

**FITOREMEDIASI PHOSPAT LIMBAH CAIR LAUNDRY MENGGUNAKAN TANAMAN MELATI AIR (*Echinodorus paleaefolius*) DAN BAMBUS AIR (*Equisetum hyemale*) SEBAGAI SUMBER BELAJAR BIOLOGI**  
*Phytoremediation of Phosphate Content In Liquid Laundry Waste by Using Echinodorus paleaefolius and Equisetum hyemale Used as Biology Learning Resource*

Ayu Maharani Siswandari<sup>1</sup>, Iin Hindun<sup>2</sup>, Sukarsono<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Muhammadiyah Malang  
Jl. Raya Tlogomas No. 246, Malang, Telp 0341-464318  
e-mail korespondensi: windaaa049@gmail.com

**ABSTRAK**

Limbah cair laundry merupakan air sisa proses pencucian pakaian yang dapat menyebabkan toxic bagi kehidupan biota air jika tidak diproses terlebih dahulu. Fitoremediasi merupakan suatu sistem yang dilakukan tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan menjadi bahan yang tidak berbahaya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis mekanisme penurunan kadar Phospat dalam limbah cair laundry dengan metode fitoremediasi menggunakan tanaman Melati Air (*Echinodorus paleaefolius*) dan Bambu Air (*Equisetum hyemale*). Jenis penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif. Metode analisis data dilakukan secara deskriptif. Penelitian ini dilaksanakan pada 17 Mei-10 Juni 2016 di Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I Jl. Surabaya No. 2A Malang. Hasil penelitian menunjukkan kandungan Phospat pada limbah cair laundry melebihi batas ambang baku mutu air limbah yang telah ditetapkan PP No. 82 tahun 2001, yang berarti sangat berbahaya apabila dibuang ke lingkungan. Melati Air dapat menurunkan kadar Phospat sebesar 3,451 mg pada limbah dan sebesar 2,271 mg pada limbah yang telah diberi pengenceran. Tanaman Bambu Air tidak dapat digunakan untuk menurunkan kadar Phospat limbah, namun dapat menurunkan derajat keasaman (pH) sebesar 3,7 satuan pada limbah laundry secara fitoremediasi. Implementasi penelitian berupa media handout jenis kontekstual disertai gambar berwarna.

**Kata kunci:** fitoremediasi, handout, limbah cair laundry, tanaman air

**ABSTRACT**

Laundry liquid waste is the remain water of clothes washing process which causes toxic effects to the biotic area in the water in case of the liquid waste without proper processing. Phytoremediation is a system which is conducted by plants to break a contaminant compound into the non-hazard materials. This research aimed to analyze the mechanism to reduce phosphate content in laundry liquid waste by through phytoremediation process which had been done by using *Echinodorus paleaefolius* and *Equisetum hyemale*. The research is quantitative descriptive in which the data analysis method was descriptive. The research was conducted in 17 May to 10 June 2016 in the Laboratory of Water Quality of Perum Jasa Tirta Jl. Surabaya No. 2A Malang. The research results showed that the phosphate content in laundry liquid waste exceed of threshold limit value of liquid waste standard which has been issued as PP No. 82 Year 2001. Therefore, this over limit of phosphate content is hazardous to be released to the environment. *Echinodorus paleaefolius* is able to reduce the phosphate content as much as 3.451 mg within the high-density-phosphate waste and as much as 2.271 mg within the lower one. However *Equisetum hyemale* could not be used to reduce the phosphate content even though it could reduce acidity degree (pH) as much as 3.7 unit within this liquid waste through phytoremediation process. The implementation of the research results was the contextual handout which is completed with colored pictures.

**Keywords:** handout, laundry liquid waste, phytoremediation, water plants

Kerusakan ekosistem air menurut Arsyad (1989) adalah berupa menurunnya kualitas air salah satunya karena kandungan senyawa dari limbah rumah tangga yang masuk ke dalam air. Salah satu penyebab

menurunnya kualitas air adalah pencemaran dari limbah rumah tangga. Menurut Rifai (2013), limbah rumah tangga (limbah domestik) merupakan jumlah pencemar terbesar yaitu sekitar

Disubmit: September 2016  
Direvisi: Oktober 2016  
Disetujui: November 2016

85% yang masuk ke badan air di Indonesia.

Rochman (2009) menyatakan bahwa limbah cair domestik yang paling tinggi volumenya adalah deterjen. Hal ini seiring dengan produksi deterjen dunia yang mencapai 2,7 juta ton/tahun, dengan kenaikan produksi tahunan mencapai 5%. Adanya limbah deterjen perlu diwaspadai karena kandungan bahan aktif dalam deterjen dapat mengganggu kesehatan.

Deterjen pada konsentrasi 0,5 mg/L sudah mampu membentuk busa sehingga menghambat difusi oksigen dari udara ke permukaan badan air. Alkil Sulfat pada kadar 15 mg/L dalam deterjen dapat mematikan ikan mas. Deterjen juga mencemari lingkungan terutama kandungan fosfat yang menyuburkan Eceng Gondok, sehingga mengurangi jatah oksigen terlarut bagi biota air. Dampak pada manusia antara lain iritasi pada kulit dan mata, serta kerusakan pada ginjal dan empedu. Adapun bagi hewan antara lain gangguan imun seperti pada marmut. Konsentrasi mematikan 50% pada deterjen adalah 0,3-60 ppm (Rochman, 2009).

Dewasa ini pertumbuhan industri pencucian pakaian (*Laundry*) sangat meningkat, berdasarkan data dari Dinas Perindustrian dan Perdagangan (Disperindag) Kota Malang pada tahun 2008, jumlah industri jasa (*manufacturing*) di Kecamatan Lowokwaru meningkat 64% dari tahun sebelumnya yakni sebanyak 673 unit usaha.

Prodjosantoso (2011) mengemukakan bahwa limbah cair *Laundry* selain mengandung sisa detergen juga mengandung pewangi, pelembut, pemutih serta mengandung senyawa aktif metilen biru yang sulit terdegradasi dan

berbahaya bagi kesehatan maupun lingkungan. Industri *Laundry* juga menghasilkan limbah cair yang mengandung konsentrasi fosfat yang tinggi melebihi batas Baku Mutu air limbah. Berdasarkan PP No. 82 tahun 2001, kadar fosfat yang diijinkan dalam limbah cair industri yaitu 0,2 mg/L. Sedangkan hasil penelitian Dewi (2015) terdapat sebanyak 173 mg/L Fosfat di dalam limbah cair *Laundry* yang didapat dari usaha *Laundry* di Darussalam, Banda Aceh.

Hampir semua limbah cair dari usaha *Laundry* rumahan di sekitar Kecamatan Lowokwaru dibuang melalui selokan atau sungai tanpa diolah atau diencerkan terlebih dahulu. Berdasarkan hasil observasi awal di usaha *Laundry* rumahan "X *Laundry*" yang terletak di Jalan Karyawiguna diketahui bahwa limbah cair hasil proses pencucian pakaian dibuang langsung ke aliran sungai daerah Tegalgondo. Dalam satu kali proses pencucian untuk 2,5 kg pakaian menggunakan tiga ember air dan detergen bubuk yang ditambahkan ke dalam air tanpa takaran yang sesuai.

Perlu adanya pengolahan limbah cair *laundry* yang mudah, murah dan tentunya efektif untuk meminimalisir dampak pencemaran air. Salah satunya adalah dengan metode Fitoremediasi. Menurut Subroto (1996), fitoremediasi adalah upaya penggunaan tumbuhan dan bagian-bagiannya untuk dekontaminasi limbah dan masalah-masalah pencemaran lingkungan baik secara *ex-situ* menggunakan kolam buatan atau reactor maupun *in-situ* (langsung di lapangan) pada tanah atau daerah yang terkontaminasi limbah.

Menurut Padmaningrum (2014) pada proses fitoremediasi, tumbuhan akan memanfaatkan bahan kimia dalam limbah sebagai nutrisi untuk kehidupannya. Sedangkan Rosiana (2007) mengatakan bahwa tanaman meremediasi polutan organik melalui tiga cara, yaitu menyerap secara langsung bahan kontaminan, mengakumulasi metabolisme non fitotoksik ke sel-sel tanaman, dan melepaskan eksudat dan enzim yang dapat menstimulasi aktivitas mikroba, serta menyerap mineral pada daerah rizosfer. Tanaman juga dapat menguapkan sejumlah uap air. Penguapan ini dapat mengakibatkan migrasi bahan kimia. Tanaman akan mampu meremediasi polutan jika tanaman tersebut sudah mencapai usia dewasa.

Melati Air (*Echinodorus paleaefolius*) diketahui dapat digunakan sebagai alternatif metode fitoremediasi limbah cair. Berdasarkan hasil penelitian Padmaningrum (2014) tentang Pengaruh Biomasa Melati Air (*Echinodorus paleaefolius*) terhadap Kadar Fosfat, BOD, COD, TSS, dan Derajat Keasaman Limbah Cair Laundry didapat hasil berupa penurunan kadar Fosfat dari 221,5181 ppm menjadi 49,3333 ppm, nilai BOD turun dari 7,360 mg O<sub>2</sub>/L menjadi 4,452 mg O<sub>2</sub>/L, nilai COD dari 1682,660 mg O<sub>2</sub>/L menjadi 1235,770 mg O<sub>2</sub>/L, nilai TSS dari 52,5 mg/L menjadi 25,0 mg/L dan Derajat Keasaman (pH) turun dari 8,80 menjadi 7,62.

Tanaman paku Bambu Air dapat menurunkan kandungan logam berat Pb dan Cr dalam limbah cair. Berdasarkan penelitian Anam (2013) tentang Penurunan Kandungan Logam Pb dan Cr *Leachate* Melalui Fitoremediasi Bambu Air

(*Equisetum Hyemale*) dan Zeolit menunjukkan penurunan kadar Pb sebesar 82,2% dan kadar Cr sebesar 61,2%.

Permasalahan ini berkaitan dengan konsep biologi yang diajarkan pada Sekolah Menengah Atas (SMA) kelas X semester 2, materi Perubahan lingkungan/iklim dan daur ulang limbah pada KD 4.10 “Memecahkan masalah lingkungan dengan membuat desain produk daur ulang limbah dan upaya pelestarian lingkungan”. Dengan menggunakan indikator pencapaian kompetensi “Melaksanakan percobaan pengaruh pencemaran air terhadap kelangsungan hidup organisme”.

Observasi yang dilakukan pada tanggal 16 September 2016 di SMAN 1 Ngoro Mojokerto khususnya pada kelas X dengan mewawancarai guru pengampu mata pelajaran biologi, ditemukan beberapa permasalahan yang terjadi diantaranya kurangnya variasi metode pembelajaran yang diterapkan guru dan terbatasnya media pembelajaran yang dimiliki siswa.

Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan di atas, peneliti merasa penggunaan media pembelajaran dan sumber belajar yang baik sangat diperlukan dalam rangka membantu proses pembelajaran biologi yang efektif dan efisien. Untuk meningkatkan efektifitas siswa dalam belajar, maka guru dituntut untuk menggunakan bahan ajar yang isi materinya lebih terperinci dan sesuai kompetensi dalam hal ini berupa handout atau buku pegangan siswa. Penggunaan media *Handout* ini dapat memperoleh pengalaman belajar konkrit untuk membantu peserta didik mencapai tujuan pembelajaran yang efektif dan efisien serta

Disubmit: September 2016  
Direvisi: Oktober 2016  
Disetujui: November 2016

memungkinkan peserta didik untuk melakukan pembelajaran secara aktif melalui kegiatan praktikum (*learn by doing*).

Berdasarkan latar belakang di atas, maka didapatkan rumusan masalah yakni Bagaimanakah mekanisme penurunan kadar Fosfat limbah cair *laundry* setelah penerapan fitoremediasi menggunakan tanaman Melati Air (*Echinodorus paleaefolius*) dan Bambu Air (*Equisetum hyemale*)? dan Bagaimana pemanfaatan hasil penelitian fitoremediasi Fosfat limbah cair *laundry* menjadi sumber belajar biologi?

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada 17 Mei-10 Juni 2016 di Jalan Notojoyo 179A Tegalgondo Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang dan uji analisa kandungan Fosfat dan pH menggunakan jasa analisis di Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I Jl. Surabaya No. 2A Malang 65115 Telp. 0341-551971. Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu deskriptif kuantitatif untuk

menguji efektifitas fitoremediasi tanaman *Echinodorus paleaefolius* dan *Equisetum hyemale* pada fosfat limbah cair laundry. Populasi dalam penelitian ini adalah limbah cair sisa pencucian pakaian di seluruh usaha *Laundry* rumahan di sekitar Kecamatan Karangploso Malang, dan yang diambil sebagai sampel yaitu limbah cair sisa proses pencucian pakaian di “X *Laundry*” yang dipilih dengan cara *purposive sampling* berdasarkan kriteria-kriteria yang telah ditetapkan oleh peneliti, kriteria tersebut adalah limbah yang dihasilkan dibuang ke sungai, karakter fisik limbah keruh dan berbau harum. Pengumpulan data dilakukan dengan pengambilan data primer. Pengolahan data kandungan fosfat yang diperoleh dari hasil laboratorium. Kemudian data yang telah dianalisis disajikan dalam bentuk tabel dan narasi untuk membahas mengenai hasil penelitian. Data hasil laboratorium mengenai kadar fosfat dan nilai pH pada setiap sampel dianalisis secara deskriptif.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Karakteristik Media Tanam sebelum ditanam Melati Air (*Echinodorus paleaefolius*) dan Bambu Air (*Equisetum hyemale*)

Parameter	Pot	Kandungan Media Tanam	PP No. 82 th 2001	Keterangan
Fosfat (mg)	A	3,681	0,2 mg	Melebihi batas
	B	3,681	0,2 mg	Melebihi batas
	C	2,421	0,2 mg	Melebihi batas
	D	2,421	0,2 mg	Melebihi batas
pH	A	9,9	6-9	Melebihi batas
	B	9,9	6-9	Melebihi batas
	C	10,9	6-9	Melebihi batas
	D	10,9	6-9	Melebihi batas

Keterangan:

Pot A = Limbah laundry dan koral

Pot B = Limbah laundry dan koral

Pot C = Limbah laundry dengan pengenceran dan koral

Pot D = Limbah laundry dengan pengenceran dan koral

Disubmit: September 2016  
Direvisi: Oktober 2016  
Disetujui: November 2016

Kadar fosfat pada limbah *laundry* sebelum dilakukan fitoremediasi sangat tinggi yakni sebesar 3,681 mg dengan pH sebesar 9,9 satuan. Sedangkan pada limbah yang telah diberi pengenceran dengan menambahkan air sebanyak 600 mL didapatkan kadar Fosfat sebesar 2,421 mg dengan pH sebesar 10,9 satuan.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001, kadar Fosfat yang diizinkan untuk dibuang ke lingkungan adalah sebesar 0,2 mg/L. Untuk pH tidak kurang dari 6 satuan dan tidak lebih dari 9 satuan.

**Tabel 2. Kadar Fosfat dan pH Limbah *Laundry* Setelah Penerapan Tanaman Fitoremediasi**

Parameter	Pot	Penerapan Tanaman Melati Air (hari ke-)			Standar	Keterangan
		3	6	9		
Fosfat (mg)	A	0,650	0,650	0,230	0,2 mg	Layak dibuang ke lingkungan
	B	0,720	0,520	0,620	0,2 mg	Tidak layak dibuang ke lingkungan
	C	1,400	0,516	0,150	0,2 mg	Layak dibuang ke lingkungan
	D	0,780	0,660	0,840	0,2 mg	Tidak layak dibuang ke lingkungan
pH	A	7,4	6,9	7,2	6-9	Layak dibuang ke lingkungan
	B	7,3	7,0	7,1	6-9	Layak dibuang ke lingkungan
	C	7,4	7,5	7,3	6-9	Layak dibuang ke lingkungan
	D	7,3	7,2	7,2	6-9	Layak dibuang ke lingkungan

Keterangan:

- Pot A = Tanaman Melati Air dalam media tanam limbah dan koral
- Pot B = Tanaman Bambu Air dalam media tanam limbah dan koral
- Pot C = Tanaman Melati Air dalam media tanam limbah dengan pengenceran dan koral
- Pot D = Tanaman Bambu Air dalam media tanam limbah dengan pengenceran dan koral

Kadar fosfat pada limbah *laundry* yang ditanami tanaman Melati Air (pot A dan pot C) mengalami penurunan secara signifikan. Kadar Fosfat awal limbah sebesar 3,681 mg (pot A) dan 2,421 mg (pot C) yang berarti sangat tidak memenuhi baku mutu. Kemudian Fosfat menurun pada hari ke-3 sebesar 0,650 mg (pot A) dan 1,4 mg (pot C), 0,650 mg pada pot A (tetap) dan 0,516 mg (pot C) pada hari ke-6 dan pada hari ke-9 Fosfat menurun menjadi 0,230 mg (pot A) dan 0,150 mg (pot C) yang berarti telah aman apabila dibuang ke lingkungan. Namun hal tersebut tidak berpengaruh terhadap pH. Nilai pH pada limbah terjadi penurunan secara drastis pada hari ke-3, namun kembali naik pada hari setelahnya.

Kadar fosfat pada limbah *Laundry* yang ditanami tanaman Bambu Air (pot B dan pot D) tidak teratur. Kadar Fosfat awal limbah sebesar 3,681 mg (pot B) dan 2,421 mg (pot D) yang berarti sangat tidak memenuhi baku mutu. Kemudian Fosfat menurun pada hari ke-3 sebesar 0,720 mg (pot B) dan 0,780 mg (pot D), 0,520 mg (pot B) dan 0,660 mg (pot D) pada hari ke-6 dan pada hari ke-9 Fosfat mengalami kenaikan menjadi 0,620 mg (pot B) dan 0,840 mg (pot D) yang berarti masih belum layak untuk dibuang ke lingkungan. Sedangkan nilai pH pada limbah terjadi penurunan secara drastis pada hari ke-3 yakni 7,3 satuan pada kedua pot, 7,0 (pot B) dan 7,2 (pot D) hari ke-6 namun pada hari ke-9, pH pada pot B mengalami kenaikan menjadi 7,1

satuan dan pada pot D nilai pH tetap 7,2 satuan.

Penelitian ini dapat digunakan sebagai sumber belajar berupa handout. Terdapat beberapa jenis handout maka penulis mengambil jenis kontekstual disertai gambar berwarna. Handout ini digunakan untuk menyampaikan informasi mengenai hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti mengenai daur ulang limbah. Handout yang digunakan berjudul "Handout Biologi 10; Upaya Pelestarian Lingkungan Melalui Pengelolaan Limbah (Sebuah Pengalaman Mengatasi Pencemaran melalui Fitoremediasi)" Isinya terdiri dari: 1) Uraian mengenai pencemaran lingkungan dan daur ulang limbah dan 2) Foto penyebab polutan dan proses daur ulang limbah yang diambil dari referensi buku, majalah maupun hasil penelitian.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa keempat pot limbah terlihat sangat keruh dan terdapat algae yang melimpah hanya dalam waktu tiga hari sejak awal penempatan limbah. Hari ke-2 tanaman Melati Air terlihat layu dan tepi daun-daunnya mengering. Hari ketiga tanaman Melati Air pada pot C (limbah yang diencerkan) kembali segar, terlihat bunga putih mulai mekar. Namun, air limbah pada keempat pot terlihat sangat keruh ditandai dengan tumbuhnya algae yang melimpah. Hari ke-4 tanaman Melati Air pada pot A terlihat layu, sedangkan tanaman Melati Air pada pot C batang terlihat segar namun tepian daun yang mengering semakin lebar membuat daun mati satu persatu.

Hari ke-6 limbah pada pot A dan pot B berangsur-angsur jernih, namun tetap terdapat algae yang cukup melimpah.

Sedangkan pot C dan pot D limbah terlihat jernih seperti air biasa. Setiap hari selama sembilan hari tanaman Melati Air terlihat segar pada pagi hari kemudian layu saat siang hari dan kembali segar saat malam hari. Hal itu menunjukkan bahwa absorpsi zat makanan dan proses fotosintesis terjadi pada siang hari. Hal yang berbeda terjadi pada tanaman Bambu Air, hari ke-7 tanaman Bambu Air mulai mengering pada bagian ujung batang kemudian keseluruhan batang Bambu Air mengering pada hari ke-9.

Ion fosfat merupakan sumber P bagi tanaman. Ion fosfat pada penelitian ini, diambil oleh akar tanaman Melati Air sebagai nutrisi bagi tanaman sehingga semakin lama tanaman hidup dalam media limbah semakin kecil konsentrasi fosfat dalam limbah.

Hal ini tidak berlaku untuk tanaman Bambu Air, pada awal perlakuan, tanaman Bambu Air mengambil ion fosfat dari limbah cair, namun kemudian batang tanaman berturut-turut mengering. Hasil pengeringan ini dimungkinkan mengandung fosfat juga sehingga menambah konsentrasi fosfat dalam limbah cair. Hal ini juga mengindikasikan bahwa Bambu Air tidak baik sebagai pelaku fitoremediasi Phospat limbah *Laundry*.

Kadar fosfat yang tinggi menyebabkan pertumbuhan lumut dan mikroalgae yang berlebih yang disebut eutrophication, sehingga air menjadi keruh dan berbau karena pembusukan lumut-lumut yang mati. Tanaman pada keadaan eutrotop dapat menghabiskan oksigen dalam sungai atau kolam pada malam hari atau bila tanaman tersebut mati dan dalam keadaan sedang mencerna dan pada siang

hari pancaran sinar matahari kedalam air akan berkurang, sehingga proses fotosintesis yang dapat menghasilkan oksigen juga berkurang (Padmaningrum, 2014).

Pertumbuhan lumut Pada media limbah *Laundry* semakin lama semakin banyak. Adanya lumut ini mengindikasikan bahwa kandungan dalam limbah telah dapat digunakan tanaman untuk hidup. Selain itu, media tanam yang digunakan telah diencerkan terlebih dahulu yaitu dengan menambahkan air pada limbah. Peningkatan nilai kadar fosfat ini juga mengindikasikan bahwa terjadi pencemaran air. Apabila lumut yang tumbuh terlalu banyak, lumut akan menutupi badan air sehingga cahaya tidak akan masuk ke badan air. Ini akan menyebabkan proses fotosintesis terhambat dan tanaman kekurangan nutrisi untuk tumbuh. Hal ini dialami oleh tanaman Bambu Air.

Menurut Rusyani (2014) Proses penyerapan zat-zat yang terdapat dalam media tanam dilakukan oleh ujung-ujung akar dengan jaringan meristem terjadinya karena adanya gaya tarik-menarik oleh molekul-molekul air yang ada pada tumbuhan. Penyerapan logam diserap oleh akar tumbuhan dalam bentuk ion yang larut dalam air, selain ion-ion tersebut, unsur hara juga ikut masuk bersama aliran air. Zat-zat yang diserap oleh akar akan masuk ke batang melalui pembuluh angkut (*xilem*), yang kemudian akan diteruskan ke batang.

Belum dapat dipastikan seberapa besar kandungan Phospat yang terserap oleh kedua jenis tanaman. Oleh karena itu perlu adanya penelitian lebih lanjut guna

menyempurnakan analisis mengenai Fitoremediasi limbah.

Limbah awal yang digunakan sebagai media tanam mempunyai nilai pH 9,9 (pot A dan B) dan 10,9 (pot C dan D). Nilai pH tersebut sangat tidak sesuai dengan batas minimal kandungan pH limbah cair yakni 6-9 yang dapat dibuang ke lingkungan. Jadi jelaslah bahwa limbah *Laundry* ini sangat berbahaya jika dibuang langsung ke lingkungan. Perubahan pH akibat sintesis senyawa organik yang dilepaskan ke dalam media membuat pH pada limbah media tanam Melati Air tidak teratur. Hal tersebut juga dipengaruhi oleh keadaan pH lingkungan karena tanaman diletakkan pada tempat terbuka.

Penurunan pH merupakan salah satu penyebab terjadinya pelarutan Ca-fosfat menjadi ortofosfat. Kemasaman media tanam juga berpengaruh kepada proses biotransformasi elemen makro dan mikro seperti Mn, Zn, Cu dan Mo. Pelarutan elemen-elemen tersebut berpengaruh terhadap patogenitas mikrobia patogen dan ketahanan tanaman terhadap penyakit (Widawati, 2008).

Sedangkan pada Bambu Air dengan media tanam limbah *Laundry* yang telah diberi pengenceran dengan air mengalami penurunan dari 10,9 satuan menjadi 7,2 satuan. Jika hanya melihat nilai pH, bisa dikatakan bahwa limbah dari keempat media tanam selama sembilan hari perlakuan bila dibuang ke lingkungan tidak akan mencemari lingkungan.

Hasil penelitian diimplementasikan sebagai *Handout* yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber belajar. *Handout* memiliki arti penting dalam proses pembelajaran, karena dengan adanya *Handout* diharapkan peserta didik dapat lebih aktif selama

proses pembelajaran berlangsung berkaitan dengan materi pokok “Perubahan Lingkungan/Iklim dan Daur Ulang Limbah”. *Handout* yang dibuat merupakan jenis *Handout* yang sesuai dengan materi

Perubahan Lingkungan/Iklim dan Daur Ulang Limbah merupakan materi pembelajaran yang terdapat pada silabus SMA kelas X kurikulum 2013.

**Tabel 3. Kesesuaian Konsep Daur Ulang Limbah dalam Kurikulum 2013 dengan Hasil Penelitian**

Konsep Daur Ulang Limbah dalam Kurikulum 2013		Konsep Hasil Penelitian
Kompetensi Inti 4	Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu menggunakan metoda sesuai kaidah keilmuan	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Jenis limbah yakni limbah padat, cair dan limbah B3.</li> <li>2. Masing-masing jenis limbah memiliki pengaruh terhadap kesehatan dan perubahan lingkungan.</li> <li>3. Limbah <i>Laundry</i> termasuk dalam kategori limbah cair yang sering dibuang ke lingkungan.</li> <li>4. Limbah <i>Laundry</i> mengandung Fosfat yang tinggi.</li> <li>5. Tingginya kadar Fosfat dalam air sungai menyebabkan meledaknya pertumbuhan algae (Eutrofikasi)</li> <li>6. Penanganan terhadap limbah cair dapat dilakukan dengan metode Fitoremediasi</li> </ol>
Kompetensi Dasar 4.10	Memecahkan masalah lingkungan dengan membuat desain produk daur ulang limbah dan upaya pelestarian lingkungan.	
Materi Pokok	Perubahan Lingkungan/Iklim dan Daur Ulang Limbah	

Adanya kesesuaian antara konsep hasil penelitian dengan konsep Daur Ulang Limbah dalam Kurikulum 2013 seperti yang terlihat pada tabel di atas, menunjukkan bahwa konsep hasil penelitian Fitoremediasi Fosfat Limbah Cair *Laundry* dapat menunjang kebutuhan implementasi kurikulum 2013. Dengan adanya kesesuaian konsep ini, maka hasil penelitian Fitoremediasi Fosfat Limbah Cair *Laundry* dapat dijadikan bahan ajar materi Perubahan Lingkungan/Iklim dan Daur Ulang Limbah untuk SMA Kelas X.

## KESIMPULAN

Kandungan Fosfat dan pH pada limbah cair *Laundry* sangat tidak memenuhi batas ambang baku mutu air limbah yang telah ditetapkan oleh PP No. 82 Tahun 2001. Meskipun telah diencerkan dengan air, kadar Fosfat dan pH limbah

tetap tinggi. Setelah penerapan fitoremediasi selama sembilan hari, terjadi penurunan kadar Fosfat dan pH secara signifikan. Tanaman Melati Air dapat digunakan untuk menurunkan kadar Fosfat dalam limbah cair *Laundry* sebesar 3,451 mg dan sebesar 2,271 mg pada limbah cair *Laundry* yang telah diberi pengenceran. Dengan demikian tanaman Melati Air dapat digunakan sebagai tanaman fitoremediasi untuk limbah cair *Laundry*. Sedangkan tanaman Bambu Air tidak dapat digunakan untuk menurunkan kadar Fosfat limbah cair *Laundry*, namun dapat menurunkan derajat keasaman (pH) sebesar 3,7 satuan pada limbah cair *Laundry* secara fitoremediasi. Implementasi penelitian berupa petunjuk praktikum yang dikemas dalam media pembelajaran *Handout* jenis Kontekstual disertai gambar berwarna.

## DAFTAR RUJUKAN

- Anam, M. M., (2013). Penurunan kandungan logam Pb dan Cr leachate melalui fitoremediasi bambu air (*Equisetum hyemale*) dan Zeolit. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 1(2), 43-59.
- Arsyad, S. (1989). *Konservasi tanah dan air*. Bogor: IPB Press.
- Dewi, F. (2015). Efisiensi penyerapan fosfat limbah laundry menggunakan kangkung air (*Ipomoea aquatic* Forsk) dan jeringau (*Acorus calamus*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(1), 7-10.
- Padmaningrum, R. T. (2014). Pengaruh biomassa melati air (*Echinodorus paleaefolius*) dan teratai (*Nymphaea firecrest*) terhadap kadar Fosfat, BOD, COD, TSS dan derajat keasaman limbah cair Laundry. *Jurnal Penelitian Saintek*, 19(2), 64-74.
- Prodjosantoso, A. K. (2011). *Kimia lingkungan: Teori dan aplikasinya*. Yogyakarta: Kanisius.
- Rifai, M. (2013). *Kajian adsorpsi linear alkyl benzene sulphonat (LAS) dengan bentonit alam* (Skripsi tidak diterbitkan). Yogyakarta: Program Studi Kimia, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
- Riyanto, A. & Abdillah, A. D. (2012). Faktor yang memengaruhi kandungan *E. coli* makanan jajanan SD di wilayah cimahi selatan. *MKB*, 44(2), 77-82.
- Rochman, F. (2009). Pembuatan IPAL mini untuk limbah deterjen domestik. *Jurnal Penelitian Eksakta*, 8(2), 134-142.
- Rosiana, N. (2007). *Fitoremediasi limbah cair dengan eceng gondok (Eichhornia crassipes (Mart) Solms) dan limbah padat industri minyak bumi dengan sengon (Paraserianthes falcataria L. Nielsen) bermikoriza*. Laporan Penelitian. Bandung: Universitas Padjajaran.
- Rusyani, R. (2014). *potensi tumbuhan genjer sebagai agen fitoremediasi pada limbah yang mengandung logam timbal (Pb)* (Skripsi tidak diterbitkan). Gorontalo: Jurusan Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Negeri Gorontalo.
- Stefhany, C. A. (2013). Fitoremediasi fosfat dengan menggunakan tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) pada limbah cair industri kecil pencucian pakaian (laundry). *Jurnal Teknik Lingkungan Itenas*, 1(1), 1-11.
- Subroto, M. A. (1996). *Fitoremediasi*. Prosiding Pelatihan dan Lokakarya Peranan Bioremediasi dalam Pengelolaan Lingkungan, Cibinong.
- Widawati, S. (2008). Aktivitas pelarutan fosfat oleh aktinomisetes yang diisolasi dari Waigeo, Kepulauan Raja Ampat, Papua Barat. *BIODIVERSITAS*, 9(2), 87-90.