

**KEMAMPUAN TANAMAN APU- APU (*Pistia stratiotes L.*) DALAM MENURUNKAN KADAR LOGAM BERAT NIKEL (Ni) LIMBAH CAIR***Lestari Dwi Utami, Narwati, Umi Rahayu***ABSTRACT**

Research on reduction of Nickel (Ni) heavy metal in wastewater by using a water plant lettuce (*Pistia stratiotes L.*) was conducted with the aim of knowing the level of Ni reduction in wastewater after the plants are given water plant lettuce (*Pistia stratiotes L.*). The technique used in processing wastewater of the metal plating is phytoremediation.

This study was pure experiment with pretest-posttest design with control group used complete randomized design (CRD). This study was conducted in December to June, 2016.

The results showed that the level of Ni in wastewater decreased after 1 day, 3 day and 6 day treatment with water plant lettuce. From the statistical test result, the reduction of Ni was significant with 5 plants by  $p = 0.023 < \alpha$ . Based on the contact time duration, the result of statistical test was  $p = 0.000 < \alpha$ . The more the number of plants used, the greater the reduction of Nickel level. The longer the contact time of the water plant with wastewater, the greater the reduction of Nickel level in wastewater.

For further study, it is suggested to use plant that is hyper tolerant against contaminants and used more plants to proceed wastewater and more comparable with the level of Ni metal contained in wastewater metal plating.

**Keywords** : Nickel level reduction, water plant lettuce (*Pistia stratiotes L.*), contact duration, phytoremediation.

**PENDAHULUAN**

Laju perkembangan penduduk dan industrialisasi di Indonesia yang semakin besar mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas air. Industri kecil pelapisan logam Karya Mandiri di Desa Sugihwaras Kecamatan Candi Kabupaten Sidoarjo belum memiliki sistem pengolahan limbah cair. Hal ini berpotensi berdampak terjadinya pencemaran lingkungan terlebih lokasi industri pelapisan logam berada di kawasan pemukiman penduduk.

Dalam proses pelapisan logam, industri ini menggunakan logam Krom dan Nikel sebagai bahan baku pelapisnya. Air bekas pembilasan yang mengandung logam tidak dibuang akan tetapi dimanfaatkan kembali untuk membilas besi yang sudah dilapisi logam. Air pada bak pembilas akan meluber dan mengalir ke selokan ketika logam dari bak pelapisan dimasukkan ke dalam bak pembilas. Limbah cair langsung mengalir ke selokan tanpa ada perawatan khusus dan melewati parit sawah penduduk. Dalam jurnal penelitian Ahmad (2009) untuk kepentingan biota perairan, seperti halnya logam berat yang lain, Ni juga bersifat racun terhadap organisme perairan. Nikel (Ni) merupakan logam berat yang mencemari air tanah maupun air permukaan baik perairan laut maupun darat seperti sungai, danau dan waduk (Kartika, 2010). Logam

Nikel (Ni) bersifat karsinogenik atau menyebabkan kanker (Notodarmojo, 2005).

Fitoremediasi merupakan salah satu proses pemulihan lingkungan tercemar dengan memanfaatkan tumbuhan (Asmadi, 2012). Pemanfaatan tanaman dalam proses remediasi ini bertujuan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik. (Fahrudin, 2010 dalam A., Aulia Nurmitha *et al.*, 2013). Keuntungan utama dari aplikasi teknik fitoremediasi dibandingkan dengan sistem remediasi lainnya adalah kemampuannya untuk menghasilkan buangan sekunder yang lebih rendah sifat toksiknya, ramah lingkungan serta lebih ekonomis. Adapun kelemahan fitoremediasi adalah waktu yang dibutuhkan lebih lama (Pratomo dkk, 2004 dalam Fahrudin, 2010 dalam A., Aulia Nurmitha *et al.*, 2013).

Hasil uji laboratorium yang telah dilakukan tanggal 12 Februari 2016 terhadap kualitas air limbah industri kecil pelapisan logam Karya Mandiri di Desa Sugihwaras Kecamatan Candi Kabupaten Sidoarjo, diperoleh kadar Nikel sebesar 4,12 mg/l. Hasil tersebut jika dibandingkan dengan Peraturan Gubernur Jatim No. 72 Tahun 2013 tentang Baku

Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya dikategorikan tidak memenuhi persyaratan yang ditentukan sebesar yaitu sebesar 1,0 mg/L.

Tanaman apu-apu (*Pistia Stratiotes L.*) merupakan salah satu tanaman air yang dapat dimanfaatkan dalam proses fitoremediasi. Tanaman air apu-apu (*Pistia Stratiotes L.*) merupakan familia *Araceae* dari genus *Pistia*, dikenal sebagai tanaman liar yang tumbuh di danau, rawa dan tepian sungai. Tanaman *Pistia stratiotes* mengakumulasi logam pada jaringan akar (Marianto, 2002 dalam Raras *et al.*, 2015).

Dalam industri tanaman ini biasanya digunakan sebagai penyerap unsur-unsur toksik pada air limbah. Tanaman air apu-apu mempunyai keunggulan dibandingkan dengan tanaman lain seperti daya berkecambah yang tinggi, pertumbuhan cepat, tingkat absorpsi atau penyerapan unsur hara dan air yang besar, mudah ditemukan dan daya adaptasi yang tinggi terhadap iklim (Fachrurrozi *et al.*, 2010).

Penelitian Dwi Puspita Raras (2015) menunjukkan kemampuan tanaman apu-apu dalam menurunkan logam berat Fe, Cd, Cu dan Pb. Adapun penurunan ditunjukkan sebesar 13.6321 mg/kg, 3.3189 mg/kg, 2.5317 mg/kg dan 4.4236 mg/kg secara berurutan pada masing-masing logam. Penurunan kadar logam berat ini diduga adanya beberapa factor yang mempengaruhi yaitu tekanan akar, kapilaritas, dan transpirasi.

Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Isnaini *et al.* (2015) tanaman air apu-apu (*Pistia stratiotes L.*) juga efektif menurunkan kadar Krom total dalam air limbah penyamakan kulit dengan nilai rerata paling kecil sebesar 0,12975 mg/l. Hasil nilai rerata tersebut sesuai dengan baku mutu air limbah sebesar 0,5 mg/l (Peraturan Gubernur Jatim No. 72 Tahun 2013).

Berdasarkan hal tersebut maka diperlukan penelitian lanjutan yang bertujuan dalam menganalisis kemampuan tanaman apu-apu (*Pistia Stratiotes L.*) dalam menurunkan logam berat Nikel (Ni).

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen murni dengan rancangan *Pretest-Posttest* dengan kelompok kontrol menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), dimana rancangan ini telah dirandomisasi baik pada kelompok eksperimen maupun kelompok kontrol. Kelompok-kelompok tersebut dianggap sama sebelum dilakukan perlakuan (Notoatmojdo, 2012). Sampel penelitian berupa sebagian limbah cair yang diambil dari industri kecil pelapisan logam Karya Mandiri. Teknik pengambilan sampel menggunakan *Grab samples*. Besar sampel sejumlah 24 sampel.

Sembilan bak uji berisi 500 mL sampel limbah cair, dan masing-masing diberi tanaman apu-apu (*Pistia stratiotes L.*) sebanyak 2 tanaman, 3 tanaman, 4 tanaman, 5 tanaman. Lama waktu kontak tanaman dilakukan secara bervariasi yaitu selama 1 hari, 3 hari, dan 6 hari. Data hasil pengukuran diolah dengan menggunakan uji statistik *One Way Anova*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Suhu dan pH Limbah Cair

Suhu limbah cair diperoleh 32°C dan pH adalah 7. Hasil ini dikategorikan memenuhi baku mutu air dan air limbah buangan industri sesuai dengan Peraturan Gubernur Jatim Nomor 72 tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.

### 2. Kadar Logam Ni Sebelum Dan Sesudah Diberi Tanaman Air Apu-Apu Selama 1 hari, 3 hari dan 6hari.

**Tabel 1**  
**REKAPITULASI RERATA KADAR LOGAM NI LIMBAH CAIR BERDASARKAN JUMLAH TANAMAN AIR**  
**APU-APU DAN LAMA WAKTU KONTAK**

Kode Sampel	Rerata Kadar Logam Ni (mg/l)	Rerata Penurunan Kadar Logam Ni	
		mg/l	%
AB1C1	3,578	0,013	0,36
AB1C2	3,328	0,263	7,32
AB1C3	2,516	1,075	29,94
AB2C1	3,505	0,086	2,4
AB2C2	3,225	0,366	10,19
AB2C3	2,188	1,403	39,07
AB3C1	3,373	0,218	6,07
AB3C2	2,191	1,4	38,99
AB3C3	1,566	2,025	56,39
AB4C1	3,187	0,404	11,25
AB4C2	2,018	1,573	43,80
AB4C3	1,038	2,553	71,09

Keterangan :

AB1C1 = 2 tanaman selama 1 hari  
 AB1C2 = 2 tanaman selama 3 hari  
 AB1C3 = 2 tanaman selama 6 hari  
 AB2C1 = 3 tanaman selama 1 hari  
 AB2C2 = 3 tanaman selama 3 hari  
 AB2C3 = 3 tanaman selama 6 hari  
 AB3C1 = 4 tanaman selama 1 hari  
 AB3C2 = 4 tanaman selama 3 hari  
 AB3C3 = 4 tanaman selama 6 hari  
 AB4C1 = 5 tanaman selama 1 hari  
 AB4C2 = 5 tanaman selama 3 hari  
 AB4C3 = 5 tanaman selama 6 hari

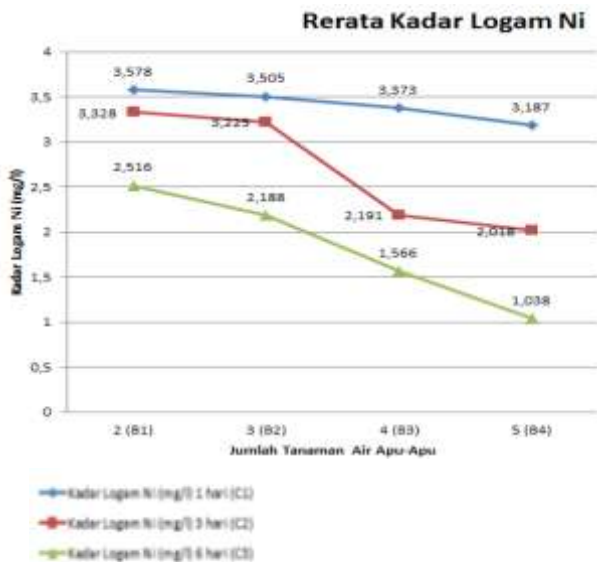
hari berturut-turut sebesar 3,187 mg/l, 2,018 mg/l dan 1,038 mg/l.

Berdasarkan lama waktu kontak diperoleh hasil rerata penurunan kadar logam Ni sebagai berikut :

Dari tabel 1 diperoleh hasil bahwa :

1. Rerata kadar logam Ni pada perlakuan dengan 2 tanaman air apu-apu selama 1 hari, 3 hari dan 6 hari berturut-turut sebesar 3,578 mg/l, 3,328 mg/l dan 2,516 mg/l.
2. Rerata kadar logam Ni pada perlakuan dengan 3 tanaman air apu-apu selama 1 hari, 3 hari dan 6 hari berturut-turut sebesar 3,505 mg/l, 3,225 mg/l dan 2,188 mg/l.
3. Rerata kadar logam Ni pada perlakuan dengan 4 tanaman air apu-apu selama 1 hari, 3 hari dan 6 hari berturut-turut sebesar 3,373 mg/l, 2,191 mg/l dan 1,566 mg/l.
4. Rerata kadar logam Ni pada perlakuan dengan 5 tanaman air apu-apu selama 1 hari, 3 hari dan 6

1. Waktu kontak 1 hari, rerata penurunan kadar logam Ni AB1C1; AB2C1; AB3C1; AB4C1 masing-masing sebesar 0,013 mg/l (0,36%); 0,086 mg/l (2,4%); 0,218 mg/l (6,07%); 0,404 mg/l (11,25%).
2. Untuk lama waktu kontak 3 hari, rerata penurunan kadar logam Ni AB1C2; AB2C2; AB3C2; AB4C2 masing-masing sebesar 0,263 mg/l (7,32%); 0,366 mg/l (10,19%); 1,4 mg/l (38,99%); 1,573 mg/l (43,80%).
3. Untuk lama waktu kontak 6 hari, rerata penurunan kadar logam Ni AB1C3; AB2C3; AB3C3; AB4C3 masing-masing sebesar 1,075 mg/l (29,94%); 1,403 mg/l (39,07%); 2,025 mg/l (56,39%); 2,553 mg/l (71,09%).



Gambar 1. Grafik Rerata Penurunan Logam Ni Berdasarkan Jumlah Tanaman Apu-Apu dan lama Waktu Kontak

Gambar 1 menunjukkan grafik kadar Ni sesudah diberi tanaman air apu-apu dengan lama waktu kontak 1 hari, 3 hari dan 6 hari telah terjadi penurunan kadar logam Ni. Penurunan kadar logam Ni paling banyak terjadi pada perlakuan dengan jumlah tanaman sebanyak 5 tanaman dengan lama waktu kontak tanaman 6 hari.

Hasil uji *One-Way Anova* dilanjutkan ke uji *Least Significance Difference (LSD)* diperoleh penurunan kadar logam Ni yang signifikan terjadi pada jumlah tanaman sebanyak 5 dengan nilai  $P=0,023 < \alpha$  dan menurut lama waktu kontak 1 hari, 3 hari dan 6 hari diperoleh hasil uji statistik dengan nilai  $P=0,000 < \alpha$ .

Penurunan kadar logam Ni ini diduga karena kemampuan akar tanaman Apu-Apu yang masih segar sehingga memiliki kemampuan yang optimal dalam melakukan penyerapan terhadap logam Ni. Menurut Ulfan dan Widya (2005), tanaman yang segar mempunyai konsentrasi dalam jaringan sel akar yang tidak terlalu pekat. Tanaman yang segar pada saat ditanam mempunyai daya serap yang optimal dibandingkan tanaman yang ditanam dengan waktu yang lama, hal ini berakibat terjadinya kejenuhan dalam jaringan akar. Faktor lain yang menyebabkan adalah sifat alami tumbuhan yaitu kecepatan tumbuh, ukuran dan kedalaman akar, kecepatan penguapan, kebutuhan makanan untuk metabolisme. Sinar matahari

berpengaruh terhadap metabolisme dalam tanaman untuk dapat melakukan penyerapan dengan sempurna.

Pada hari ke-1 sampai hari ke-6 pengujian, menunjukkan penurunan kadar logam Ni. pada hari ke-6 jauh lebih besar dibandingkan pada hari ke-1 dan ke-3. Hasil ini menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata dari sebelum perlakuan dengan sesudah perlakuan. Hal ini diduga karena pada hari ke-6 kemampuan tanaman air apu-apu (*Pistia stratiotes L.*) dalam menyerap logam Ni meningkat. Hal ini sesuai dengan pernyataan Mahyatun (2014) semakin lama tanaman ditanam maka semakin besar pula logam yang terserap oleh tanaman. Logam berat yang diberikan pada tanaman dalam jumlah tertentu dapat membantu mempercepat pertumbuhan tanaman sebagai respon positif, namun juga dapat menghambat pertumbuhan tanaman bahkan kematian tanaman sebagai respon negatif tanaman (Mangkoedihardjo dan Samudro, 2010). Secara biologi proses penyerapan unsur-unsur kimia oleh tanaman air dilakukan melalui membran sel. Kation dari unsur-unsur kimia tersebut terdapat di dalam molekul air dan dikelilingi oleh molekul air lainnya. Jadi jumlah ion yang berdifusi ke rambut-rambut akar tergantung pada jumlah molekul air yang berdifusi ke membran sel. Semakin banyak molekul air yang diserap oleh tanaman, berarti semakin banyak ion-ion logam tersebut yang masuk ke dalam tubuh tanaman (Syahputra, 2005).

Dari semua perlakuan, tanaman air apu-apu yang digunakan untuk mengolah limbah cair mengalami perubahan fisik. Perubahan warna daun dari yang semula berwarna hijau menjadi kekuningan pada ujung daunnya pada hari ke-1 dan mengalami kerontokan pada daun dan akar hingga hari ke-6. Hal ini disebabkan konsentrasi yang pekat telah merusak jaringan sel dalam daun. Sedangkan ketersediaan akan unsur hara dalam penelitian ini begitu terbatas, keseluruhan media pertumbuhan menggunakan limbah cair mengandung logam Nikel.

Proses penyerapan logam Ni oleh tanaman air apu-apu (*Pistia stratiotes*) terjadi pada bagian akar dan daun. Pada akar dan daun tanaman apu-apu sendiri mengandung fitokelatin yang banyak. Fitokelatin

merupakan enzim yang digunakan untuk mengikat ion logam (Ulfin dan Widya, 2005). Fitokelatin tersusun dari beberapa asam amino seperti sistein dan glisin. Atom belerang dalam sistein hampir dipastikan penting untuk mengikat logam tersebut. Enzim fitokelatin dijumpai bila terdapat logam dalam jumlah yang meracuni (Andika *et al.*, 2009). Enzim fitokelatin berfungsi membentuk kompleks dengan logam berat dalam tanaman, selain itu juga berfungsi sebagai detoksifikasi terhadap tanaman dari logam berat misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar dan *lateks*. Setelah logam dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam harus diangkut melalui jaringan pengangkut, yaitu *xilem* dan *floem* ke bagian tanaman lain. Untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan, logam diikat oleh molekul *khelat* (Mamonto, 2013).

Proses penyerapan tanaman air apu-apu berlangsung secara alami antara lain tahapan fitoekstraksi dan juga rhizofiltrasi. Fitoekstraksi adalah proses dimana tanaman menarik zat kontaminan dari media sehingga berakumulasi pada bagian akar tanaman. Sedangkan rhizofiltrasi adalah proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar untuk menempel pada akar (Andika *et al.* 2009). Menurut Raras (2015) proses penyerapan logam oleh tanaman air apu-apu dipengaruhi oleh 3 faktor, yaitu tekanan akar, kapilaritas dan transpirasi. Penyerapan logam berat terjadi saat transpirasi, dikarenakan transpirasi tanaman sebagai akibat meningkatnya suhu lingkungan pada siang hari. Pengambilan zat kontaminan oleh tanaman air menjadi proses pasif yang dapat dipengaruhi secara tidak langsung oleh metabolisme. Hal ini menunjukkan bahwa banyaknya tanaman air apu-apu yang digunakan dan lama waktu kontak tanaman air apu-apu dengan limbah cair mempengaruhi besarnya penurunan kadar logam Ni limbah cair.

Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya, kadar logam Ni dalam limbah cair sesudah diberi tanaman air apu-apu ini masih melebihi baku mutu sebesar 1,0 mg/l. Keberadaan logam Nikel dalam lingkungan

perairan akan berdampak bagi kesehatan jika terpapar pada manusia. Kontak langsung dengan larutan yang mengandung garam-garam Nikel dapat mengakibatkan dermatitis, sedangkan paparan akut Nikel Karbonil bisa mengakibatkan *fibrosis pulmo* atau edema ginjal. Dalam dosis yang tinggi bisa mengakibatkan kerusakan berat pada paru-paru dan ginjal serta gangguan *gastrointestinal* berupa mual, muntah, dan diare.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Penurunan kadar logam Ni paling tinggi terjadi pada perlakuan dengan jumlah tanaman sebanyak 5 tanaman dan lama waktu kontak tanaman 6 hari. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan jumlah tanaman air apu-apu dan bertambahnya waktu kontak tanaman dengan limbah cair mempengaruhi besarnya penurunan kadar logam Ni limbah cair.

### Saran

Diperlukan penelitian lanjutan mengenai kadar Nikel dalam bagian (akar, batang, daun) tanaman air apu-apu (*Pistia stratiotes*) pada waktu paparan dan jumlah tanaman yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- A., Nurmitha Aulia,; Sawang, Lawalenna, dan Zubair Achmad, 2013. Fitoremediasi Pengolahan Limbah Cair Rumah Tangga Dengan Memanfaatkan Eceng Gondok. Universitas Hasanuddin, (Online), ([http://repository.unhas.ac.id/bitstream/handle/123456789/8685/Jurnal%20ACC.docx?sequence=1.](http://repository.unhas.ac.id/bitstream/handle/123456789/8685/Jurnal%20ACC.docx?sequence=1)) , diakses pada 3 Januari 2016.
- Ahmad, Fasmi. 2009. Tingkat Pencemaran Logam Berat Dalam Air Laut Dan Sedimen Di Perairan Pulau Muna, Kabaena, Dan Buton Sulawesi Tenggara. Stasiun Penelitian Lapangan, Pusat Penelitian Oseanografi, LIPI, Ternate, Maluku Utara. Vol. 13, No. 2 : 117-124.
- Andika, Boni, dkk., 2009. Karya tulis Ilmiah-Studi Penyerapan Timbal (Pb) Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) Pada Air Permukaan Sungai Cisadane Kota Tangerang. (Online), ([https://www.academia.edu/1608705/studi\\_penyerapan\\_timbal\\_pb\\_menggunakan\\_kayu\\_apu\\_pistia\\_stratiotes\\_l\\_pada\\_air\\_permukaan\\_sungai\\_cisadane\\_kota\\_tangerang](https://www.academia.edu/1608705/studi_penyerapan_timbal_pb_menggunakan_kayu_apu_pistia_stratiotes_l_pada_air_permukaan_sungai_cisadane_kota_tangerang)), diakses pada 30 Desember 2015.
- Asmadi dan Suharno. 2012. *Dasar-Dasar teknologi Pengolahan Air Limbah*. Yogyakarta: Gosyen Publishing. Hal. 7-9, 12-13.

- Fachrurazi, M., Listiatie, B.U. dan Suryani, D. 2010. Pengaruh Variasi Biomassa *Pistia stratiotes* L. Terhadap Penurunan Kadar BOD, COD dan TSS Limbah Cair Tahu di Dusun Klero Sleman Yogyakarta. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta, ISSN : 1978-0575.
- Isnaini, A.; Rohman, F., dan Tuarita, H., 2015. Pengaruh Jenis Gulma Air Terhadap Penurunan Kadar Kromium (Cr) Dalam Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Di Kota Malang. Universitas Negeri Malang, Vol.1.No.2. (Online), (<http://jurnal-online.um.ac.id/data/artikel/artikel5A1D1F6DDAF26268B0617E358EAD8518.pdf>), diakses pada 14 Januari 2016.
- Kartika, 2010. Makalah Polusi Air. (Online). (<http://k4rti3k4.student.umm.ac.id/2010/01/22/makalah-polusi-air/>) diakses pada 12 januari 2016
- Mamonto, H. 2013. Uji Potwensi Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) Dalam Penurunan Kadar Sianida (CN) Pada Limbah Cair Penambangan Emas, Skripsi, Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu-Ilmu Kesehatan Dan Keolahragaan, Universitas Gorontalo.
- Mangkoediharjo, S . dan Samudro, G. (2010), Fitoteknologi Terapan, Graha. Ilmu Surabaya.
- Mahyatun, Wa Ode; Samang, L; Zubair, Achmad, 2014. Fitoremediasi Logam Cd Menggunakan Kombinasi Eceng Gondok Dan Kayu Apu Dengan Aliran Kontinyu. Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- Notoatmodjo, S. 2012. *Metodologi Penelitian Kesehatan – Ed. Rev.* Jakarta: Rineka Cipta. Hal. 58-59.
- Notodarmojo, S. 2005. *Pencemaran Tanah Dan Air Tanah*. Bandung: IPB.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya, (Online), ([http://www.blh.jatimprov.go.id/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&qid=57&limit=15&limitstart=0&order=date&dir=DESC&Itemid=156](http://www.blh.jatimprov.go.id/index.php?option=com_docman&task=cat_view&qid=57&limit=15&limitstart=0&order=date&dir=DESC&Itemid=156)), diakses pada 14 Januari 2016.
- Raras, D.P.; Yusuf, Bohari dan Alimuddin, 2015. Analisis Kandungan Ion Logam Berat (Fe, Cd, Cu dan Pb) Pada Tanaman Apu-Apu (*Pistia stratiotes* L.) dengan menggunakan variasi waktu. Tugas Akhir FMIPA, ISBN : 978-602-72658-0-6, (Online), ([https://fmipa.unmul.ac.id/files/docs/17.%20Dwi%20Puspita%20Raras%20\(Kimia\).pdf](https://fmipa.unmul.ac.id/files/docs/17.%20Dwi%20Puspita%20Raras%20(Kimia).pdf)), diakses pada tanggal 14 Januari 2016.
- Syahputra, Rudy. 2005. Fitoremediasi Logam Cu dan Zn dengan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia crassipes* (Mart.) Solms). LOGIKA, Vol. 2, No. 2.
- Ulfin, Ita dan W., Widya. 2005. Study Penyerapan Kromium Dengan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*, L). Akta Kimindo Vol. 1 : 41-48.