, T., Sasaki, H., Miyaji, N., Yokota, T., Sharma, P.K., Kitagawa, K., and Nagasawa, T. Design and Performance of Hybrid Reed Bed systems for treating High Content Wastewater in the Cold Climate. 12<sup>th</sup> International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control October 4-8, 2010.

Kasam., Yulianto, kasam., dan Sukma, Titin. 2005. Penurunan COD (Chemical Oxygen Demand) dalam Limbah Cair Laboratorium Menggunakan Filter Karbon Aktif Arang Tempurung Kelapa. Jurnal Logika, Vol. 2, No.2, ISSN:1410-2315.

Kostermans, A. J. G. H., S. Wirjahardja, and R. J. Dekker. 1987. The weeds: description, ecology and control. Page 24-565 in M. Soerjani, A. J. G. H. Kostermans, and G. Tjitrosoepomo, (eds.). Weeds of Rice in Indonesia. Balai Pustaka, Jakarta, Indonesia.

Lee, Aik Heng., Nikraz, Hamid., and Hung, Yung Tse. 2010. Influnce of waste age on Landfill Leachate Quality. International Journal of environmental Science and Development, Vol. 1, 4:347-349.

Li, Juan. and Zhou, Jianmin. 2008. Effect of Interactions between Carbon Dioxide Enrichment and NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ratio on pH of Culturing Nutrient Solution, Growth and Vigor of Tomato Root System. Front. Agric. China. Research Artikel, Vol. 2, 3:296-300.

Lismore City Council. 2003. The Use of Reed Beds the Treatment of Sewage and Wastewater from Domestic Households

Majrasah, A., B. bin Bakar., Khandaker, M. Moneruzzaman., Boyce, A. nasrulhaq., and Muniandy, S. V. 2013. Fractal Analysis of Rhizome Growth Patterns of *Scirpus Grossus* L. on Peat and

Paddy Soils. Bulgarian journal of agricultural science Vol.12, 1319-1326.

Mangkoedihardjo, S. dan D. Permatasari. 2012. Hospital Wastewater Treatment in Evapotranspiration System. International Journal of Academic Research Vol. 4, No.1.

Mangkoedihardjo, S. dan G, Samudro. 2010. Fitoteknologi Terapan. Graha Ilmu: Yogyakarta

Mathukumaran, M., Vijaya, Baskara Rao A., Nadanakunjidam, S., Kadavul, K., and Pragasam, A. 2012. Non-Woody Back Mangrove, Mangrove Associates and Beach Flora of Puducherry Coast and their Pharmacology. International Journal of Science and Nature, Vol.3, 4:735-744.

Metcalf and Eddy. 1993. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. Fourth Edition. International Edition. McGraw-Hill, New York.

Moenir, Misbachul. 2010. Kajian Fitoremediasi sebagai Alternatif Pemulihan Tanah Tercemar Logam Berat. Kajian Fitoremediasi sebagai Alternatif Pemulihan, Vol.1, 2:115-123.

Munawar, Ali. 2011. Rembesan Air Lindi (leachate) dampak pada tanaman pangan dan kesehatan. Upn press: Surabaya.

Nataliningsih. 2010. Pengaruh Konsentrasi Garam dan Gula dalam Pengolahan Pikel Bunga Pisang Ambon. E-Journal UNBAR Vol. 22. ISSN 0215-8256.

Purwaningsih, Is Sulistyati. 2009. Pengaruh penambahan nutrisi terhadap efektifitas fitoremediasi menggunakan tanaman Enceng Gondok terhadap limbah orto-klorofenol. Jurnal rekaya proses, Vol.3, 1:5-9.

Ramprasad, C. 2012. Experimental Study on waste Water Treatment Using Lab Scale Reed Bed System Using *Phragmatis*

*australi*. International Journal of Environmental Sciences Vol. 3, No. 1, ISSN 0976-4402.

Ranjbar, F. and Jalali, M., 2013. Measuring and Modelling Ammonium Adsorption by Calcareous Soils. *Environ Monit Asses*, 185:3191-3199.

Rowe, R. K., 1995. Leachate characteristics for MSW landfills. Geotechnical Research Centre Report, The university of western Ontario, Canada.

Rudiyanti, Siti dan Ekasari, Astri Diana. 2009. Pertumbuhan dan Survival Rate Ikan Mas pada Berbagai Konsentrasi Pestisida Regent 0.3 g. *Jurnal saintek Perikanan* Vol. 5, No. 1:39-47.

Sarudji, D. 2007. Stabilization of Ammonia and Organic Matter Containing Leachate using Cement and Clay. *Journal of applied sciences in environmental sanitation*. Vol 2 (2): 67- 69.

Sawyer, C.N. McCarty, P.L., Parkin, G.F. *Chemistry for Environmental Engineering*. McGraw-Hill, Inc.

Standard Methods. 1995. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environmental Federation, Washington DC, 19<sup>th</sup> Ed.

Sundari, Aliyah Siti., Retnaningdyah, Catur., dan Suharjono. 2013. The effectiveness of *Scirpus grossus* and *Limncharis flava* as Fitoremediation Agents of Nitrate-Phosphate to Prevent *Microcystis* Blooming in Fresh Water Ecosystem. *The journal of tropical Life Science*, Vol.3, 1:29-33.

Supradata. 2005. *Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias *Cyperus alternifolius* dalam Sistem Lahan Basah Aliran Permukaan (SSF Wetland)*. Tesis Magister Lingkungan.

Suryati, Tuti dan Priyanto, Budhi. 2003. Eliminasi Logam Berat Kadmium dalam Air Limbah menggunakan tanaman air. Jurnal Teknik Ilngkungan, vol. 4, 3:143-147.

Tangahu, B.V., Abdullah, S. R., Basri, H., Idris, M., Anuar, N., Mukhlisin, M. 2011. Issolation and Screening of Rhizobacteria from Scirpus Grossus Plant after Lead (Pb) Exposure. Journal of Civil Engineering and Architecture, Vol.5, 6:485-493.

Tangahu, B.V., Abdullah, S. R., Basri, H., Idris, M., Anuar, N., Mukhlisin, M. 2013. Phytotoxicity of Wastewater Containing Lead (Pb) Effects Scirpus grossus. International Journal of Phytoremediation, Vol. 15, No.8:814-826

Tschobanoglous, George., Hiesien, H., and Vigil, SA. 1993. Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues. McGraw-Hill, Inc., N.Y. Tschobanoglous, Geroge dan F.L Burton. 2003. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4<sup>th</sup> ed. McGraw-Hill.inc. New York.

Utami, Sri Nuryani H. dan Handayani, Suci. 2003. Sifat Kimia Entisol pada Sistem Pertanian Organik. Ilmu Pertanian Vol. 10 No. 2:63-69.

Vieira, Ana Rute., Gonzalez, Carla., Martins-Loucao, Maria Amelia., and Branquinho, Cristina. 2009. Intracellular and Extracellular Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) Uptake and Its Toxic Effects on the Aquatic Biomonitor Fontinalis Antipyretica. Ecotoxicology, 18:1087-1094.

Vymazal, J. 2009. The use constructed wetlands with horizontal sub-surface flow for various types of wastewater. Ecological Engineering. 35, 1-17.

Walker, T.S., Harsh P. B., Erich G., and Jorge M. V.2003. Root Exudation and Rhizosphere Biology. Plant Physiology Vol. 132.

Warmadewanthi, Liu, J.C. (2009). Recovery of phosphate and ammonium as struvite from semiconductor wastewater. *Separation Purification Technology*, 64, hal.368-373.

Widiyanti, Atik. 2013. Pengaruh Selenium dan Jumlah *Scirpus grossus* untuk Efisiensi Pengolahan Lindi TPA Kab. Sidoarjo menggunakan Variasi Komposisi Media. Tesis Magister Teknik Lingkungan.

Widodo, E.K. 1998. Studi Biodegradasi Produk Minyak Bumi sebagai Upaya Bioremediasi Habitat Salin. Tugas Akhir Teknik Lingkungan FTSP ITS.

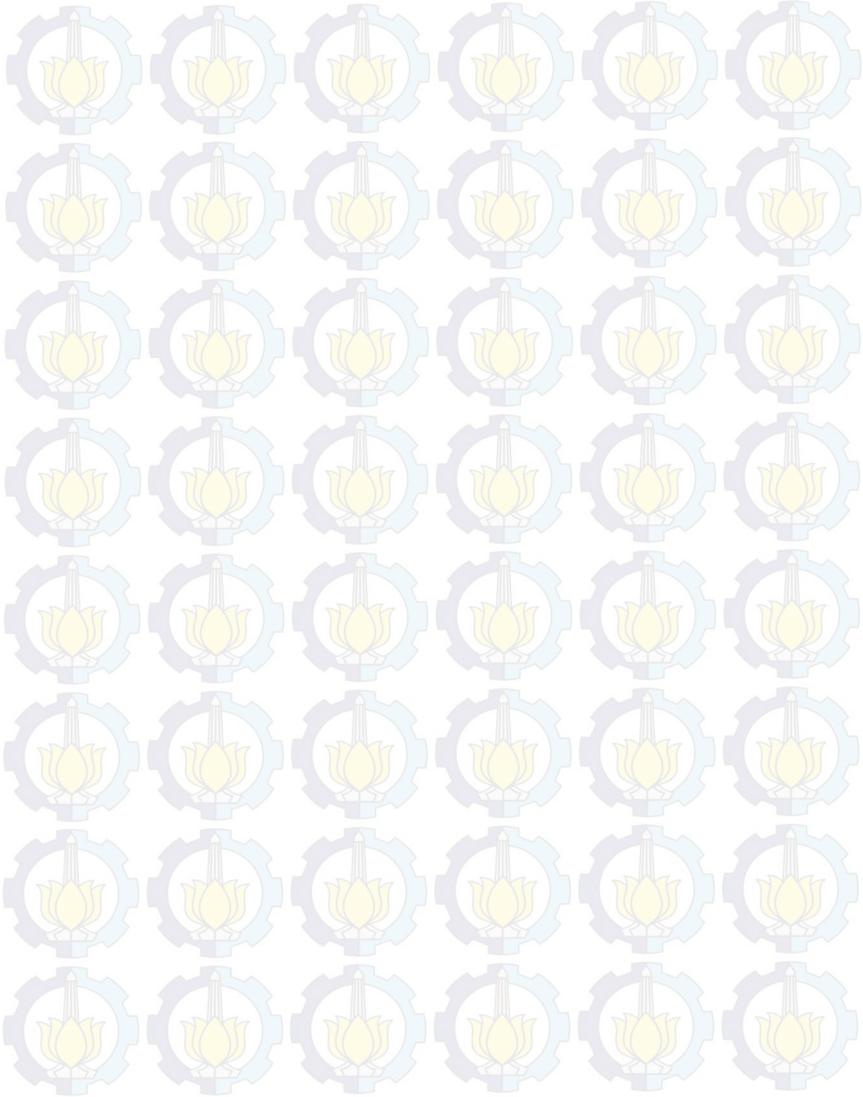
Wood, J., Fernandez, G., Barker, A., Gregory, J., and Cumby, T. 2007. Efficiency of reed beds in treating dairy wastewater. *Biosystems engineering* vol.98, 455-469

Yasril, Awalia Gusti. 2009. Kemampuan Mansiang (*Scirpus grossus*) dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD limbah Rumah Makan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan* Vol. 2, No. 2, Februari 2009, hal 67-71.

Zaman, Badrus., Purwanto., Mangkoedihardjo, Sarwoko. 2013 efisiensi Pengolahan Amonium Berkonsentrasi tinggi dalam Lindi pada Sistem Evapotranspirasi-Anaerobik secara Kontinyu. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. ISBN 978-602-17001-1-2.

<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/21020/ammonium-chloride-NH4Cl>

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## PROSEDUR ANALISIS

### 1. Analisis $\text{NH}_4^+$

- ✓ Diambil 2 erlenmeyer 100 mL diisi dengan sampel yang diuji dan air aquadest (sebagai blanko) sebanyak 25 mL
- ✓ Ditambahkan 1 mL larutan Nessler
- ✓ Ditambahkan 1.25 mL larutan Garam Signet
- ✓ Diaduk dan dibiarkan selama 10 menit
- ✓ Dibaca pada Spektrofotometer dengan panjang gelombang 410  $\mu\text{m}$
- ✓ Absorbansi hasil pembacaan Spektrofotometer dibaca pada hasil kalibrasi atau kurva kalibrasi

### 2. Analisis BOD

- a. Menentukan pengenceran. Untuk menganalisis BOD harus diketahui besarnya pengenceran melalui angka  $\text{KMnO}_4$  sebagai berikut.

$$P = \frac{\text{Angka KMnO}_4}{3 \text{ atau } 5}$$

- b. Menyiapkan 1 buah labu takar 500 ml dan menuangkan sampel sesuai perhitungan pengenceran, lalu menambahkan air pengencer sampai batas labu
- c. Menyiapkan 2 buah botol winkler 300 ml dan 2 buah botol winkler 150 ml
- d. Menuangkan air dalam labu takar tadi ke dalam botol winkler 300 ml dan 100 ml sampai tumpah
- e. Menuangkan air pengencer ke botol winkler 300 ml dan 150 ml sebagai blanko sampai tumpah
- f. Memasukkan kedua botol winkler 300 ml ke dalam inkubator 20°C selama 5 hari.
- g. Kedua botol winkler 150 ml yang berisi air dianalisis oksigen terlarutnya dengan prosedur sebagai berikut.
  - Menambahkan 1 ml larutan mangan sulfat
  - Menambahkan 1 ml larutan pereaksi oksigen
  - Menutup botol dengan hati-hati lalu dibolak-balikkan beberapa kali
  - Membiarkan gumpalan mengendap selama 5-10 menit
  - Menambahkan 1 ml asam sulfat pekat, lalu ditutup dan dibolak-balikkan

- Menuangkan 100 ml larutan ke dalam erlenmeyer 250 ml
- Menitrasi dengan Natrium thiosulfat 0,0125 N sampai menjadi warna coklat muda
- Menambahkan 3-4 tetes indikator amilum dan titrasi dengan natrium thiosulfat hingga warna biru hilang
- h. Setelah 5 hari, menganalisis kedua larutan dalam botol winkler 300 ml dengan analisis oksigen terlarut
- i. Hitung oksigen terlarut dan BOD dengan rumus berikut.

$$\text{OT (mg O}_2\text{/l)} = \frac{a \times N \times 8000}{100 \text{ ml}}$$

Keterangan :

a = volume titran (ml)

N = Normalitas larutan Na-thiosulfat 0,0125 N

100 ml = volume sampel yang digunakan dalam titrasi

$$\text{BOD}_5^{20} \text{ (mg/l)} = \frac{[(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)] \times (1 - P)}{P}$$

$$P = \frac{\text{ml sampel}}{\text{volume hasil pengenceran (500ml)}}$$

Keterangan :

X<sub>0</sub> = DO sampel pada t = 0 hari

X<sub>5</sub> = DO sampel pada t = 5 hari

B<sub>0</sub> = DO blanko pada t = 0 hari

B<sub>5</sub> = DO blanko pada t = 5 hari

P = derajat pengenceran

### 3. Analisis COD (*Closed Reflux*)

- a. Diambil 2 ml sampel kemudian dimasukkan tabung COD
- b. Ditambahkan dengan sedikit sekali bubuk Hg<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- c. Ditambahkan larutan kalium dikromat sebanyak 2 ml
- d. Ditambahkan 3 ml larutan campuran H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> da Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- e. Tabung COD ditutup rapat, kemudian dipanaskan sampai dengan 2 jam
- f. Didinginkan, kemudian dituangkan dalam Erlenmeyer. Tabung tersebut dicuci dengan aquadest kemudian hasil cucian dimasukkan ke erlenmeyer sampel.
- g. Ditambahkan 3 tetes indikator Feroin
- h. Dititrasi dengan FAS sampai dengan warna merah-coklat

i. Menghitung COD sampel dengan rumus berikut :

$$\text{COD (mg O}_2\text{/l)} = \frac{(a-b) \times N \times 8000 \times f \times p}{\text{volume sampel}}$$

Keterangan :

- a = ml FAS titrasi blanko
- b = ml FAS titrasi sampel
- N = Normalitas larutan FAS
- F = faktor (titran blanko kedua)
- p = pengenceran

#### 4. Analisis pH

Sampel diambil 50 ml dalam *beaker glass* kemudian dianalisis suhu dan pH menggunakan pH meter dengan disiapkan air aquadest sebagai blanko dan pencuci.

#### 5. Analisis biomass/berat kering

Analisis biomass dilakukan untuk mengukur berat basah dan berat kering tumbuhan. Analisis ini dilakukan sekali dalam dalam 4 hari. Prosedur analisis biomassa adalah sebagai berikut.

- Tumbuhan diambil dari media tanam, lalu dibersihkan dari kotoran yang menempel di permukaan tumbuhan.
- Pengukuran berat kering dilakukan dengan meletakkan tumbuhan ke dalam oven pengering pada suhu 105°C selama 2 jam (sampai tumbuhan kering tidak terdapat air)
- Tumbuhan ditimbang dengan neraca analitik

#### 6. Analisis Suhu

Termometer dimasukkan dalam reaktor, kemudian diamati suhu pada termometer (sampai suhu stabil).

#### 7. Analisis Panjang Tumbuhan

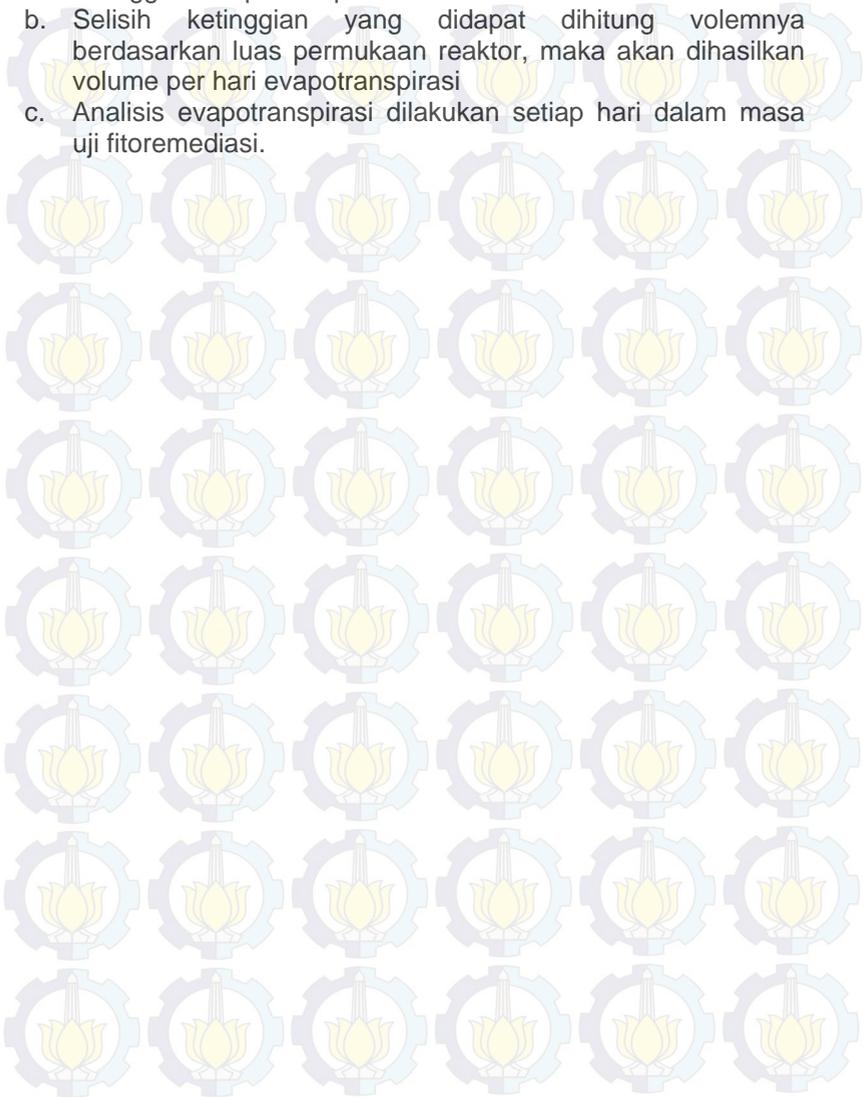
Tumbuhan di bentangkan mulai ujung akar sampai dengan ujung batang atau daun yang paling panjang kemudian diukur dengan penggaris berukuran meteran

#### 8. Analisis evapotranspirasi

- a. Digunakan penggaris untuk mengukur ketinggian larutan dalam reaktor sampel, untuk didapatkan selisih ketinggian

dari hari pengukuran sebelumnya, sehingga didapatkan ketinggian evapotranspirasi

- b. Selisih ketinggian yang didapat dihitung volumenya berdasarkan luas permukaan reaktor, maka akan dihasilkan volume per hari evapotranspirasi
- c. Analisis evapotranspirasi dilakukan setiap hari dalam masa uji fitoremediasi.



## PERHITUNGAN PEMBUATAN LINDI ARTIFISIAL

### 1. Pembuatan Larutan Lindi Artifisial

- a. Larutan yang digunakan sebagai lindiartifisial adalah larutan yang mengandung amonium dan sumber karbon
- b. Larutan yang mengandung amonium digunakan larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , sedangkan untuk larutan sumber karbon (larutan organik) glukosa dan asam laktat
- c. Perhitungan konsentrasi amonium per reaktor:  
 $\text{NH}_4\text{Cl}$  mengandung amonium  $\text{NH}_4^+$  sejumlah 2,966 g dalam 1 L (2,966 g = 1000 ppm)

- Amonium 1000 mg/l (dalam 1 L)

$$\frac{2,966 \text{ g}}{a} = \frac{1000 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$2,966 \times 1000 = 1000a$$

$$a = 2,966 \text{ g}$$

Volume air dalam reaktor reaktor :

$$= 58,5 \text{ cm} \times 23 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 20182,5 \text{ cm}^3 = 20,1825 \text{ L}$$

Jumlah  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang digunakan:

$$= 20,1825 \text{ L} \times 2,966 \text{ g/L} = 59,86 \text{ g/reaktor}$$

- Amonium 1200 mg/l (dalam 1 L)

$$\frac{2,966 \text{ g}}{a} = \frac{1000 \text{ ppm}}{1200 \text{ ppm}}$$

$$2,966 \times 1200 = 1000a$$

$$a = 3,5592 \text{ g}$$

Volume air dalam reaktor reaktor :

$$= 58,5 \text{ cm} \times 23 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 20182,5 \text{ cm}^3 = 20,1825 \text{ L}$$

Jumlah  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang digunakan:

$$= 20,1825 \text{ L} \times 3,5592 \text{ g/L} = 71,83 \text{ g/reaktor}$$

- Amonium 1400 mg/l (dalam 1 L)

$$\frac{2,966 \text{ g}}{a} = \frac{1000 \text{ ppm}}{1400 \text{ ppm}}$$

$$2,966 \times 1400 = 1000a$$

$$a = 4,1524 \text{ g}$$

Volume air dalam reaktor reaktor :

$$= 58,5 \text{ cm} \times 23 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 20182,5 \text{ cm}^3 = 20,1825 \text{ L}$$

Jumlah  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang digunakan:

$$= 20,1825 \text{ L} \times 4,1524 \text{ g/L} = 83,81 \text{ g/reaktor}$$

d. Perhitungan konsentrasi glukosa dan asam laktat per reaktor

- Glukosa 1000 mg/L (dalam 1 L)  
Glukosa yang digunakan adalah murni 100%

$$\frac{1 \text{ g/l}}{a} = \frac{1000 \text{ mg/l}}{1000 \text{ mg/l}}$$

$$1 \times 1000 = 1000a$$

$$a = 1 \text{ g}$$

Volume air dalam reaktor reaktor :

$$= 58,5 \text{ cm} \times 23 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 20182,5 \text{ cm}^3 = 20,18 \text{ L}$$

Jumlah glukosa yang digunakan:

$$= 20,1825 \text{ L} \times 1 \text{ g/L} = 20,1825 \text{ g/reaktor}$$

- Asam Laktat 1000 mg/L (dalam 1 L)

Asam laktat (1L= 1.21 Kg)

$$\frac{1 \text{ l}}{a} = \frac{1,21 \text{ kg/l}}{1,21 \text{ kg/l}}$$

$$a = 0,001 \text{ kg/l}$$

$$1 \times 0,001 = 1,21a$$

$$a = 0,32645 \text{ ml}$$

Volume air dalam reaktor reaktor :

$$= 58,5 \text{ cm} \times 23 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 20182,5 \text{ cm}^3 = 20,1825 \text{ L}$$

Jumlah asam laktat yang digunakan:

$$= 20,1825 \text{ L} \times 0,82645 \text{ ml/L} = 10,3306 \text{ ml/reaktor}$$

e. Pencampuran larutan mengandung amonium dengan larutan organik sumber karbon:

- Amonium yang sudah ditimbang ditambahkan air pdam sampai dengan 1 liter, begitu juga dengan larutan organik sumber karbon yang dilarutkan dengan air pdam sampai dengan 1 liter. Kedua bahan tersebut dicampur kemudianditambahkan air pdam sampai dengan 20,1825 L (20,2 L).
- Hal yang sama dilakukan sesuai dengan poin sebelumnya untuk reaktor lain sesuai perhitungan konsentrasi rencana.

## DOKUMENTASI



Analisis Laboratorium



Sumber *Scirpus grossus*

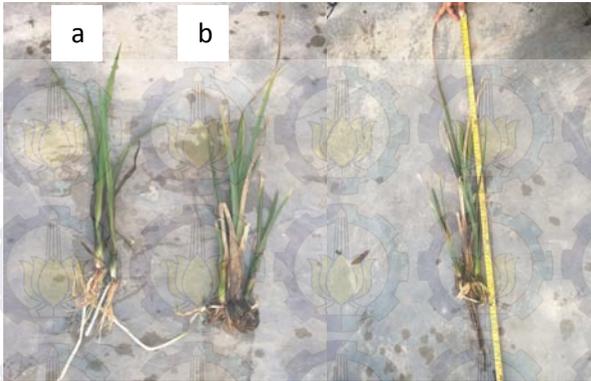
Aklimatisasi

Range Finding Test



Uji Fitoremediasi H-0

Uji Fitoremediasi H-20



(a) *Scirpus grossus* tidak terpapar lindi artifisial dan  
(b) *Scirpus grossus* terpapar lindi artifisial selama 20 hari

Pengukuran panjang tanaman

## LAMPIRAN DATA

**Tabel A.1 Evapotranspirasi (cm<sup>3</sup>/hari) pada Reaktor Kontrol**

Hari Ke-	Evaporasi Reaktor Kontrol (cm <sup>3</sup> /hari)					
	Glukosa 1000 (mg/l)	Glukosa 1200 (mg/l)	Glukosa 1400 (mg/l)	Asam Laktat 1000 (mg/l)	Asam laktat 1200 (mg/l)	Asam Laktat 1400 (mg/l)
0						
1	874,6	941,9	941,9	807,3	874,6	941,9
2	874,6	874,6	740,0	874,6	874,6	740,0
3	672,8	740,0	807,3	740,0	740,0	874,6
4	740,0	740,0	740,0	740,0	740,0	672,8
5	672,8	874,6	874,6	672,8	605,5	874,6
6	605,5	740,0	605,5	807,3	807,3	672,8
7	672,8	672,8	740,0	740,0	672,8	740,0
8	740,0	605,5	740,0	740,0	740,0	740,0
9	605,5	538,2	672,8	538,2	538,2	672,8
10	538,2	672,8	605,5	538,2	740,0	605,5
11	672,8	740,0	605,5	672,8	605,5	605,5
12	740,0	672,8	672,8	605,5	672,8	740,0
13	470,9	538,2	538,2	470,9	605,5	538,2
14	470,9	470,9	538,2	470,9	470,9	538,2
15	470,9	403,7	470,9	538,2	538,2	672,8
16	403,7	403,7	403,7	538,2	605,5	470,9
17	470,9	403,7	470,9	538,2	605,5	470,9
18	470,9	470,9	470,9	470,9	538,2	403,7
19	470,9	403,7	403,7	470,9	470,9	403,7
20	269,1	269,1	336,4	336,4	403,7	403,7

**Tabel A.2 Evapotranspirasi (cm<sup>3</sup>/hari) pada Reaktor Uji**

Hari Ke-	Evaporasi Reaktor Uji (cm <sup>3</sup> /hari)					
	Glukosa 1000 (mg/l)	Glukosa 1200 (mg/l)	Glukosa 1400 (mg/l)	Asam Laktat 1000 (mg/l)	Asam laktat 1200 (mg/l)	Asam Laktat 1400 (mg/l)
0						
1	1076,4	1211,0	1076,4	1076,4	941,9	1211,0
2	1076,4	1009,1	1076,4	1211,0	1076,4	1076,4
3	1076,4	1211,0	1076,4	1076,4	1211,0	1211,0
4	1076,4	1076,4	1076,4	1211,0	1076,4	1211,0
5	807,3	941,9	941,9	1076,4	807,3	1009,1
6	807,3	1076,4	1076,4	1009,1	874,6	1076,4
7	874,6	1076,4	1009,1	1076,4	807,3	874,6
8	807,3	1009,1	1009,1	874,6	1076,4	1076,4
9	672,8	740,0	1009,1	874,6	807,3	1076,4
10	740,0	874,6	874,6	941,9	1009,1	874,6
11	807,3	807,3	672,8	740,0	807,3	807,3
12	807,3	740,0	740,0	672,8	740,0	807,3
13	538,2	605,5	672,8	740,0	807,3	874,6
14	740,0	672,8	605,5	605,5	672,8	807,3
15	538,2	740,0	605,5	605,5	740,0	740,0
16	605,5	672,8	538,2	605,5	740,0	672,8
17	538,2	605,5	605,5	605,5	672,8	605,5
18	538,2	605,5	605,5	538,2	672,8	672,8
19	538,2	538,2	605,5	538,2	538,2	605,5
20	538,2	538,2	538,2	538,2	538,2	605,5

**Tabel A.3 Konsentrasi Amonium Tanah dan Air PDAM**

Pengamatan	Konsentrasi Amonium (mg/l)
Tanah	1,7
Air PDAM	0,021

**Tabel A.4 Konsentrasi Amonium Awal Penelitian**

Konsentrasi amonium hari 0 (mg/l)	
Glukosa	Asam Laktat
1001	1021
1223	1230
1409	1406

**Tabel A.5 Konsentrasi Amonium Kontrol Larutan Glukosa**

Hari ke-	Konsentrasi Amonium Kontrol (mg/l)		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	1008,850	1209,440	1398,000
4	665,841	894,986	964,620
8	489,676	644,390	723,465
12	356,932	489,736	578,772
16	277,286	359,882	451,442
20	230,088	289,086	359,882

**Tabel A.6 Efisiensi Removal Amonium Kontrol Larutan Glukosa**

Hari ke-	Efisiensi Penurunan Amonium Reaktor Kontrol		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0			
4	34%	26%	31%
8	51%	47%	48%
12	65%	60%	59%
16	73%	70%	68%
20	77%	76%	74%

**Tabel A.7 Konsentrasi Amonium Kontrol Asam Laktat**

Hari ke-	Konsentrasi Amonium Kontrol (mg/l)		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	1011,790	1218,280	1410,000
4	677,899	840,613	958,800
8	488,087	588,429	709,512
12	356,932	441,322	539,229
16	292,035	313,339	415,206
20	238,938	253,687	303,835

**Tabel A.8 Efisiensi Removal Amonium Kontrol Asam Laktat**

Hari ke-	Efisiensi Penurunan Amonium Reaktor Kontrol		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0			
4	33%	31%	32%
8	52%	52%	50%
12	65%	64%	62%
16	71%	74%	71%
20	76%	79%	78%

**Tabel A.9 COD Kontrol Reaktor Glukosa**

Hari ke-	COD (mg/l)		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	1102,0	1101,2	1021,7
4	689,8	619,5	764,3
8	444,6	419,6	199,9
12	265,9	254,9	191,3
16	187,2	154,9	165,5
20	133,5	114,5	109,8

**Tabel A.10 COD Kontrol Reaktor Asam Laktat**

Hari ke-	COD (mg/l)		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	672,0	741,9	841,1
4	509,0	462,1	640,0
8	311,9	267,4	391,2
12	170,1	140,2	212,7
16	181,7	121,1	125,7
20	142,7	95,9	87,4

**Tabel A.11 BOD Kontrol Reaktor Glukosa**

Hari ke-	BOD (mg/l)		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	569	551	528
4	225,56	246,98	150,78
8	113,51	165,42	125,19
12	84	112,6	119,5
16	69	71,1	88,1
20	57	62,5	56

**Tabel A.12 BOD Kontrol Reaktor Asam Laktat**

Hari ke-	BOD (mg/l)		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	491	439	389
4	331,54	257,25	212,68
8	219,87	204,32	125,57
12	121,4	102,6	98,6
16	96,8	56,7	74,2
20	76,8	52,8	63,8

**Tabel A.13 Rasio BOD/COD Kontrol Glukosa**

Hari ke-	Rasio BOD/COD		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	0,5	0,5	0,5
4	0,3	0,4	0,2
8	0,3	0,4	0,6
12	0,3	0,4	0,6
16	0,4	0,5	0,5
20	0,4	0,5	0,5

**Tabel A.14 Rasio BOD/COD Kontrol Asam Laktat**

Hari ke-	Rasio BOD/COD		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	0,7	0,6	0,5
4	0,7	0,6	0,3
8	0,7	0,8	0,3
12	0,7	0,7	0,5
16	0,5	0,5	0,6
20	0,5	0,6	0,7

**Tabel A.15 pH Reaktor Kontrol Larutan Glukosa**

Hari ke-	pH		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	7,8	7,8	7,2
4	7,7	7,7	7,7
8	6,9	6,6	7,2
12	7,2	7,0	7,0
16	7,3	7,0	7,3
20	7,3	7,0	7,2

**Tabel A.16 pH Reaktor Kontrol Larutan Asam Laktat**

Hari ke-	pH		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	3,7	3,4	3,6
4	8,1	7,9	7,8
8	6,9	6,9	7,4
12	7,4	7,4	7,2
16	7,5	7,4	7,2
20	7,4	7,4	7,1

**Tabel A.17 Suhu Reaktor Kontrol Larutan Glukosa**

Hari ke-	Suhu (mg/l)		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	31	30,9	30,3
4	30,3	30,1	30,1
8	30,3	30,1	30,1
12	30,1	29,9	29,9
16	30,1	30	31
20	30	30,5	30,5

**Tabel A.18 Suhu Reaktor Kontrol Larutan Asam Laktat**

Hari ke-	Suhu (mg/l)		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	31	30,5	30,2
4	30,1	30,1	30,3
8	30,1	30,3	30,1
12	29,9	30,1	30
16	29,9	29,9	30,1
20	30	30,1	30

**Tabel A.19 Konsentrasi Amonium Reaktor Uji - Glukosa**

Hari ke-	Konsentrasi Amonium - Glukosa		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	1001	1223	1409
4	264	407	471
8	136	205	279
12	87	102	168
16	58	63	100
20	47	50	78

**Tabel A.20 Efisiensi Removal Amonium Reaktor Uji – Glukosa**

Hari ke-	Efisiensi Removal (%) Amonium		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0			
4	74%	67%	67%
8	86%	83%	80%
12	91%	92%	88%
16	94%	95%	93%
20	95%	96%	94%

**Tabel A.21 Konsentrasi Amonium Reaktor Uji - Asam Laktat**

Hari ke-	Konsentrasi Amonium - Asam Laktat		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	1021	1230	1406
4	263	388	516
8	139	208	277
12	86	109	140
16	69	58	72
20	58	47	47

**Tabel A.22 Efisiensi Removal Amonium Reaktor Uji – Asam Laktat**

Hari ke-	Efisiensi Removal (%)		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0			
4	74%	68%	63%
8	86%	83%	80%
12	92%	91%	90%
16	93%	95%	95%
20	94%	96%	97%

**Tabel A.23 COD Reaktor Uji - Glukosa**

Hari ke-	COD (mg/l)		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	1610	1475	1750
4	852	1093	1519
8	558	538	654
12	213	723	596
16	116	116	116
20	75	75	75

**Tabel A.24 COD Reaktor Uji Asam - Laktat**

Hari ke-	COD (mg/l)		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	1125	1225	1275
4	926	1222	1389
8	385	481	769
12	255	979	1191
16	130	101	174
20	45	104	104

**Tabel A.25 BOD Reaktor Uji - Glukosa**

Hari ke-	BOD (mg/l)		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	1514	1176	1192
4	579	524	699
8	284	280	314
12	89	231	191
16	53	40	40
20	39	39	37

**Tabel A.26 BOD Reaktor Uji - Asam Laktat**

Hari ke-	BOD (mg/l)		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	652	1160	1043
4	426	709	889
8	181	202	323
12	89	440	250
16	38	31	58
20	19	48	27

**Tabel A.27 Rasio BOD/COD Reaktor Uji - Glukosa**

Hari ke-	Rasio BOD/COD		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	0,9	0,8	0,7
4	0,7	0,5	0,5
8	0,5	0,5	0,5
12	0,4	0,3	0,3
16	0,5	0,3	0,3
20	0,5	0,5	0,5

**Tabel A.28 Rasio BOD/COD Reaktor Uji - Asam Laktat**

Hari ke-	Rasio BOD/COD		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	0,6	0,9	0,8
4	0,5	0,6	0,6
8	0,5	0,4	0,4
12	0,4	0,5	0,2
16	0,3	0,3	0,3
20	0,4	0,5	0,3

**Tabel A.29 pH Reaktor Uji - Glukosa**

Hari ke-	pH		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	7,4	7,4	7,2
4	7,9	7,8	7,7
8	7,5	7,2	7,2
12	7,4	7,0	7,0
16	7,3	7,0	7,2
20	7,2	7,2	7,0

**Tabel A.30 pH Reaktor Uji Asam - Laktat**

Hari ke-	pH		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	3,6	3,6	3,6
4	8,1	7,8	7,8
8	7,5	7,5	7,4
12	7,4	7,3	7,4
16	7,5	7,4	7,2
20	7,3	7,0	7,0

**Tabel A.31 Suhu Reaktor Uji - Glukosa**

Hari ke-	Suhu (mg/l)		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	31,0	31,0	31,0
4	30,6	31,0	31,0
8	29,8	29,7	29,8
12	30,6	30,6	30,6
16	29,1	29,1	29,0
20	28,8	29,0	28,8

**Tabel A.32 Suhu Reaktor Uji Asam - Laktat**

Hari ke-	Suhu (mg/l)		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	31,0	31,0	31,0
4	30,8	30,7	30,9
8	29,8	29,8	29,8
12	30,5	30,6	30,5
16	28,9	29,0	28,9
20	28,6	28,8	28,9

**Tabel A.31 Panjang Tumbuhan di Reaktor Uji - Glukosa**

Hari ke-	Panjang tumbuhan		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	40	40	40
4	47	45	46,5
8	57	57,5	54
12	51	53	54
16	53	57	54,5
20	75	64,5	58,5

**Tabel A.32 Panjang Tumbuhan di Reaktor Uji - Asam Laktat**

Hari ke-	Panjang tumbuhan		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	40	40	40
4	48	45	47
8	59,5	56	54,5
12	54,5	55	58
16	60,5	61,5	55,5
20	70	63	54

**Tabel A.33 Berat Kering Tumbuhan di Reaktor - Uji Glukosa**

Hari ke-	Berat Kering Tumbuhan		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	0,018	0,020	0,020
4	0,060	0,099	0,078
8	0,039	0,060	0,058
12	0,038	0,039	0,030
16	0,069	0,046	0,035
20	0,083	0,037	0,034

**Tabel A.34 Berat Kering Tumbuhan di Reaktor - Uji Asam Laktat**

Hari ke-	Berat Kering Tumbuhan		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0	0,018	0,021	0,018
4	0,052	0,058	0,069
8	0,044	0,058	0,034
12	0,051	0,031	0,023
16	0,052	0,027	0,027
20	0,064	0,035	0,028

**Tabel A.35 Efisiensi Removal Amonium oleh *Scirpus grossus* saja di Reaktor Uji Glukosa**

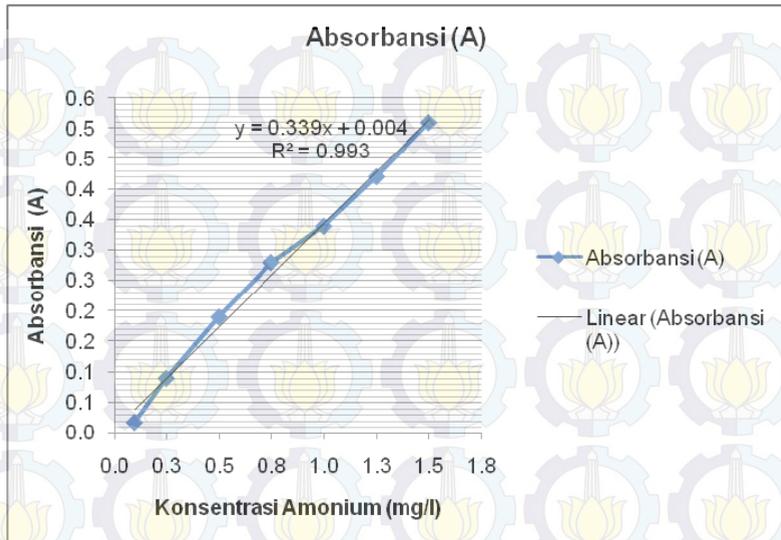
Hari ke-	Efisiensi Removal (%) Amonium		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0			
4	40%	41%	36%
8	35%	37%	32%
12	27%	32%	29%
16	22%	25%	25%
20	18%	20%	20%

**Tabel A.36 Efisiensi Removal Amonium oleh *Scirpus grossus* saja di Reaktor Uji Asam Laktat**

Hari ke-	Efisiensi Removal (%)		
	Amonium 1000 mg/l	Amonium 1200 mg/l	Amonium 1400 mg/l
0			
4	41%	37%	31%
8	35%	31%	31%
12	27%	27%	28%
16	22%	21%	24%
20	18%	17%	18%

**Tabel A.37 Hasil Kalibrasi Amonium**

Konsentrasi Amonium (mg/l)	Absorbansi (A)
0,10	0,018
0,25	0,090
0,50	0,190
0,75	0,280
1,00	0,339
1,25	0,420
1,50	0,509



Gambar A.1 Kurva Kalibrasi Amonium

Tabel A.38 Karakterisasi bahan baku lindi: analisis fisik kimiawi.

No	Parameters	Unit	Sampel			
			1	2	3	4
<b>A. Physic</b>						
1	Temperature	°C	28	28	28	28
2	Total Dissolved Solid (TDS)	mg/L	17310	14910	13260	12050
3	Suspended Solids (SS)	mg/L	344	196	168	162
<b>B. Chemical</b>						
1	pH	-	8.20	8.80	8.30	6.90
19	Fluoride	mg/L F	1.28	0.88	0.72	0.76
20	Residual free chlorine	mg/L Cl <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00

No	Parameters	Unit	Sampel			
			1	2	3	4
21	Free ammonia	mg/L NH <sub>3</sub> -N	2093	1831	1185	1184
22	Nitrate	mg/L NO <sub>3</sub> -N	8.70	7.64	0.28	0.28
23	Nitrite	mg/L NO <sub>2</sub> -N	0.78	0.79	0.79	0.21
24	BOD	mg/L O <sub>2</sub>	1062	812	728	670
25	COD	mg/L O <sub>2</sub>	2533	1933	1733	1600
26	Detergent anionic	mg/L LAS	5.86	3.64	3.64	3.76
27	Phenol	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium Sanitasi Lingkungan dan Fitoteknologi Teknik Lingkungan ITS.

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Sidoarjo, 01 Juni 1993, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Bina Ana Prasa Surabaya selama 2 (dua) tahun, SD Negeri Penjaringan Sari II Surabaya selama 6 (enam) tahun, SMP Negeri 12 Surabaya selama 3 (tiga) tahun, SMA Negeri 16 Surabaya selama 3 (tiga) tahun. Penulis melanjutkan pendidikan formal setelah SMA di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur SNMPTN di Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS pada tahun 2011 dan terdaftar dengan NRP 3311100049. Penulis pernah mengikuti kegiatan non akademik selama masa pendidikan di ITS, diantaranya : menjadi anggota sie kesekretariatan LITL (Lomba Inovasi Teknologi Lingkungan) ITS 2012, Anggota sie acara talkshow ITS Expo 2012, anggota BSO Dana dan Usaha HMTL 2012 -2013 ITS, Kepala BSO Dana dan Usaha HMTL ITS 2013-2014, koordinator sie dana Earthweek 2013, dan kegiatan kepanitian lain di ITS. Penulis juga pernah mengikuti pelatihan *softskill* dan seminar baik yang diadakan di lingkup ITS maupun di luar. *Contact person* penyusun adalah [anggipsaoke@gmail.com](mailto:anggipsaoke@gmail.com).