

AKUMULASI LOGAM TIMBAL (Pb) PADA KANGKUNG DARAT (*Ipomoea reptans Poir*)

ACCUMULATION OF LEAD IN WATER SPINACH (*Ipomoea reptans Poir*)

^{1*}Denalis Rohaningsih, dan ²Barti Setiani Muntalif

^{1,2} Program Studi Magister Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl Ganesha 10 Bandung 40132

*¹denalis_25@yahoo.com, dan ²barti_setiani@yahoo.com

Abstrak: Timbal, salah satu logam berat yang berbahaya terhadap organisme dan lingkungan, ditemukan dalam limbah yang berasal dari kawasan industri tekstil Leuwigajah, Cimahi. Selain memiliki kelarutan yang baik dalam air dan dapat terakumulasi di dalam tanah, tanaman yang tumbuh di lahan tercemar dapat menyerap substansi yang berbahaya ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji sejauh mana logam timbal dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Pada penelitian ini hanya dikaji pengaruh akumulasi timbal pada tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptans Poir*). Selain konsentrasi timbal, pengaruh kehadiran kromium dalam tanah ikut dikaji pada penelitian ini. Penelitian diawali dengan (1) karakterisasi awal sampel tanah dari lokasi studi, (2) rancangan penanaman, (3) penanaman kangkung darat, (4) panen/pengambilan sampel, dan (5) analisis logam. Konsentrasi timbal mulai dianalisis pada kangkung darat berumur satu minggu. Analisis logam timbal dilakukan menggunakan metode spektrofotometri serapan atom. Dibuat empat variasi media tanam. Berdasarkan hasil pengukuran, logam timbal paling banyak terakumulasi di bagian akar kangkung darat kecuali kangkung darat variasi A dan variasi C yang mengakumulasi lebih banyak di bagian batang. Hingga hari ke-25, konsentrasi timbal dalam jaringan tanaman kangkung darat semua variasi belum melebihi baku mutu, yakni $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$. Kangkung darat variasi C memiliki kandungan timbal dengan jumlah tertinggi pada keseluruhan jaringan tanamannya ($245,22 \text{ mg kg}^{-1}$). Akumulasi timbal paling banyak terjadi pada bagian batang ($89,18 \text{ mg kg}^{-1}$). Adanya kromium di dalam media tanam variasi C dan variasi D menyebabkan akumulasi logam timbal menurun. Penambahan pupuk pada media tanam variasi B dan variasi D terbukti menurunkan akumulasi timbal dalam jaringan tanaman kangkung darat. Pengaruh logam pada pertumbuhan kangkung darat mulai terlihat pada hari ke-10. Terjadi klorosis pada beberapa daun kangkung darat variasi C. Semua variasi kangkung darat memiliki nilai faktor biokonsentrasi < 1 (variasi A = 0,32; variasi B = 0,33; variasi C = 0,34; variasi D = 0,36). Hanya kangkung darat variasi B yang memiliki nilai faktor translokasi < 1 . Nilai ini dibuktikan dengan akumulasi timbal yang paling tinggi di bagian akar.

Kata kunci: timbal, kromium, kangkung darat, *Ipomoea reptans Poir*, akumulasi

Abstract : Lead, a heavy metal that harms different organisms, has been found in the waste of the garment industry in industrial area of Leuwigajah, Cimahi. As lead accumulated easily in water and soil via waste being discharged into the environment, plants in the contaminated area can absorb this hazardous substance. This situation calls into an assessment of "to which extent the toxicity of lead can impact the growth of plants". Within the research scope, only water spinach (*Ipomoea reptans Poir*) will be studied. Beside the dose of lead, the study also takes the presence of chromium into consideration. The sequences of research include: (1) An initial measurement of soil from sampling site, (2) planting design, (3) plantation of water spinach, (4) harvest/sampling, and (5) analysis of metal. Lead concentration analysis begin with one-week-old water spinach. Analysis of lead performed by atomic absorption spectrophotometry method. Four variations of planting medium has been made. The result showed that lead mostly accumulated in root except variant A and variant C which accumulate more lead in stem. Until day 20th, lead concentration in water spinach plant tissues not yet exceed the regulation for maximum lead in vegetables (0.5 mg kg^{-1}). Water spinach variant C has the highest amount of lead in its tissues ($245.22 \text{ mg kg}^{-1}$). Lead mostly accumulated in stem part (89.18 mg kg^{-1}). The presence of chromium in planting medium variant C and variant D decreases the accumulation of lead. Addition of fertilizer in planting medium variant B and variant D proven decreases the accumulation of lead in plant tissues. Effect of metal presence on water spinach growth seen at day 10th. There is chlorosis in leaves of water spinach variant C. All of water spinach variations have bioconcentration value below 1 (variant A = 0.32; variant B =

0.33; variant C = 0.34; variant D = 0.36). Only water spinach variant B that has translocation value below 1. This value has proven by highest lead accumulation in its root.

Key words: lead, chromium, water spinach, *Ipomoea reptans* Poir, accumulation

PENDAHULUAN

Peningkatan populasi penduduk bumi memicu perkembangan industri di berbagai belahan dunia. Pencemaran lingkungan merupakan salah satu dampak kegiatan industri. Pada setiap kegiatan industri pasti dihasilkan produk samping yang menjadi limbah. Limbah industri pada akhirnya akan dibuang ke lingkungan. Walaupun telah diolah, limbah yang mungkin masih mengandung bahan berbahaya yang dapat memberikan dampak buruk bagi organisme dan lingkungannya (Marcussen, *et.al*, 2008).

Salah satu bahan berbahaya yang terkandung dalam limbah adalah logam. Di alam, logam terdapat dalam mineral. Logam dapat digunakan sebagai bahan baku industri. Tidak hanya langsung dilebur pada proses produksi, logam juga dapat direaksikan dengan bahan lainnya. Salah satu unsur logam yang berbahaya bagi lingkungan adalah logam timbal (Pb).

Logam timbal dapat larut dalam air dan terakumulasi di dalam tanah sehingga dapat diserap oleh tanaman. Pencemaran lingkungan oleh limbah yang mengandung logam timbal dapat menyebabkan tanaman konsumsi yang tumbuh di sekitar lokasi tersebut menjadi mengandung logam timbal (Kohar, *et.al*, 2004). Akumulasi logam timbal dalam tanaman dapat menyebabkan gagal panen (Nugraha, 2012). Kesehatan manusia dan hewan dapat terganggu jika mengonsumsi bahan makanan mengandung logam timbal. Pada konsentrasi tertentu, logam timbal dapat menurunkan fungsi syaraf, organ pencernaan, bahkan menyebabkan kematian (Lang, *et al.*, 2008).

Logam timbal merupakan logam berat. Menurut PP Nomor 18 tahun 1999 jo PP 85 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah B3, logam timbal yang dihasilkan beberapa jenis industri dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), misalnya limbah industri tekstil. Pada industri tekstil, logam timbal biasanya digunakan pada proses pewarnaan, pencucian, serta sebagai bahan anti jamur (Tuzen, *et.al.*, 2008)

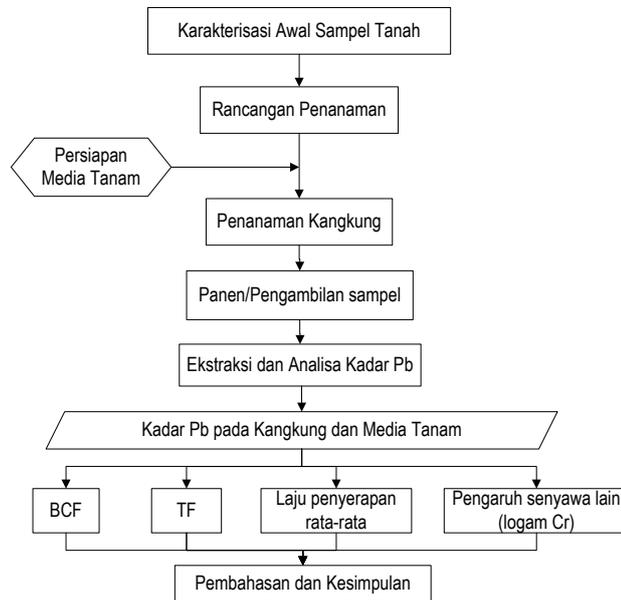
Terdapat suatu kawasan industri tekstil di Kabupaten Cimahi. Lahan pertanian warga berada di antara bangunan pabrik dan gudang penyimpanan. Selain padi, lahan pertanian ditanami jagung dan sayuran lainnya, di antaranya adalah kangkung. Air sungai yang mengalir lahan pertanian berwarna hitam pekat dan berbau. Saluran irigasi di daerah ini telah bercampur dengan limbah pabrik di sekitarnya. Diduga tanaman di lahan pertanian telah tercemar. Pada penelitian ini dilakukan kajian sifat toksik logam timbal terhadap salah satu tanaman sayur yang banyak ditemukan di lokasi studi, yaitu kangkung darat.

Dilakukan kuantifikasi akumulasi logam timbal oleh kangkung darat untuk dapat mengetahui sejauh mana logam timbal mempengaruhi pertumbuhan kangkung darat. Selain timbal, faktor lingkungan lain dapat mempengaruhi pertumbuhan kangkung darat. Oleh karena itu, dilakukan pula pengamatan pengaruh pemupukan dan keberadaan logam kromium terhadap proses akumulasi logam timbal dalam kangkung darat. Beberapa parameter yang dianalisa pada penelitian ini, meliputi waktu panen, konsentrasi timbal, konsentrasi kromium, faktor biokonsentrasi, faktor translokasi, laju akumulasi timbal dan morfologi kangkung darat saat pengambilan sampel (panjang akar, tinggi batang, serta lebar dan panjang daun).

METODOLOGI

Penelitian dilakukan di Laboratorium Air, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung sedangkan penanaman tanaman dilakukan di *greenhouse* lantai 7 Gedung PAU, Institut Teknologi Bandung. Bagan alir metodologi penelitian diperlihatkan pada **Gambar 1**. Penelitian ini diawali dengan karakterisasi awal sampel tanah dan tanaman kangkung darat yang berasal dari lahan pertanian sekitar kawasan industri Leuwigajah, Kecamatan Cimahi Selatan. Pengambilan sampel dilakukan secara random dan komposit sesuai

dengan prosedur EPA/600/R-92/128. Hasil karakterisasi awal dijadikan sebagai dasar rancangan penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Kadar logam Pb hasil karakterisasi awal sampel tanah dijadikan sebagai acuan rancangan penanaman. Pada penelitian ini, digunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK). Media tanam divariasikan menjadi empat, yaitu:

- media tanam dengan penambahan timbal (variasi A),
- media tanam dengan penambahan timbal dan pupuk (variasi B),
- media tanam dengan penambahan timbal dan kromium (variasi C), serta
- media tanam dengan penambahan timbal, kromium dan pupuk (variasi D).

Sebagai pembanding, dibuat kontrol, yakni media tanam tanpa diberi perlakuan. Setiap variasi media tanam dibuat dua replika. Logam timbal dan kromium masing-masing berasal dari larutan baku $Pb(NO_3)_2$ dan $K_2Cr_2O_7$ sedangkan pupuk yang digunakan adalah pupuk urea.

Kangkung darat yang digunakan berasal dari bibit. Pada penelitian ini digunakan tanah Lembang sebagai media tanam kangkung darat. Sebelum digunakan, kadar logam timbal dan kromium media tanam dianalisa terlebih dahulu agar dapat dibuat media tanam berkarakteristik menyerupai tanah di lokasi studi. Penanaman pada media tanam dengan variasi perlakuan dilakukan setelah satu minggu penyemaian bibit kangkung darat.

Ekstraksi tanah dan kangkung darat dilakukan setiap 5 hari. Ekstraksi dilakukan dengan metode destruksi basah menggunakan larutan HNO_3 pekat dan H_2O_2 30% dengan perbandingan 6:2. Digunakan metode spektrofotometri serapan atom untuk menganalisa kadar timbal dan kromium pada masing-masing sampel. Satuan konsentrasi yang digunakan pada penelitian ini adalah $mg\ kg^{-1}$.

Selain kadar timbal dan kromium, parameter lain yang diamati pada penelitian ini adalah pH tanah, panjang akar, tinggi batang, serta lebar dan panjang daun. Faktor biokonsentrasi dan faktor translokasi dihitung untuk mengetahui kemampuan tanaman kangkung darat dalam mengakumulasi logam dan menyalurkan logam ke bagian-bagian tubuhnya. Selain faktor biokonsentrasi dan faktor translokasi, dihitung laju penyerapan logam timbal oleh kangkung darat. Persamaan-persamaan yang digunakan pada penelitian ini diuraikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Persamaan yang digunakan dalam penelitian (Liong, 2010)

No	Parameter	Persamaan
1	Faktor Biokonsentrasi	$\frac{\text{Rataan [Pb] dalam jaringan tanaman (mg/kg)}}{[\text{Pb}] \text{ yang ditambahkan dalam tanah (mg/kg)}}$
2	Faktor Translokasi	$\frac{[\text{Pb}] \text{ dalam daun (mg/kg)}}{[\text{Pb}] \text{ dalam akar (mg/kg)}}$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Karakterisasi Awal Sampel Tanah

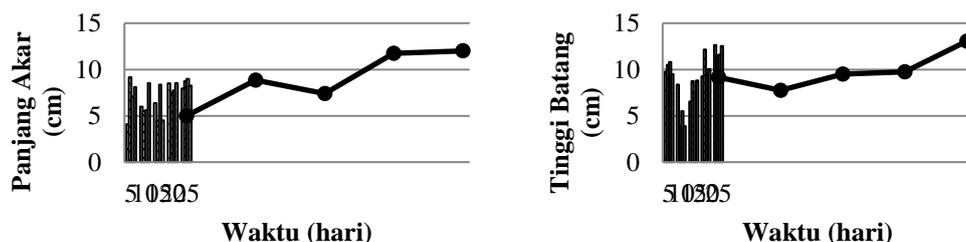
Hasil karakterisasi awal sampel tanah dan kangkung darat diuraikan pada **Tabel 2** di mana sampel tanah pertanian mengandung $\pm 649 \text{ mg kg}^{-1}$ ppm timbal dan $\pm 28 \text{ mg kg}^{-1}$ kromium. Menurut Dewi (2009), kadar timbal di dalam tanah yang belum terpolusi adalah 2-300 mg kg^{-1} sehingga dapat dikatakan bahwa sampel tanah telah terpolusi timbal. Menurut Kohar (2004), asupan timbal dengan dosis melebihi 2 ppm/hari dapat mengganggu pertumbuhan kangkung darat. Berdasarkan hasil analisa, kangkung darat yang berasal dari lokasi studi masih dikategorikan beresiko untuk dikonsumsi karena kadar timbal melebihi baku mutu kadar timbal dalam sayuran sesuai SNI 7387:2009, yakni $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$.

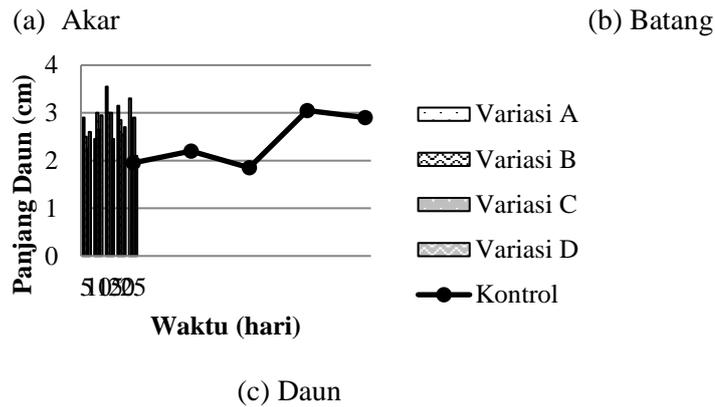
Tabel 2. Hasil Karakterisasi awal sampel tanah dan kangkung darat Leuwigajah, Kabupaten Cimahi Selatan

No	Nama Sampel	pH	Pb (mg/kg)	Cr (mg/kg)
1	Titik 1	5,9	709,64	24,15
2	Titik 2	6,3	594,67	22,97
3	Titik 3	6	620,45	22,32
4	Akar	-	62,22	-
5	Batang	-	54,89	-
6	Daun	-	63,11	-

Pertumbuhan Tanaman Kangkung Darat

Hingga hari ke-15, tanaman kangkung darat semua variasi memiliki pola pertumbuhan yang sama dengan tanaman kontrol. Setelah hari ke-20, tanaman kangkung darat dengan media tanam yang diberi perlakuan tumbuh lebih lambat dibanding tanaman kontrol. **Gambar 2** menunjukkan grafik pertumbuhan tanaman kangkung darat. Kangkung darat variasi A mengalami penurunan tinggi batang dan lebar daun pada hari ke-15. Penurunan dapat terjadi akibat pengaruh timbal yang tercampur pada media tanam.

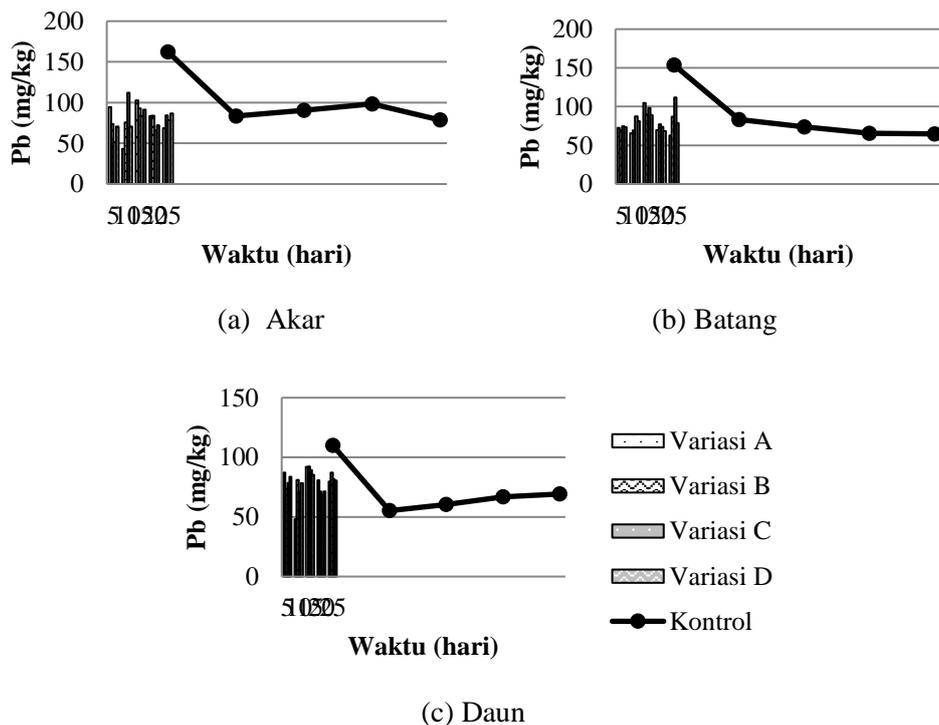




Gambar 2. Pertumbuhan jaringan tanaman kangkung darat

Akumulasi Timbal pada Kangkung Darat

Gambar 3 menunjukkan akumulasi timbal pada jaringan tanaman kangkung darat. Tanaman kontrol dan semua variasi kangkung darat memperlihatkan kecenderungan yang sama, yakni lebih mengakumulasi timbal di jaringan akar. Berdasarkan **Gambar 3(b)**, dapat terlihat bahwa pada hari ke-15, akumulasi timbal pada kangkung darat variasi A dan variasi C lebih banyak terjadi di bagian batang.

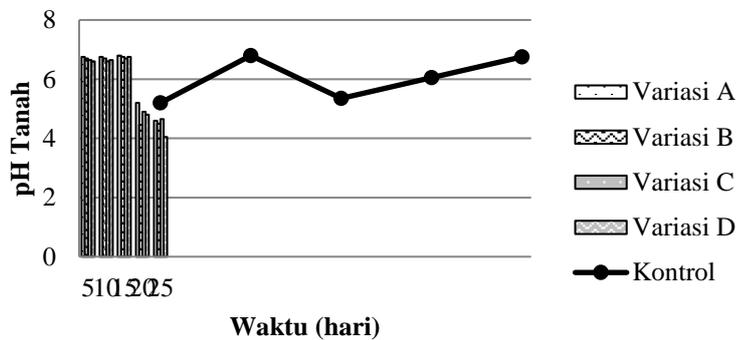


Gambar 3. Tingkat akumulasi Pb pada jaringan tanaman kangkung darat

Pada awal masa pertumbuhannya, tanaman kontrol menyerap timbal paling banyak daripada kangkung darat variasi lainnya. Selain tidak ada interaksi antar unsur-unsur dalam tanah yang dapat memperlambat pengambilan substansi ke dalam tubuh tanaman, kondisi fisik media tanam juga mempengaruhi proses penyerapan logam oleh tanaman. Salah satu parameter yang mempengaruhi proses penyerapan unsur kimia oleh tanaman dari dalam tanah adalah pH (Connel, 1995).

Pada minggu pertama penanaman, media tanam tanaman kontrol memiliki pH terendah dibandingkan media tanam variasi lainnya. Logam pada umumnya larut baik pada pH rendah.

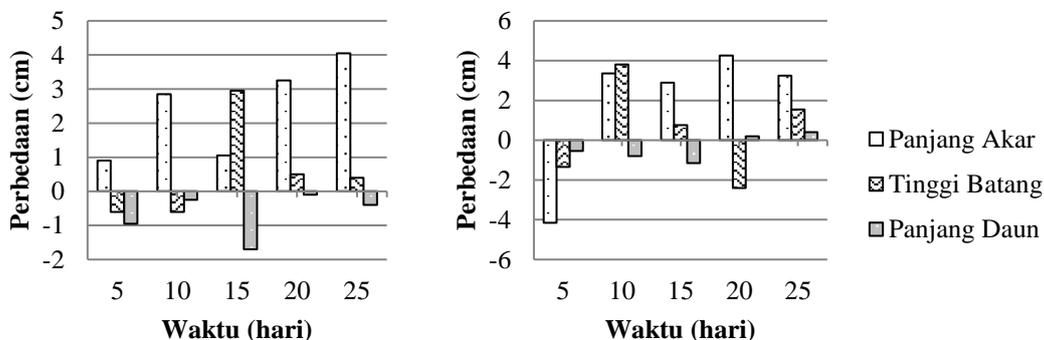
Oleh karena itu, timbal sangat mudah diserap oleh tanaman kontrol pada masa awal pertumbuhan. Kondisi pH tanah selama masa penanaman diperlihatkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Kondisi pH tanah selama masa pertumbuhan kangkung darat

Pengaruh Timbal terhadap Pertumbuhan Kangkung Darat

Perbedaan ukuran jaringan tanaman kontrol dan tanaman dengan media tanam yang diberi penambahan Pb ditunjukkan pada **Gambar 5**. **Gambar 5(a)** menunjukkan bahwa penambahan Pb menurunkan pertumbuhan batang dan daun kangkung darat. Dalam kurun waktu 2 minggu, tinggi batang dan panjang daun kangkung darat variasi A lebih rendah dibandingkan tanaman kontrol. Walaupun pertumbuhan semua jaringan tanamannya menurun pada minggu pertama, penambahan urea pada media tanam variasi B dapat meningkatkan kembali pertumbuhan kangkung darat. Hal ini terlihat pada **Gambar 5(b)** di mana setelah hari ke-10, panjang akar dan tinggi batang kangkung darat kembali tumbuh seperti tanaman kontrol.



(a) Variasi A

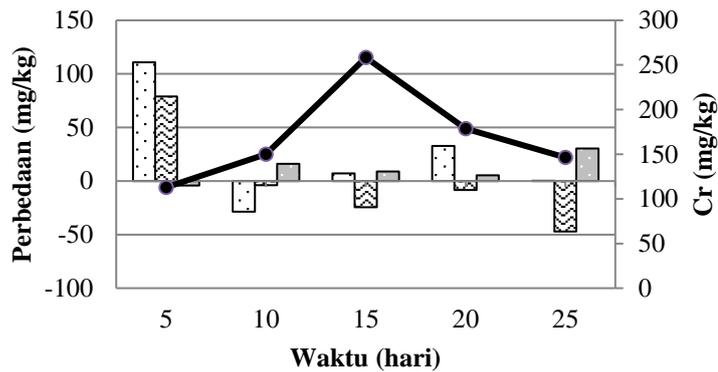
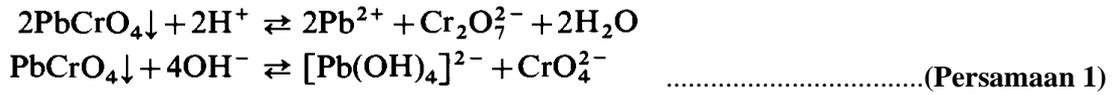
(b) Variasi B

Gambar 5. Pengaruh Pb terhadap pertumbuhan kangkung darat

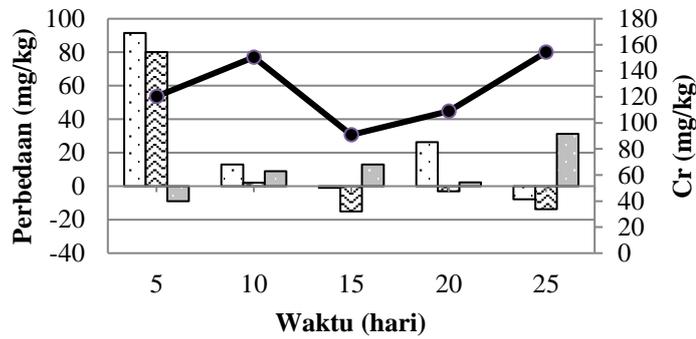
Pengaruh Kromium terhadap Akumulasi Timbal pada Kangkung Darat

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Zeng *et.al* (2008), terbukti bahwa keberadaan logam berat lain di dalam tanah, yaitu Cr dan Cd, memberikan efek terhadap akumulasi timbal di dalam tanaman. Keberadaan ion Pb^{2+} dan $Cr_2O_7^{2-}$ di dalam tanah dapat membentuk suatu kesetimbangan logam (Vogel, 1979). Dalam suasana asam, reaksi antara ion Pb^{2+} dan $Cr_2O_7^{2-}$ dapat menghasilkan endapan kuning $PbCrO_4$ yang dapat melarut kembali menjadi ion-ion Pb^{2+} dan $Cr_2O_7^{2-}$. Oleh karena itu, penambahan urea dalam media tanam variasi D menjadikan pH tanah menurun sehingga Pb dan Cr tidak diakumulasi di bagian akar melainkan disalurkan ke bagian daun.

Reaksi antara ion Pb^{2+} dan $Cr_2O_7^{2-}$ diperlihatkan pada **Persamaan 1**. Selain melarutkan kembali $PbCrO_4$, penambahan pupuk menurunkan akumulasi kromium dalam jaringan tanaman kangkung darat. Penurunan akumulasi kromium akibat penambahan pupuk ditunjukkan pada **Gambar 6**, di mana terjadi penurunan kadar Cr dalam jaringan tanaman sedangkan akumulasi Pb kembali meningkat. Pb dapat kembali larut karena timbal memiliki kelarutan yang lebih besar dari kromium (Zhao *et al.*, 2009)



(a) Variasi C



(b) Variasi B

Gambar 6. Pengaruh Cr terhadap akumulasi Pb

Sifat Toksik Logam pada Kangkung Darat

Logam berat dapat menimbulkan resiko pada kesehatan makhluk hidup. Tidak hanya pada manusia, tetapi juga pada hewan dan tumbuhan. Logam timbal pada manusia dapat menyebabkan gangguan sistem syaraf, kelumpuhan bahkan kematian (Mulyani, 2012). Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa akumulasi timbal di dalam tanaman dapat mengganggu pertumbuhan tanaman tersebut. Timbal pada tanaman dapat menyebabkan kekerdilan dan klorosis (Sharma, 2005).

Pada penelitian ini, pengaruh timbal pada kangkung darat mulai terlihat pada hari ke-10 setelah penanaman pada variasi media tanam. Pengaruh timbal pada kangkung darat terlihat pada

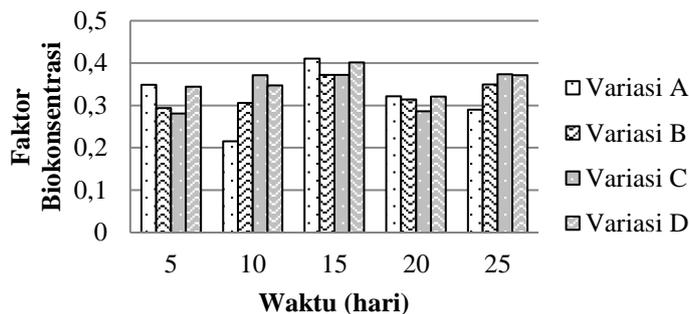
bentuk daun kangkung darat Variasi C. Anomali terlihat pada bentuk daun. Bentuk daun kangkung darat pada umumnya sempit dan memanjang. Salah satu daun kangkung variasi C berbentuk lebih bulat dan pada tepian daun bagian bawah terdapat warna noda kuning. Noda kuning diperkirakan adalah $PbCrO_4$ hasil interaksi Pb dan Cr yang terakumulasi di bagian daun.

Faktor Biokonsentrasi dan Faktor Translokasi Timbal pada Kangkung Darat

Tabel 3. menunjukkan nilai faktor biokonsentrasi logam timbal pada kangkung darat setelah berumur 25 hari. Berdasarkan data yang diperoleh, kangkung darat semua variasi memiliki faktor biokonsentrasi di bawah 1 yang mengindikasikan bahwa timbal lebih banyak diakumulasi di jaringan tanaman dari pada di tanah. Faktor biokonsentrasi paling besar adalah variasi D yang dapat mengindikasikan bahwa kangkung darat variasi D mengakumulasi Pb paling sedikit dalam jaringan tanamannya. Perubahan nilai faktor biokonsentrasi berdasarkan waktu ditunjukkan pada **Gambar 7.**

Tabel 3. Faktor biokonsentrasi Pb pada kangkung darat

No	Variasi	Rataan Pb dalam Jaringan Tanaman (mg/kg)	Pb dalam Media Tanam (mg/kg)	Faktor Biokonsentrasi
1	Variasi A	231,07	727,78	0,32
2	Variasi B	241,86	739,64	0,33
3	Variasi C	245,21	727,91	0,34
4	Variasi D	236,29	661,88	0,36



Gambar 7. Nilai Faktor Biokonsentrasi Pb pada Kangkung Darat

Tabel 4 menunjukkan nilai faktor translokasi logam timbal pada kangkung darat. Berdasarkan data yang diperoleh, kangkung darat variasi A, C dan D memiliki faktor translokasi > 1 yang mengindikasikan bahwa timbal lebih banyak dialokasikan ke bagian daun dibandingkan ke bagian akar. Hal ini sesuai dengan hasil pengukuran di mana kangkung darat variasi A dan C lebih banyak mengakumulasi Pb di bagian batang. Kangkung darat variasi B memiliki faktor translokasi < 1 yang mengindikasikan bahwa timbal lebih banyak teralokasi di bagian akar.

Tabel 4. Faktor Translokasi Pb pada Kangkung Darat

No	Variasi	Pb dalam daun (mg/kg)	Pb dalam akar (mg/kg)	Faktor Translokasi
1	Variasi A	77,55	78,45	1,01
2	Variasi B	81,13	82,11	0,99
3	Variasi C	77,87	78,17	1,06
4	Variasi D	79,87	78,25	1,03

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil karakterisasi awal, sampel tanah lahan pertanian di sekitar kawasan industri Leuwigajah, Kecamatan Cimahi Selatan telah tercemar logam timbal. Konsentrasi terukur sampel tanah adalah $\pm 649 \text{ mg kg}^{-1}$ ppm timbal dan $\pm 28 \text{ mg kg}^{-1}$ kromium. Pencemaran tanah di wilayah studi terjadi akibat akumulasi timbal yang berasal dari air sungai.

Selama 2 minggu pertama masa pertumbuhan, kangkung darat semua variasi memiliki kemiripan pola pertumbuhan dengan tanaman kontrol. Pengaruh penambahan logam ke dalam media tanam teramati setelah hari ke-20, di mana pertumbuhan kangkung darat semua variasi nampak lebih lambat dibandingkan tanaman kontrol. Pengaruh penambahan logam dalam media tanam juga terlihat pada perbedaan bentuk daun serta terbentuknya noda kuning pada ujung daun tanaman kangkung darat.

Adanya kromium dalam media tanam terbukti menurunkan akumulasi timbal dalam jaringan tanaman kangkung. Walaupun terjadi penurunan tingkat akumulasi timbal pada media tanam yang mengandung kromium, penambahan urea dapat menurunkan akumulasi kromium.

Perhitungan faktor biokonsentrasi menunjukkan bahwa semua variasi kangkung darat lebih banyak mengakumulasi timbal di jaringan tanaman. Kangkung darat variasi D memiliki faktor biokonsentrasi paling tinggi. Penambahan pupuk pada media tanam dapat menurunkan proses transportasi timbal ke bagian daun. Hal ini dibuktikan dengan kangkung darat variasi B yang memiliki faktor translokasi < 1 di mana timbal lebih banyak terakumulasi di bagian akar dari pada di bagian daun.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. SNI 7387:2009 *Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan*.
- Connel, D. W., Miller, G. J. 1995. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Dewi, T., Hindersah, R. 2009. Konsentrasi Kadmium dan Timbal di Tanaman Mendong yang ditanam di Tanah Sawah dengan Aplikasi *Azotobacter* dan Arang Aktif. *Jurnal Agrikultura*, **20(3)**, 185-190.
- Kohar, I., Hardjo, P.H., Jonatan, M., Agustanti, O. 2004. Studi Kandungan Logam Pb dalam Batang dan Daun Kangkung (*Ipomoea reptans*) yang Direbus dengan Penambahan NaCl dan Asam Asetat. *Makara Sains*, **8 (3)**, 85-88.
- Lang, L., Chiu, K., Lang, Q. 2008. Spectrophotometric Determination of Lead. *Pharmaceutical Technolgy 2008*.
- Liong, S., Noor, A., Taba, P., Abdullah, A. 2010. Studi Fitoakumulasi Pb dalam Kangkung Darat (*Ipomoea reptans Poir*). *Seminar Nasional FMIPA UT 2010*.
- Marcussen, H., Joergensen, K., Holm, P. E., Brocca, D., Simmons, R. W., Dalsgaard, A. 2008. Element contents and food safety of water spinach (*Ipomoea aquatica Forssk.*) cultivated with wastewater in Hanoi, Vietnam. *Environment Monitoring Assessment*, **139**, 77-91.
- Mulyani, S., Triani, I.G.A.L. 2012. Identifikasi Cemaran Logam Pb dan Cd pada Kangkung yang Ditanam di Daerah Kota Denpasar. *Bumi Lestari Journal of Environment*, **Vol. 12 (2)**.
- Nugraha, I. 2012. Kala Sungai, Sumur dan Ribuan Hektare Sawah di Bandung Tercemar Limbah Tekstil. <http://www.mongabay.co.id/2012/10/09/kala-sungai-sumur-dan-ribuan-hektare-sawah-di-bandung-tercemar-limbah-tekstil.html> (Tanggal akses: 22 November 2012).
- Sharma, P. , Dubey, R. S. 2005. Lead Toxicity in Plants. *Brazilian Journal of Plant and Physiology*, **17(1)**, 35-52.
- Tuzen, M., Onal, A., Soylak, M. 2008. Determination of Trace Heavy Metals in Some Textile Products Produced in Turkey. *Chemical Society Ethiopia*, **22(3)**, 379-384.
- United States Environmental Protection Agency. EPA/600/R-92/128 *Preparation of Soil Sampling Protocols: Sampling Techniques and Strategies*.
- Vogel, A. I. 1979. *Textbook of Macro and Semimicro Qualitative Inorganic Analysis 5th Edition*. Longman Group Limited: London. 194-197.
- Zeng, F., Mao, Y., Cheng, W., Wu, F., Zhang, G. 2008. Genotypic and Environmental Variation in Chromium, Cadmium, and Lead Contaminations in Rice. *Environmental Pollution*, **153**, 309-314.
- Zhao, X., Dong, D., Hua, X., Dong, S. 2009. Investigation of the transport and fate of Pb, Cd, Cr(VI) and As(V) in soil zones derived from moderately contaminated farmland in Northeast, China. *Journal of Hazardous Materials*, **170(2-3)**, 570-577.