

PENGARUH VARIASI LAMA WAKTU KONTAK DAN BERAT TANAMAN APU-APU (*Pistia stratiotes* L.) TERHADAP KADAR TIMBAL PADA IRIGASI PERTANIAN

Indah Rahayuningtyas, Nur Endah Wahyuningsih, Budiyo

Bagian Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Diponegoro

Email: tyas.indahayu@gmail.com

ABSTRACT

Lead is one of heavy metals in pesticides and 80% will be wasted into the environment, thus impact on ecology and human health. The results of the preliminary study of irrigation water in Desa Siwuluh, Kecamatan Bulakamba, Brebes contains lead with an average level of 0,187 mg/l. It was signify that lead in irrigation water has exceeded the quality standard of Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.82 Tahun 2001 which is 0.03 mg/l. One of the methods used to reduce lead levels is phytoremediation by using Apu-Apu (*Pistia stratiotes* L.). The purpose of this research to determine the effect of contact time variations (3 days, 5 days, and 10 days) and weight of plant (150 grams, 200 grams and 250 grams) *Pistia stratiotes* L. to reduce lead levels in irrigation water. This type of research was the design of quasi experimental. The population of this study was irrigation water of Desa Siwuluh, Kecamatan Bulakamba, Kabupaten Brebes with the grab sampling method. The sample used in this study was 150 liters for 9 treatments with 3 repetitions and 3 controls. The method of lead level examination uses the Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). Data analysis used friedmann with level confidence 95%. The highest reduction in lead levels occurred in the 10-day contact time (100%) and there were no significant diffence in weight of water lettuce variation. The results showed that there was a significant difference lead levels in irigatiion water with tretment weight of apu-apu and contact time $p\text{-value}=0,001$ ($p<0,05$). The conclusion is *Pistia stratiotes* L. effective to reduced lead levels in irigation water in 10-day contact time.

Keyword: phytoremedation, water lettuce (*Pistia stratiotes* L.), lead, irrigation water

PENDAHULUAN

Peningkatan penggunaan bahan agrokimia dalam lahan pertanian, seperti pestisida dan pupuk merupakan sumber pencemar terhadap tanah dan air. Bahan pencemar yang ditemukan akibat kegiatan pertanian adalah nitrogen, logam berat, dan senyawa organik yang berasosiasi dengan pestisida.¹ Pestisida dalam penggunaannya tidak semuanya mengenai sasaran organisme perusak tanaman, hanya 20% saja pestisida yang tepat

mengenai sasaran, sisanya akan terlepas ke lingkungan dan mencemari tanah dan air.²

Bahan-bahan pestisida mengandung logam berat terutama timbal yang secara kumulatif dapat mengganggu kesehatan manusia dan merusak sistem ekologi yang ada.³ Pada penelitian pendahuluan yang dilakukan dengan melarutkan pestisida dithane M 45 80 WP didapatkan hasil bahwa terdapat logam berat timbal sebanyak 0,099

mg/l pada 36 gram pestisida dalam 6 liter air.

Penggunaan pupuk fosfat dan pestisida dalam pertanian merupakan salah satu sumber pencemar timbal di lingkungan. Selain itu, kadar timbal juga dipengaruhi oleh frekuensi dan jumlah pemakaian pupuk dan pestisida, kandungan timbal di udara, serta buangan limbah rumah tangga, industri, dan pertambangan. timbal bersifat *non-biodegradable* dan bersifat kumulatif di dalam tubuh yang dapat mempengaruhi sistem saraf, darah, pencernaan, kardiovaskular, dan ginjal.⁴ Hasil studi pendahuluan pada air irigasi didapatkan hasil pada Desa Klampok, Kecamatan Wanasari, dalam petakan sawah rata-rata kadar timbal adalah 0,069 mg/l, pada air irigasi di Desa Padasugih, Kecamatan Brebes didapatkan hasil kadar timbal pada *inlet* 0,037 mg/l, *outlet* 0,056 mg/l dan pada petakan sawah 0,038 mg/l, dan pada Desa Siwuluh, Kecamatan Bulakamba, Brebes dalam petakan sawah ditemukan kadar timbal yaitu 0,187 mg/l. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 baku mutu timbal dalam air yang digunakan untuk mengairi tanaman adalah 0,03 mg/L, maka hasil studi pendahuluan yang dilakukan pada tiga desa di Brebes telah tercemar logam timbal sehingga diperlukan pengolahan untuk mengurangi kandungan logam berat timbal dalam air karena timbal merupakan senyawa yang tidak dibutuhkan sama sekali oleh tubuh.

Fitoremediasi merupakan salah satu teknik untuk mengurangi kadar timbal dalam air dengan menggunakan tanaman fitoremediator. Tanaman apu-apu atau kiapu atau biasa juga disebut sebagai *water lettuce (Pistia*

stratiotes L.) dapat mengakumulasi logam berat seperti timbal karena memiliki rongga atau *aerenkim* pada penyusunnya sehingga tidak padat dan berat dan membuat tanaman ini memiliki kemampuan sebagai fitoremediator. Tanaman ini merupakan tanaman gulma yang dapat mengakumulasi Ag, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, dan Zn dengan konsentrasi mencapai 5 mm per kg biomassa yang terakumulasi pada bagian akarnya.^{5,6}

Oleh karena itu untuk menurunkan kadar bahan pencemar pada air irigasi maka dilakukan penelitian mengenai pengaruh variasi lama kontak dan variasi berat tanaman dengan fitoremediasi tanaman apu-apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam perubahan kadar timbal air irigasi pertanian.

METODE

Penelitian ini merupakan jenis penelitian *quasi experimental design* dengan rancangan penelitian *non-randomized control group pretest-posttest design* dengan 9 perlakuan dan 3 kali pengulangan. Variasi lama waktu kontak yang digunakan yaitu 3 hari, 5 hari, dan 10 hari, sedangkan variasi berat tanaman yang digunakan yaitu 150 gram (6 rumpun), 200 gram (9 rumpun), dan 250 gram (13 rumpun). Populasi dalam penelitian ini adalah air irigasi pada Desa Siwuluh, Kecamatan Bulakamba, Kabupaten Brebes. Sampel dalam penelitian ini adalah sebagian air irigasi pada Desa Siwuluh yang diambil dengan cara *grab sampling*. Analisis data menggunakan analisis univariat dan analisis bivariat. Data yang diperoleh dianalisis dengan uji normalitas data (*shapiro-wilk*), uji homogenitas, dan uji *friedmann* untuk mengetahui pengaruh antar

variabel yang dilanjutkan dengan uji lanjutan *wilcoxon Signed Rank Test* dengan tingkat kepercayaan 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada empat tahun terakhir tujuh kecamatan sentra bawang merah, yakni Kecamatan Wanasari, Jatibarang, Tanjung, Larangan, Brebes, Bulakamba, dan Songgom, menunjukkan bahwa lahan pertanian di sebagian besar sentra produksi bawang merah sudah rusak akibat pengaruh pestisida, pada akhirnya hal ini bisa mempengaruhi kualitas bawang merah.⁷ Desa Siwuluh adalah salah satu dari 19 desa yang berada di Kecamatan Bulakamba dengan luas lahan pertanian sebesar 75% dari total luas wilayah Desa Siwuluh.

Permintaan bawang merah yang meningkat tiap tahunnya membuat petani terus meningkatkan hasil tani dengan memberantas hama dengan menggunakan pestisida. Adapun frekuensi penyemprotan pestisida setiap dua hari sekali, namun akan bertambah secara dosis maupun jumlah campuran pada saat memasuki musim penghujan dan jika tanaman terserang hama. Pestisida yang digunakan dalam budidaya pertanian ini dapat menyebabkan pencemaran pada tanah, air, biji atau buah, dan tanaman, bahkan sampai ke badan air atau sungai dan perairan umum, karena pestisida mengandung logam berat, salah satunya adalah timbal.

Penggunaan pestisida pada kegiatan pertanian merupakan sumber pencemaran pada lahan pertanian, dengan bahan pencemar nitrogen, logam berat, dan senyawa organik yang berasosiasi dengan pestisida.¹ Beberapa pestisida yang sering digunakan oleh petani yang mengandung timbal yaitu jenis antracol 70 WP dengan bahan aktif

propineb 70% mengandung logam timbal sebesar 12,48 mg/kg, dithane M 45 80 WP dengan bahan aktif mankozeb 80% mengandung timbal 19,37 mg/kg dan buldog 25 EC dengan bahan aktif propineb 25 g/liter 2,04 mg/kg.⁸

Pada studi pendahuluan mengenai kandungan logam timbal pada air pertanian didapatkan hasil pada air irigasi dalam petakan sawah di Desa Siwuluh, Kecamatan Bulakamba, Brebes ditemukan kadar timbal sebesar 0,187 mg/l dengan kondisi suhu air irigasi 28°C, pH 7, berwarna coklat dan banyak mengandung partikel. Hal ini menunjukkan bahwa perairan pada lahan pertanian di Brebes memiliki kandungan timbal yang melebihi baku mutu yang telah ditetapkan yaitu 0,03 mg/L untuk golongan II.⁹

Tanaman apu-apu (*Pistia stratiotes* L.) merupakan salah satu tanaman hiperakumulator logam timbal yang dapat menyerap dan mengubah logam timbal dalam air. Tanaman apu-apu dalam penelitian ini diambil dari suatu area perairan di rawa pening sekitar Tuntang, Salatiga dengan kriteria jumlah daun 5-10 helai, diameter 5-15 cm dan panjang akar 5-20 cm. Sebelum perlakuan, tanaman diaklimatisasi selama 7 hari dengan menggunakan *aquadest* yang sebelumnya ibersihkan terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada akar tanaman. Aklimatisasi ini bertujuan memberikan waktu untuk tanaman beradaptasi sebelum dilakukan perlakuan sehingga tanaman tidak mudah mati akibat lingkungan yang kurang nutrisi.

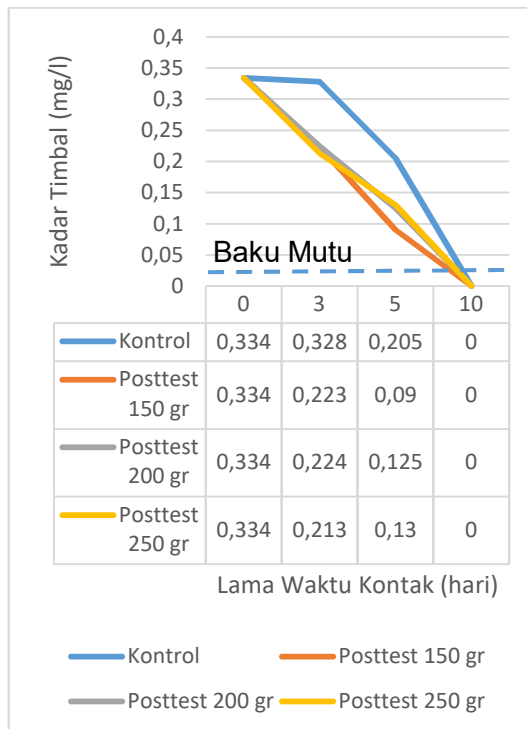
Tabel 1 Hasil Uji Kadar Timbal Sebelum Perlakuan

Pengulangan Ke	Kadar Timbal (mg/l)
Ulangan 1	0,362
Ulangan 2	0,255
Ulangan 3	0,386
Rata-rata	0,334
Minimum	0,255
Maksimum	0,386

Hasil *pretest* menunjukkan adanya kandungan logam timbal pada irigasi pertanian dalam petakan sawah Desa Siwuluh, Kecamatan Bulakamba, Brebes, dengan rata-rata sebesar 0,334 mg/L yang menunjukkan air irigasi telah melebihi baku mutu yang telah ditetapkan yaitu 0,03 mg/L. Adanya perbedaan kadar timbal pada uji pendahuluan dan *pretest* dikarenakan kandungan timbal pada air irigasi dapat berubah-ubah yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti frekuensi dan jumlah pemakaian pupuk pertanian dan pestisida, lokasi pengambilan sampel yang dipengaruhi oleh asap kendaraan bermotor, buangan limbah rumah tangga, industri dan pertambangan.⁸ Selain itu, sumber masuknya logam berat timbal dapat juga berasal dari timbal di udara yang terbawa oleh angin dan hujan.¹⁰ Kandungan timbal pada tanah dan sedimen pada lahan pertanian juga dapat mempengaruhi kadar timbal pada perairan irigasi yang dapat terkikis oleh air saat hujan dan akan masuk ke dalam perairan dan membuat irigasi pertanian tercemar logam berat.¹¹ Pada penelitian ini tidak dilakukan pengukuran kandungan logam berat timbal pada tanah, tetapi berdasarkan hasil survei di sentra produksi bawang merah di Kabupaten Tegal dan Brebes menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar Pb dalam tanah yang semakin jauh dari jalan raya.¹²

Desa Siwuluh berjarak sekitar 5,4 km dari jalan Raya Pantura, sehingga kemungkinan dalam tanah pertanian tersebut juga terdapat unsur logam berat timbal dengan kadar yang lebih tinggi dari yang ada pada perairan irigasi.¹³

Hasil laboratorium menunjukkan adanya penurunan kadar timbal pada air irigasi setelah perlakuan dan menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak dan berat tanaman apu-apu dengan jumlah yang berbeda, maka proses fitoremediasi dapat berjalan dengan baik. Penurunan kadar timbal pada kelompok perlakuan dapat terjadi karena proses penyerapan unsur timbal oleh tanaman, terutama oleh akar pada saat tanaman melakukan proses fotosintesis. Tingginya akumulasi logam pada akar disebabkan tumbuhan menyerap unsur hara beserta logam yang ada dari air melalui akar dalam bentuk ion, baik kation maupun anion. Untuk mencegah keracunan logam berat dalam tanaman, tanaman akan menimbun logam tersebut dalam organ tertentu, seperti akar dan daun. Selain itu, penyerapan yang terjadi pada tanaman apu-apu karena adanya proses Bergeraknya ion logam dari konsentrasi yang lebih tinggi ke konsentrasi rendah dalam membran sel tanaman.¹⁴



Gambar 1 Penurunan Konsentrasi Kadar Timbal

Pengamatan visual yang dilakukan selama perlakuan menunjukkan tanaman apu-apu mulai mengalami perubahan fisik pada hari pertama yaitu beberapa daun mulai mengerut dan pada hari kedua beberapa daun pada tanaman apu-apu mulai berubah warna kuning pada ujung daunnya. Hal ini terjadi karena tanaman air bioakumulator memiliki mekanisme akumulasi logam berat timbal sehingga tidak berbahaya bagi pertumbuhan tumbuhan dengan cara menyimpan banyak air untuk mengencerkan logam berat timbal yang diserap sehingga dapat mengurangi toksisitasnya, tumbuhan akan membentuk khelat berupa fitokhelatin untuk mengikat logam timbal, kemudian diikat oleh atom belerang pada fitokhelatin. Timbal yang telah diikat oleh fitokhelatin akan masuk ke dalam sel akar melalui transpor aktif, selanjutnya akan diangkut oleh jaringan floem dan xilem. Timbal yang telah masuk

ke dalam tubuh tumbuhan akan dieksresikan dengan cara menggugurkan daunnya yang sudah tua atau menggugurkan anakan akar tumbuhan. Selain itu, pada daun jika timbal melebihi ambang batas toleransi maka akan terjadi kerusakan jaringan epidermis, bunga karang, dan jaringan pagar yang ditandai dengan klorosis dan nekrosis.¹⁵

Tabel 2 Hasil Uji Kadar Timbal Kelompok Kontrol

Kelompok Kontrol	Kadar Pb (mg/l)		Selisih (mg/l)
	Pre	Post	
Perlakuan 3 hari	0,334	0,328	0,006
Perlakuan 5 hari	0,334	0,205	0,129
Perlakuan 10 hari	0,334	ND/ 0,00*	0,334
Rata-rata	0,334	0,178	0,156
Minimum	0,334	0,000	0,006
Maksimum	0,334	0,328	0,334

Pada kelompok kontrol, air irigasi yang didiamkan dalam bak uji tanpa dikontakkan dengan tanaman apu-apu (*Pistia stratiotes* L.) selama 3, 5, dan 10 hari menunjukkan penurunan dengan rata-rata 0,156 mg/l (46,7%). Penurunan kadar timbal dalam kelompok kontrol terjadi karena adanya proses penguapan. Timbal yang dapat larut dalam air adalah timbal asetat ($Pb(C_2H_3O_2)_2$), timbal klorat ($Pb(ClO_3)_2$), timbal nitrat ($Pb(NO_3)_2$), dan timbal stearat ($Pb(C_{18}H_{35}O_2)_2$). Timbal sintetis memiliki sifat mudah menguap ke udara dalam bentuk timbal oksida (PbO) atau timbal dioksida $Pb(O_2)_2$.¹⁵ Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Oktaviana (2015) bahwa terjadi penurunan timbal pada kelompok kontrol (tanpa tanaman genjer) dengan konsentrasi awal 19,159 mg/l dan setelah 12 hari terjadi

penurunan konsentrasi timbal sebanyak 99,27%.¹⁶

Pada proses fitoremediasi dipengaruhi oleh beberapa kondisi lingkungan seperti kerapatan tanaman, suhu, pH dan sinar matahari. Kerapatan tanaman dapat mempengaruhi proses fitoremediasi, semakin kecil kerapatan tanaman maka semakin sedikit nutrisi yang diperoleh oleh tanaman dan sebaliknya. Kerapatan tanaman akan mempengaruhi pertumbuhan dan proses penguapan karena akan berpengaruh pada proses penguapan dan zat organik yang diserap. Hasil perhitungan kerapatan tanaman menunjukkan bahwa semakin banyak tanaman yang ada dalam wadah maka semakin kecil ruang gerak per tanaman. Hal ini diperkuat dengan penurunan kadar timbal dan perubahan fisik tanaman. Pada perlakuan dengan waktu kontak 5 hari, variasi berat tanaman 150 gram penurunannya lebih besar daripada variasi berat tanaman 200 gram dan 250 gram.

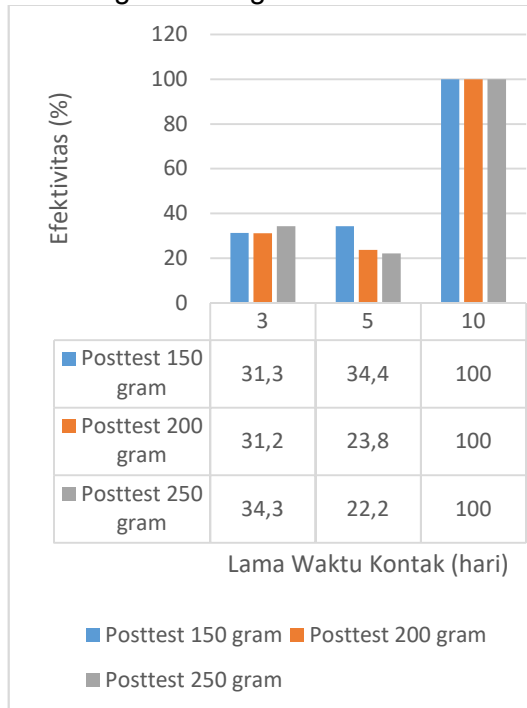
Pada penelitian ini, pH awal dari air irigasi adalah 7 dan tidak mengalami perubahan selama perlakuan berlangsung. Hal ini sesuai dengan peraturan yang ada bahwa pH untuk air golongan II pH yang diperbolehkan adalah 6-9 dan pH optimum untuk pertumbuhan tanaman adalah 6-8. Nilai pH akan mempengaruhi kelarutan logam berat timbal karena kenaikan pH pada badan perairan biasanya akan diikuti dengan semakin kecilnya kelarutan dari senyawa-senyawa logam, begitu pula sebaliknya. Penurunan pH pada perairan menyebabkan toksisitas logam berat semakin besar.¹⁷

Hasil pengukuran suhu awal adalah 26°C dan relatif sama dan mengalami fluktuasi yang tidak jauh berbeda setiap harinya selama

perlakuan berlangsung yaitu dengan rata-rata 26°C. Suhu ini masih berada pada suhu optimum untuk pertumbuhan tanaman yaitu sekitar 25-30°C. Perubahan suhu yang terjadi dalam bak perlakuan dipengaruhi oleh cuaca dan intensitas penyinaran matahari yang tidak tetap. Namun fluktuasi yang terjadi dalam penelitian ini tidak mencapai selisih yang terlalu besar. Suhu lingkungan secara tidak langsung akan mempengaruhi evaporasi dan evapotranspirasi. Peningkatan suhu akan berpengaruh terhadap tingkat penyerapan, karena suhu berkaitan dengan metabolisme dan fotosintesis tumbuhan. Menurut Hidayat dalam Ikawati, semakin tinggi suhu lingkungan, maka kemampuan tanaman dalam menyerap ion akan semakin meningkat.¹⁸ Suhu 25-30°C merupakan suhu yang optimum untuk proses fitoremediasi tumbuhan air. Selain mempengaruhi laju transpirasi, suhu juga mempengaruhi kadar oksigen dalam air. Penyerapan ion logam tidak sepenuhnya terakumulasi oleh tumbuhan, karena ion logam dapat berpindah dari air melalui proses pengupuan dengan cara berikatan dengan oksigen dan membentuk ion-ion baru. Oksigen ikut bereaksi dengan air pada air irigasi dan akan berikatan dengan ion logam.

Intensitas sinar matahari pada penelitian ini dikendalikan dengan meletakkan bak di luar ruangan yang di atasnya terdapat kanopi dengan pencahayaan sinar matahari yang cukup untuk proses fotosintesis tumbuhan dan menghindari air irigasi tercampur air hujan karena akan mempengaruhi proses metabolisme tanaman. Pengamatan cuaca oleh peneliti selama penelitian yaitu relatif cerah setiap harinya. Meskipun pada hari

kedua, keempat, dan kelima cuaca mendung ada siang hari.



Gambar 2 Efektivitas Penurunan Kadar Timbal

Tingkat efektivitas lama waktu kontak dan berat tanaman apu-apu sebagai fitoremediator logam timbal pada air irigasi dapat dilihat berdasarkan hasil pemeriksaan sebelum dan sesudah perlakuan. Semakin lama waktu kontak dan semakin besar berat tanaman yang digunakan maka nilai efektivitas penurunan kadar timbal semakin besar. Rata-rata efektivitas tertinggi pada perlakuan waktu kontak 10 hari yaitu 100% dan tidak ada perbedaan signifikan pada perlakuan dengan berat tanaman 150 gram, 200 gram maupun 250 gram. Pada waktu kontak 5 hari, perlakuan dengan berat tanaman 150 gram efektivitas penurunan lebih besar jika dibandingkan pada variasi berat tanaman 200 gram dan 250 gram. Hal ini terjadi karena pada variasi berat 200 gram dan 250 gram lebih padat sehingga ruang gerak tanaman menjadi lebih terbatas dan

mempengaruhi tanaman dalam memperoleh nutrisi. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Urifah pada variasi berat 35 gram dan 40 gram lebih kecil penurunan Timbalnya dibandingkan dengan variasi berat 30 gram. Hal ini disebabkan karena tanaman *Hydrilla* mulai mengalami kejenuhan dalam mengakumulasi logam berat. Perpindahan logam berat dari lingkungan ke dalam tumbuhan merupakan bagian dari konsep perpindahan energi. Tumbuhan juga memiliki tingkat kejenuhan dalam mengakumulasi logam berat dalam organiknya.¹⁹

Untuk mengetahui pengaruh interaksi lama waktu kontak dan berat tanaman dalam menurunkan kadar timbal pada irigasi pertanian, dilakukan uji beda *friedmann* dengan menggunakan aplikasi SPSS. Pada hasil uji *friedmann* didapatkan hasil nilai *p-value* = 0,001 ($p < 0,05$), sehingga H_a diterima dan H_0 ditolak. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh antara berat tanaman dan waktu kontak terhadap penurunan kadar timbal. Hal ini diperkuat pada hasil uji *Wilcoxon Signed Rank Test* yang menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kadar timbal dengan berat tanaman dan kadar timbal dengan waktu kontak. Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Urifah tahun 2017 dengan menggunakan tanaman *Hydrilla verticillata*, diperoleh nilai signifikansi pada perlakuan berat dan waktu yaitu sebesar 0,000 ($p < 0,05$) sehingga adanya pengaruh kadar timbal dalam daun *Hydrilla verticillata* terhadap variasi berat tanaman dan lama waktu kontak.¹⁹

Hasil uji *Mann Whitney* menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada kelompok

waktu kontak 3 hari dengan 10 hari dan kelompok waktu kontak 5 hari dengan 10 hari, tetapi tidak ada perbedaan yang signifikan pada masing-masing variasi berat tanaman. Dapat disimpulkan bahwa tanaman apu-apu efektif dalam menurunkan kadar timbal pada air irigasi dengan waktu kontak 10 hari dengan berat tanaman 150 gram.

KESIMPULAN

Tanaman apu-apu (*Pistia stratiotes* L.) efektif dalam menurunkan kadar timbal pada air irigasi pertanian dengan waktu kontak 10. Hasil analisis menunjukkan ada pengaruh signifikan antara variasi lama waktu kontak dan berat tanaman terhadap penurunan kadar logam Timbal pada air irigasi $p\text{-value}=0,001$ ($p<0,05$). Penurunan dan efektivitas tertinggi terjadi pada perlakuan dengan lama waktu kontak 10 hari yaitu 100% dengan tidak adanya perbedaan antara masing-masing variasi berat tanaman dan telah berada dibawah baku mutu yang ada yaitu 0,03 mg/l. Berdasarkan perhitungan interpolasi waktu kontak yang diperlukan oleh tanaman adalah 7 hari untuk mencapai baku mutu yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sutanto R. Pencemaran Tanah dan Air Tanah Oleh Pestisida dan Cara Menanggulangnya. Vol. 7, Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia. 2001. p. 9–15.
2. Djojosumarto P. Pestisida dan Aplikasinya. Jakarta: PT Agromedia Pustaka; 2008. 55–68 p.
3. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Pencemaran Bahan Agrokimia Perlu Diwaspadai.
4. World Health Organization. *Exposure to Lead: A major public health concern*. World Heal Organ. 2010;6.
5. Gupta R, Tripathi P, Kumar R, Sharma A, Mishra A. *Pistia stratiotes* (Jalkumbhi). Pharmacogn Rev. 2010;4(8):153.
6. Gratão PL, Prasad MNV, Cardoso PF, Lea PJ, Azevedo RA. *Phytoremediation: Green technology for the clean up of toxic metals in the environment*. Brazilian J Plant Physiol. 2005;17(1):53–64.
7. Puspitasari, Kiloes AM. Perilaku Petani dalam Menggunakan Pestisida di Sentra Produksi Bawang Merah Kabupaten Brebes. Agroinovasi Spesifik. 2016;605–12.
8. Hartini E. Kadar plumbum (Pb) dalam umbi bawang merah di kecamatan Kersana kabupaten Brebes. J Visikes. 2011;10(1):69–75.
9. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. 2001 p. 1–32.
10. Murhiani, Sabrina T, Sumono. Penurunan Logam Berat Timbal (Pb) pada Kolam Biofiltrasi Air Irigasi Dengan Menggunakan Tanaman Air (Aquatic Plant). J Ilmu Pertan Kultiv. 2011;5(2):1–8.
11. Marthana WSM, Soeprbowati TR, Izzati M. Bioakumulasi Timbal (Pb) oleh *Hydrilla verticillata* L.f. Royle di Danau Rawapening, Ambarawa Semarang. J Sains dan Mat. 2014;22(2):52–9.
12. Nurjaya, Zihan E, Saeni MS. Pengaruh Amelioran terhadap Kadar Pb Tanah, Serapannya

- Serta Hasil Tanaman Bawang Merah pada Inceptisol. J Ilmu-Ilmu Pertanian Indones. 2006;8(2):110–9.
13. Mance G. *Pollution Threat of Heavy Metals in Aquatic Environments*. New York: Elsevier Applied Science; 1987.
 14. Ulfan I, Widiastuti N. Studi Penyerapan Kromium dengan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*). J Jur Kim FMIPA ITS. 2005;60111.
 15. Oktaviani R, Rachmadiarti F, Wisanti. Potensi *Pistia stratiotes* dan *Spirogyra* Sebagai Agen Fitoremediasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Perairan. Lentera Bio. 2014;3(3):276–81.
 16. Oktaviani I, Hanifah TA, Kartika GF. Potensi Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) sebagai Fitoremediator Ion Timbal (II). JOM FMIPA. 2015;2(2).
 17. Fujiastuti, Said I, Sakung J. Akumulasi Logam Timbal (Pb) dan Logam Tembaga (Cu) dalam Udang Rebon (*Mysis . Sp*) di MUara Sungai Palu. J Akad Kim. 2013;2(3):128–33.
 18. Ikawati S, Zulfikar A, Azizah D. Efektivitas dan Efisiensi Fitoremediasi pada Deterjen dengan Menggunakan Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*). Manaj Sumber Daya Perair. 2012;1–7.
 19. Urifah D, Zakiyah U, Kusriani, B.C. H, Y. R. Adsorpsi Logam Timbal (Pb) oleh Tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*). J Ris Teknol Ind. 2017;11(2):100–8.