

RESPON PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN PETAISI DAN BUNCIS TERHADAP PENGUNAAN BAHAN AGROKIMIA RENDAH Pb

Yekti Sri Rahayu^{1*)} dan Mikael Adri Budi Sulisty¹⁾

¹⁾ Prodi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Wisnuwardhana

^{*)} Email: yektisrahayu@gmail.com (penulis korespondensi)

ABSTRAK

Sejumlah bahan kimia yang rutin diaplikasikan pada lahan pertanian sebagai pupuk dan pestisida dapat meningkatkan kadar logam berat terutama Cd, Pb dan As, di dalam tanah. Diperlukan upaya untuk meminimalisir paparan Pb di dalam tanah dan tanaman budidaya di lahan pertanian. Percobaan lapang ini bertujuan mengetahui pengaruh penggunaan bahan-bahan agrokimia rendah Pb terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sayuran. Percobaan menggunakan Rancangan Split Split Plot yang terdiri atas 3 faktor yaitu jenis tanaman (T): petaisi dan buncis; jenis pestisida (D): rendah Pb dan tanpa Pb; dan jenis pupuk (P): rendah Pb dan Tanpa Pb, dimana masing-masing kombinasi perlakuan diulang tiga kali. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pemberian pestisida dan pupuk rendah Pb maupun tanpa Pb, mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman petaisi dan buncis. Tanaman petaisi dan buncis yang diberi pestisida dan pupuk berkadar Pb rendah menghasilkan bobot kering total lebih rendah tinggi yaitu 112,6 g/tanaman pada petaisi dan 73,67 g/tanaman pada buncis, dibanding yang diberi pestisida dan pupuk tanpa Pb. Tanaman petaisi yang diberi pestisida dan pupuk berkadar Pb rendah rata-rata menghasilkan bobot segar krop per tanaman 43,48% lebih tinggi dibanding yang diberi pestisida dan pupuk tanpa kadar Pb. Pada buncis, hasil bobot segar buah/polong yang diberi pestisida dan pupuk dengan kadar Pb rendah dan tanpa Pb tidak menunjukkan perbedaan.

Kata kunci: buncis, petaisi, pestisida, pupuk, Pb

ABSTRACT

Agrochemicals that are routinely applied to lands as fertilizers and pesticides can increase the levels of heavy metals, especially Cd, Pb and As, in the soil. The Efforts are needed to minimize Pb exposure in soil and crop. The field experiment conducted to determine the effect of using low-lead agrochemicals on the growth and yield of vegetable crops. The experiment used a Split Split Plot Design which consisted of 3 factors, namely the type of plant (T): Chinese cabbage and beans; type of pesticide (D): low Pb and no Pb; and fertilizer type (P): low Pb and no Pb, where each treatment combination was repeated three times. The results showed that applying pesticides and fertilizers with low or no Pb affected the growth and yield of Chinese cabbage and green beans. Chinese cabbage and beans that were given pesticides and fertilizers with low Pb level produced a lower total dry weight namely 112.6 g/plant on Chinese cabbage and 73.67 g/plant on beans,

compared to those that were given pesticides and fertilizers without Pb. Chinese cabbage treated with pesticides and fertilizers with low Pb levels produced an average fresh weight of heads per plant 43.48% higher than those given pesticides and fertilizers without Pb content. Beans treated with pesticides and fertilizers with low Pb levels showed no difference in producing a fresh weight of fruit/pods than treated without Pb.

Keyword: chickpea, Chinese cabbage, fertilizer, pesticide, Pb

PENDAHULUAN

Sejumlah bahan kimia yang secara rutin diaplikasikan pada lahan pertanian sebagai pupuk dan pestisida dapat menghasilkan peningkatan logam berat terutama Cd, Pb dan As. Konsentrasi Pb dan As bahkan meningkat tajam dibanding konsentrasi Cd dalam tanah (Atafar *et al.*, 2010). Hasil penelitian AlKhader (2015) menunjukkan sumber Cd dan Pb dari beberapa tanah yang diseleksi dari lahan pertanian yang sangat memungkinkan adalah berasal dari batuan induk dan aplikasi pestisida, selain penggunaan jangka panjang pupuk fosfat. Hasil penelitian tersebut mengindikasikan bahwa aktivitas pertanian berpotensi menyebabkan deposisi Pb dalam tanah maupun tanaman. Penelitian Rahayu *et al.* (2020) menunjukkan bahwa aplikasi pestisida dan pupuk fosfat berkadar Pb, serta $Pb(NO_3)_2$ menunjukkan adanya akumulasi Pb pada tajuk dan akar tanaman petsai dan buncis dibanding kontrol (tanpa Pb).

Mekanisme serapan Pb pada tanaman dijelaskan oleh DalCorso, *et al.* (2013) bahwa logam berat mulai berpengaruh saat memasuki jaringan tanaman bersamaan dengan masuknya nutrisi dari larutan tanah. Logam mampu memperlambat transfer air di *symplast* maupun *apoplast*, sehingga mengurangi pergerakan air ke dalam pembuluh angkut. Logam berat mempengaruhi pengiriman air ke tunas karena menghambat transpirasi, sehingga kemampuan akar dalam penyerapan air dan nutrisi menurun di bawah kondisi stress logam (Rucińska-Sobkowiak, 2016). Selanjutnya logam berat akan mempengaruhi proses fisiologi tanaman, di antaranya fotosintesis, pembentukan klorofil, penyerapan nutrisi dan stress oksidatif (Shahid *et al.*, 2015).

Menurut Shanmugam *et al.* (2011) dalam proses fotosintesis, logam-logam tertentu seperti Fe, Cu, Zn adalah nutrisi penting bagi tanaman dan

diperlukan untuk fotosintesis sebagai ko-faktor sejumlah enzim. Kuzminov *et al.* (2013) mengungkapkan kandungan pigmen seperti klorofil dan karotenoid dapat berkurang karena adanya serapan logam berat, sementara klorofil diperlukan tanaman untuk menangkap energi cahaya yang berperan dalam berlangsungnya proses fotosintesis. Laju fotosintesis yang menurun dapat menyebabkan perubahan struktur daun tanaman dan mempengaruhi proses transpirasi dan perpindahan bahan-bahan nutrisi di dalam organ tanaman (Ying *et al.*, 2010). Fitotoksisitas logam berat pada tanaman yang diikuti dengan gejala klorosis akan menurunkan pertumbuhan dan hasil tanaman.

Budidaya sayuran di lahan pertanian secara intensif, di satu sisi tidak terlepas dari penggunaan input produksi bahan agrokimia berbagai macam pupuk dan pestisida. Sementara itu terdapat pula sumber kontaminan Pb lain dari faktor lingkungan seperti pelapukan batuan dan tanah secara alami, air irigasi yang bercampur limbah rumah tangga, deposisi logam dari atmosfer hasil gas buangan kendaraan bermotor dan air hujan di sekitar areal tanah pertanian. Salah satu harapan meminimalisir masukan Pb dalam tanah adalah mencari dan menggunakan input berkadar Pb rendah dan bahkan tanpa Pb.

Berdasarkan Permentan No. 70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang pupuk organik, pupuk hayati dan pembenah tanah, persyaratan teknis minimal pupuk organik granul atau pelet maksimal 50 ppm, remah/curah maksimal 50 ppm. Pada Permentan No. 43/Permentan/SR.140/8/2011 batas toleransi maksimal kandungan logam berat sebagai ikutan pupuk anorganik sebesar 500 ppm. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh input produksi dari bahan agrokimia (pestisida dan pupuk) berkadar Pb rendah dan tanpa Pb pada pertumbuhan dan hasil tanaman sayuran.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Percobaan dilaksanakan di lahan pertanian di Desa Wonorejo, Kecamatan Poncokusumo-Malang dengan ketinggian tempat sekitar 678 m dpl dan curah hujan rata-rata 137 mm/tahun.

Rancangan Percobaan

Metode penelitian menggunakan Rancangan Petak-Petak-Terbagi (*Split Split Plot Design*) dengan Petak Utama (*Main Plot*) yaitu tanaman sayuran (T), terdiri atas dua jenis: T1= petsai dan T2= buncis; Anak Petak (*sub plot*) yaitu aplikasi pestisida *low input* kadar Pb (D), terdiri atas dua macam yaitu D1= pestisida rendah Pb (campuran fungisida+insektisida+perekat dengan kadar Pb di bawah 20 ppm dari hasil analisa laboratorium), dan D2= pestisida tanpa Pb (fungisida+insektisida +perekat, dengan kadar Pb 0 ppm dari hasil analisa laboratorium); dan Anak Anak Petak (*sub sub plot*) yaitu aplikasi pupuk *low input* kadar Pb (P) terdiri atas dua macam yaitu P1= pupuk anorganik rendah Pb (kadar Pb di bawah 30 ppm dari hasil analisa laboratorium), dan P2= pupuk anorganik tanpa Pb (kadar Pb tidak terdeteksi dari hasil analisa laboratorium).

Hasil kombinasi ketiga faktor tersebut diperoleh 8 perlakuan yang diulang sebanyak tiga kali, sehingga terdapat 24 satuan plot percobaan. Ukuran masing-masing plot percobaan yaitu 3,5 m x 2,4 m. Aplikasi pupuk diberikan saat awal tanam. Perlakuan P1 berupa pupuk anorganik tunggal terdiri atas 30 kg P/ha, 30 kg N/ha dan 30 kg K/ha. Perlakuan P2 berupa NPK majemuk (15-15-15) setara dengan P_2O_5 = 30 kg/ha, N=30 kg/ha dan K_2O =30 kg/ha). Aplikasi pestisida diberikan dengan interval 3 hari mulai 7 hari setelah tanam hingga 14 hari sebelum panen, sehingga terdapat 14 kali aplikasi. Aplikasi pestisida D1 yaitu pestisida campuran (fungisida D.4 konsentrasi 2g/l (Pb 6 mg/kg+insektisida C.3 konsentrasi 3g/l (Pb 4 mg/kg+perekat 0.5 ml/l (Pb 0.004 mg/kg) dan aplikasi pestisida D2 campuran fungisida B.2 konsentrasi 6g/l (Tanpa Pb) + insektisida A.1 konsentrasi 2g/l (tanpa Pb) +perekat tanpa Pb 0.5 ml/l. Petsai ditanam dengan jarak 50 x 60 cm, dan buncis dengan jarak 50 x 60 cm.

Metode Pengumpulan Data

Parameter pertumbuhan dan hasil tanaman yang diamati meliputi: panjang tanaman dan jumlah daun, biomassa tanaman, kadar klorofil, kadar Pb dalam tanaman dan hasil/tanaman. Luas daun diukur menggunakan *Leaf Area*

Meter LiCor Li-3100C. Biomassa tanaman diukur dengan mengeringkan sampel jaringan tanaman dengan oven pada suhu 70-80°C selama 48 jam. Kadar klorofil diukur dengan mengumpulkan sampel daun dan dimaserasi dengan aseton, selanjutnya dianalisis dengan spektrofotometer. Penentuan kandungan klorofil dihitung menggunakan formula berikut:

$$\text{khlorofil a} = 12.21.A_{663} - 2,81.A_{646}$$

$$\text{khlorofil b} = 20.13 A_{663} - 5.03.A_{646}$$

Pengukuran kandungan Pb dalam tanaman (mg/kg) dilaksanakan saat panen melalui tahapan pengambilan sampel tanaman sejumlah 10 unit di setiap plot perlakuan. Prosedur pengukuran kadar Pb tanaman yaitu organ tanaman sayuran buah (buncis) dan sayuran daun (petsai) dicuci dengan air bersih mengalir dan dilanjutkan menggunakan air suling. Selanjutnya, penimbangan biomassa segar dan pengeringan organ tanaman dengan oven dalam temperatur 70°C selama 48 jam. Analisis kandungan Pb dilakukan dengan metode dari Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (2012). Serapan atau akumulasi Pb/tanaman dihitung dengan formula = konsentrasi logam dalam tanaman x bobot kering tanaman (Xu *et al.*, 2016). Hasil/tanaman pada tanaman petsai diukur dengan menimbang bobot segar krop tanaman, dan pada buncis diukur dengan menimbang bobot segar buah.

Analisis Data

Pengaruh perlakuan dianalisis ragam (ANOVA) pada taraf 5% dan jika terjadi pengaruh dilakukan uji beda menggunakan BNJ pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Panjang Tanaman

Tabel 1 menunjukkan bahwa panjang tanaman petsai maupun buncis yang diberi perlakuan pestisida & pupuk berkadar Pb rendah dan tanpa Pb, tidak berbeda. Oladele *et al.* (2017) mengungkapkan bahwa tanaman kacang yang diberi Pb hingga 200 mg/kg dapat menurunkan panjang batang tanaman, karena gangguan logam pada pembelahan sel dan pembesaran sel. Pada penelitian ini, paparan Pb dari perlakuan cukup rendah, sehingga tidak

berpengaruh pada pertumbuhan tanaman. Selain itu, diduga tanaman yang diberi perlakuan pestisida dan pupuk berkadar Pb rendah mendapat asupan nutrisi dari pemupukan dengan dosis yang seragam.

Tabel 1. Panjang Tanaman Petsai & Buncis pada Pemberian Pestisida & Pupuk *Low Input* Kadar Pb Rendah dan Tanpa Pb pada Umur 8 MST

Tanaman (T)	Perlakuan	Panjang tanaman (cm)	
		Pupuk <i>low input</i> kadar Pb (P)	
		Rendah Pb (P1)	Tanpa Pb (P2)
Petsai (T1)	Rendah Pb (D1)	33,81 a	35,04 a
	Tanpa Pb (D2)	35,93 a	35,72 a
Buncis (T2)	Rendah Pb (D1)	239,90 a	265,75 a
	Tanpa Pb (D2)	252,20 a	281,21 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf sama untuk spesies tanaman yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasar uji BNJ taraf 5%.

Jumlah Daun

Jumlah daun tanaman petsai dan buncis pada pemberian pestisida & pupuk rendah Pb dan tanpa Pb pada 8 MST tidak menunjukkan perbedaan. Hal ini diduga karena rendahnya konsentrasi Pb dalam pestisida dan pupuk (Tabel 2). Berbeda dengan hasil penelitian Mallhi *et al.* (2019) di mana pertumbuhan jumlah daun/tanaman maupun luas daun pada tanaman kastor mengalami perubahan negatif akibat pengaruh Pb. Hal ini karena aplikasi Pb cukup tinggi yaitu 300 mg/kg. Pada penelitian ini kadar Pb yang digunakan di bawah 30 mg/kg sehingga tidak berpengaruh terhadap jumlah daun.

Tabel 2. Jumlah Daun Tanaman Petsai & Buncis pada Pemberian Pestisida & Pupuk *Low Input* Kadar Pb Rendah dan Tanpa Pb Umur 8 MST

Tanaman (T)	Perlakuan	Jumlah daun (helai)	
		Pupuk <i>low input</i> kadar Pb (P)	
		Rendah Pb (P1)	Tanpa Pb (P2)
Petsai (T1)	Rendah Pb (D1)	63,67 a	61,17 a
	Tanpa Pb (D2)	59,97 a	68,80 a
Buncis (T2)	Rendah Pb (D1)	55,53 a	74,80 a
	Tanpa Pb (D2)	64,13 a	71,17 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf sama pada jenis tanaman yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasar uji BNJ taraf 5%.

Luas Daun

Luas daun tanaman petsai pada pemberian pestisida & pupuk berkadar Pb rendah maupun tanpa Pb tidak menunjukkan perbedaan (Tabel 3). Hal ini diduga karena rendahnya konsentrasi Pb dalam pestisida dan pupuk (Pb dalam pestisida campuran sekitar 10 mg/kg dan pupuk 21 mg/kg) sehingga tidak berpengaruh pada luas daun saat panen. Juga diduga akibat jumlah daun petsai maupun buncis yang diberi perlakuan pestisida dan pupuk berkadar Pb rendah dan tanpa Pb tidak berbeda (Tabel 3), sehingga pertumbuhan luas daun juga tidak terpengaruh. Sejalan dengan penelitian Onder *et al.* (2016) pada *Brassica napus* L. kombinasi dosis Pb dengan level irigasi tidak mempengaruhi luas daun. Penelitian Kadhim (2011) pada bibit *Phaseolus aureus* Roxb. di mana pemberian Pb hingga 10mM menghasilkan luas daun tidak jauh berbeda dibanding kontrol tanpa Pb.

Tabel 3. Luas Daun Tanaman Petsai dan Buncis pada Pemberian Pestisida & Pupuk *Low Input* Kadar Pb Rendah dan Tanpa Pb Umur 8 MST

Tanaman (T)	Perlakuan	Luas daun (cm ² /tanaman)	
		Pupuk <i>low input</i> kadar Pb (P)	
		Rendah Pb (P1)	Tanpa Pb (P2)
Petsai (T1)	Rendah Pb (D1)	11857,83 a	12942,26 a
	Tanpa Pb (D2)	12449,45 a	13816,67 a
Buncis (T2)	Rendah Pb (D1)	2715,86 a	4149,15 a
	Tanpa Pb (D2)	3230,37 a	3700,09 a

Keterangan: Angka-angka yang didampingi huruf yang sama pada jenis tanaman yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasar BNJ taraf 5%.

Kadar Klorofil

Pemberian pestisida dan pupuk dengan kadar Pb rendah dan tanpa Pb tidak berpengaruh pada total klorofil (Tabel 4). Hal ini diduga karena rendahnya kadar Pb pada pestisida dan pupuk yang diaplikasikan. Hasil studi Leal-alvarado *et al.*, (2016) pada *S. minima* menunjukkan hasil serupa di mana paparan Pb hingga 40µM Pb(NO₃)₂ tidak menunjukkan perbedaan pada total klorofil (klorofil a, klorofil b) ataupun diduga berkaitan dengan relatif rendah jumlah Pb yang mencapai daun. Hasil berbeda ditunjukkan oleh penelitian Lamhamdi *et al.* (2013) pada bibit gandum dan bayam di mana kadar klorofil

daun menurun pada pemberian Pb hingga level 1.5mM. Hal tersebut diduga karena paparan Pb yang diberikan 6saat tanaman masih berupa bibit, sehingga sangat rentan terhadap paparan logam berat, sehingga mudah mengalami stres Pb dengan timbulnya disorganisasi atau kekacauan pada kloroplas dan penyusutan sejumlah thilakoid dan grana.

Tabel 4. Kadar Khlorofil Tanaman Petsai & Buncis pada Pemberian Pestisida & Pupuk Kadar Pb Rendah dan Tanpa Pb Umur 8 MST

Tanaman (T)	Perlakuan	Kadar Khlorofil total (mg/g tanaman)			
		Pupuk <i>low input</i> kadar Pb (P)			
		Rendah Pb (P1)		Tanpa Pb (P2)	
Petsai (T1)	Rendah Pb (D1)	34,04	a	29,06	a
	Tanpa Pb (D2)	31,57	a	38,65	a
Buncis (T2)	Rendah Pb (D1)	46,29	a	49,01	a
	Tanpa Pb (D2)	46,84	a	50,46	a

Keterangan: Angka-angka yang didampingi huruf yang sama pada jenis tanaman yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasar BNJ taraf 5%.

Bobot Kering Total Tanaman

Pengaruh perlakuan menunjukkan pestisida dan pupuk berkadar Pb rendah dan tanpa Pb berpengaruh terhadap bobot kering total tanaman petsai dan buncis ($p < 0,05$).

Tabel 5. Interaksi Pestisida & Pupuk *Low Input* Berkadar Pb Rendah & Tanpa Pb Terhadap Bobot Kering Total Tanaman Petsai dan Buncis pada Umur 8 MST

Tanaman (T)	Perlakuan	Bobot Kering total (g/tanaman)			
		Pupuk <i>low input</i> kadar Pb (P)			
		Rendah Pb (P1)		Tanpa Pb (P2)	
Petsai (T1)	Rendah Pb (D1)	112,60	a	121,96	a
	Tanpa Pb (D2)	111,08	a	134,65	b
Buncis (T2)	Rendah Pb (D1)	73,67	a	102,33	c
	Tanpa Pb (D2)	89,70	b	112,53	c

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda pada jenis tanaman yang sama menunjukkan perbedaan nyata berdasar uji BNJ taraf 5%.

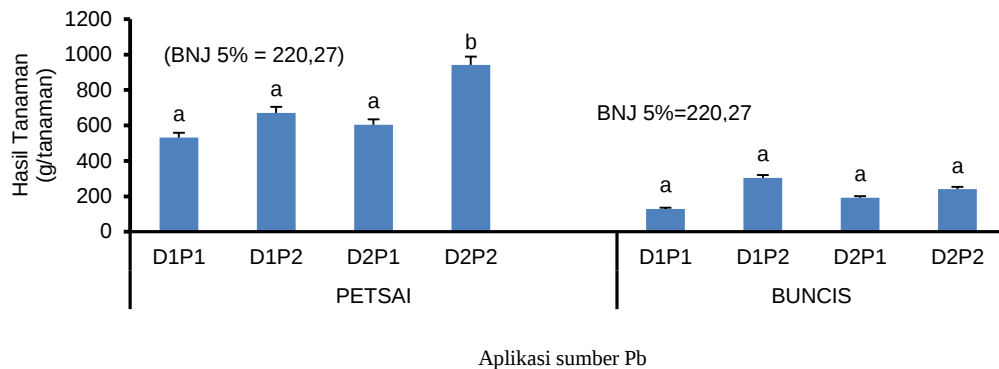
Pemberian pestisida dan pupuk tanpa Pb (D2P2) memberikan hasil bobot kering total lebih tinggi sebesar 16,38% pada petsai dan 34,53% pada buncis, dibanding yang diberi pestisida dan pupuk berkadar Pb rendah. Mallhi *et al.*

(2019) mendapatkan hasil serupa pada tanaman jarak, bahwa pengaruh negatif dari aplikasi Pb hingga 300 mg/kg tanah menurunkan pertumbuhan dan produksi biomassa tajuk dan akar. Hal tersebut karena paparan Pb menurunkan pigmen fotosintesis meliputi klorofil a dan b karotenoid dan total klorofil sehingga berpengaruh pada penurunan produksi biomassa tanaman.

Verma and Dubey (2003) menjelaskan bahwa Pb menghambat pertumbuhan dengan mempengaruhi proses biokimia dan metabolisme tanaman. Efek racun Pb di antaranya adalah menghambat fotosintesis, sebagai pengaruh dari penyimpangan ultrastruktur kloroplas; menghambat sintesis plastoquinon dan karotenoid; melemahkan penyerapan elemen esensial Mn dan Fe; dan mensubstitusi kation divalent (Pourrut *et al.*, 2011). Islam *et al.* (2008) mengobservasi efek Pb pada fotosintesis tanaman mint *E. argyi* bahwa laju fotosintesis bersih daun yang dipapar perlakuan Pb 50µM secara nyata menurun, bahkan tanaman yang bukan ekotipe pertambangan laju fotosintesis bersih dapat menurun tajam seiring dengan peningkatan perlakuan Pb.

Hasil Tanaman

Perlakuan pestisida dan pupuk dengan kadar Pb rendah dan tanpa Pb berpengaruh terhadap hasil/tanaman ($p < 0,05$). Gambar 1 menunjukkan bahwa tanaman petsai yang diberi pestisida tanpa Pb dan pupuk tanpa Pb (D2P2) menghasilkan bobot segar krop/tanaman 43,48% lebih tinggi dibanding yang diberi pestisida dan pupuk dengan kadar Pb rendah lainnya. Pada buncis hasil bobot segar buah/polong yang diberi pestisida dan pupuk dengan kadar Pb rendah dan tanpa Pb tidak menunjukkan perbedaan. Figlioli *et al.* (2018) mengungkapkan bahwa tanaman yang berhasil mengeksploitasi Pb pada tanah terkontaminasi dan hanya mengandung logam yang rendah dalam jaringan tanaman dapat menghindarkannya dari kerusakan dan kehilangan biomassa.



Gambar 1. Hasil tanaman petsai dan buncis pada pemberian pestisida dan pupuk kadar Pb rendah dan tanpa Pb. Keterangan: huruf-huruf yang sama di atas kolom menunjukkan tidak berbeda nyata berdasar uji BNJ taraf 5% pada spesies tanaman yang sama. D1 =Pestisida rendah Pb; D2=Pestisida tanpa Pb; P1=pupuk rendah Pb; P2=pupuk tanpa Pb.

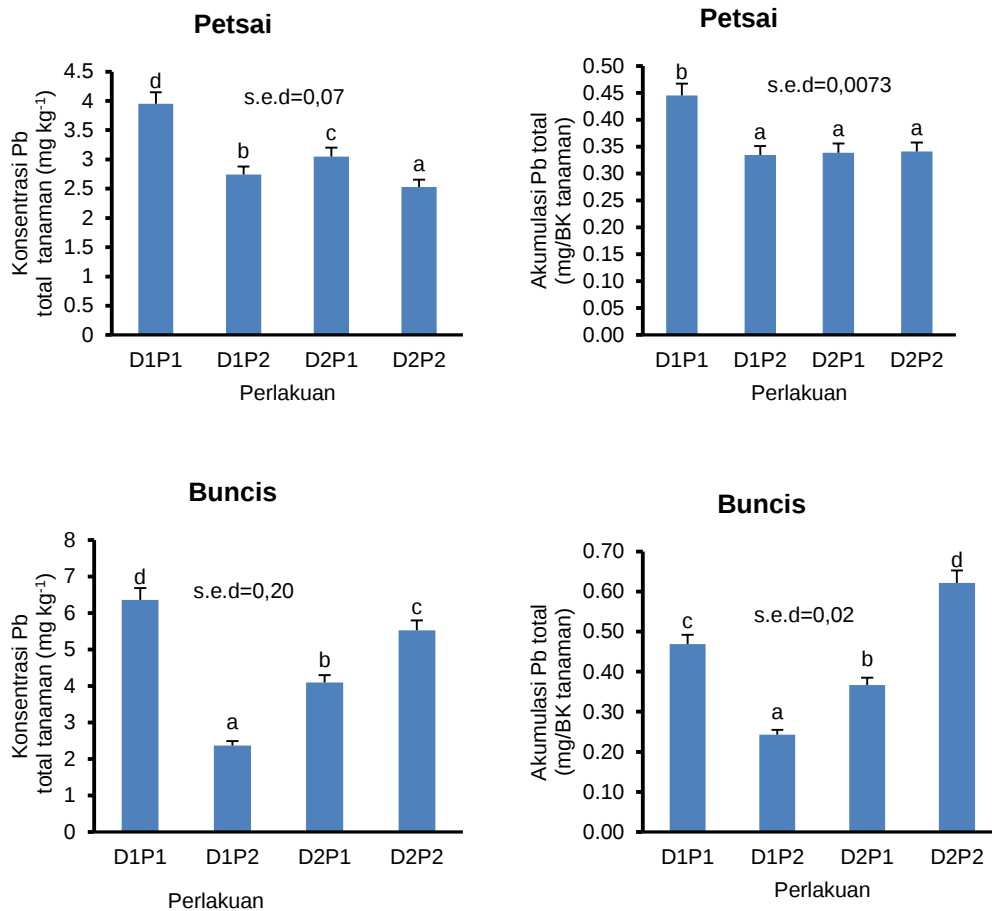
Secara umum terjadi penurunan hasil pada tanaman petsai maupun buncis yang diberi pestisida dan pupuk berkadar Pb rendah (D1P1) dibanding tanaman yang diaplikasi pestisida tanpa Pb dan pupuk tanpa Pb (D2P2). Hasil petsai menurun 43,48% dan buncis menurun 46,25%. Secara ekonomis penurunan mendekati 50% memberikan resiko kurang menguntungkan bagi petani. Menurut Sharma dan Dubey (2005) penurunan pertumbuhan dan hasil tanaman karena paparan Pb dapat berkaitan dengan gangguan dalam respirasi dan penurunan aktivitas fotosintesis tanaman serta gangguan permeabilitas membran sel. Hasil penelitian Leal-alvarado *et al.* (2016) menunjukkan bahwa paparan Pb 40 μ M menurunkan laju fotosintesis tanaman *Salvinia minima* hingga 44%. Penurunan ini di antaranya akibat kerusakan membran sel terutama akar dan menutupnya stomata, sehingga menurunkan ketersediaan CO₂ sebagai bahan utama fotosintesis. Pada penelitian ini juga menunjukkan rendahnya total klorofil (klorofil a+b) yang dihasilkan tanaman, sehingga berpotensi pada rendahnya aktivitas penangkapan radiasi yang dapat mempengaruhi penurunan laju fotosintesis. Saleem *et al.* (2018) mengungkapkan bahwa tanaman yang ditanam pada tanah terkontaminasi Pb akan berkurang kadar klorofil a, klorofil b dan karotenoid dalam tanaman.

Konsentrasi dan Akumulasi Pb

Gambar 2 menunjukkan konsentrasi dan akumulasi Pb total tanaman petsai dan buncis. Tanaman petsai yang diberi pestisida dan pupuk berkadar Pb rendah, menghasilkan konsentrasi Pb total 35,95% dan akumulasi Pb total 23,37% lebih tinggi dibanding tanaman yang diberi pestisida tanpa Pb dan pupuk tanpa Pb. Sejalan dengan hasil penelitian dari Onder *et al.* (2016) yang mengobservasi tanaman *Brassica* yang diberi Pb dengan konsentrasi yang meningkat dapat meningkatkan konsentrasi Pb dalam tanaman. Berdasarkan hasil penelitian Zhuang *et al.* (2009) untuk sayuran bagian atas khususnya daun lebih peka pada kontaminan berbentuk fisik, seperti debu tanah maupun percikan, karena permukaan bagian atas tanaman (daun) lebih luas. Sayuran daun secara umum mengakumulasi Pb dan Cd lebih tinggi dibanding sayuran akar atau umbi, karena berkaitan dengan fakta bahwa sayuran daun memiliki translokasi tinggi, transpirasi tinggi dan juga pertumbuhan yang lebih cepat (Muchuweti *et al.*, 2006).

Gambar 2 menunjukkan secara total organ (akar dan tajuk) tanaman buncis dan petsai yang diaplikasi pupuk dan pestisida rendah Pb dan tanpa Pb masih dapat mengandung kadar Pb dan masih di atas batas ambang berdasar SNI (0.5 mg/kg), karena sebagaimana diketahui bahwa Pb terdapat dalam tanah akibat pelapukan batuan induk yang mengandung berbagai mineral termasuk logam berat dengan konsentrasi yang berbeda-beda, sehingga aplikasi bahan agrokimia tanpa Pb diharapkan dapat meminimalisir asupan Pb dalam tanah dan meminimalisir serapan Pb dalam tanaman. Sebagaimana yang ditunjukkan pada hasil penelitian ini bahwa pada tanaman buncis (Gambar 2), konsentrasi Pb total tanaman yang diberi pestisida tanpa Pb dan pupuk tanpa Pb lebih rendah 13,21% dibanding yang diberi pestisida dan pupuk berkadar Pb rendah. Namun demikian akumulasi Pb total pada tanaman yang diberi pestisida dan pupuk tanpa Pb 24,19% lebih tinggi dibanding yang diberi pestisida dan pupuk rendah Pb. Hal ini karena akumulasi Pb total tanaman dipengaruhi oleh hasil bobot kering total tanaman, di mana tanaman yang

diaplikasi pestisida dan pupuk tanpa Pb menghasilkan biomassa total lebih tinggi.



Gambar 2. Konsentrasi dan akumulasi Pb total pada tanaman petsai dan buncis pada pemberian pestisida dan pupuk kadar Pb rendah dan tanpa Pb . Keterangan: huruf-huruf yang berbeda (a, b, c dan d) di atas kolom menunjukkan perbedaan nyata berdasar nilai *standar error difference* (s.e.d) pada spesies tanaman yang sama. D1 =Pestisida rendah Pb; D2=Pestisida tanpa Pb; P1=pupuk rendah Pb; P2=pupuk tanpa Pb.

Hasil penelitian Kopittke *et al.* (2007) pada *Vigna unguiculata* menunjukkan kecenderungan yang serupa. Konsentrasi Pb²⁺ dalam larutan media yang semakin meningkat (dari 0,017 hingga 0,33μM) menghasilkan konsentrasi Pb total (dari konsentrasi Pb akar dan tajuk) semakin besar. Hal ini mengakibatkan penurunan pertumbuhan akar dan tunas serta gejala klorosis ringan pada daun muda dibandingkan kontrol sehingga mengurangi luas permukaan daun. Hasil studi ini menunjukkan hal serupa yaitu terjadi

penurunan bobot kering total pada tanaman yang diberi pestisida dan pupuk berkadar Pb rendah, namun tidak terlihat gejala toksisitas Pb.

KESIMPULAN

Petsai dan buncis yang diberi pestisida dan pupuk berkadar Pb rendah menghasilkan bobot kering total/tanaman lebih tinggi yaitu 112, 6 g pada petsai dan 73,67 g pada buncis dibanding yang diberi pestisida dan pupuk tanpa Pb. Petsai yang diberi pestisida dan pupuk berkadar Pb rendah menghasilkan bobot segar krop/tanaman 43,48% lebih tinggi dibanding yang diberi pestisida dan pupuk tanpa kadar Pb sementara kadar Pb tidak berpengaruh terhadap bobot segar buah/polong buncis.

DAFTAR PUSTAKA

- AlKhader, A. 2015. *The Impact of Phosphorus Fertilizers on Heavy Metals Content of Soils and Vegetables Grown on Selected Farms in Jordan. Agrotechnology*. 4: 137.
- Atafar, Z., A. Mesdaghinia, J. Nouri, M. Homaei, M. Yunesian, M. Ahmadimoghaddam, and A.H. Mahv. 2010. *Effect of Fertilizer Application on Soil Heavy Metal Concentration. Environmental Monitoring and Assessment*. 160: 83–89.
- DalCorso, G., E. Fasani, and A. Furini. 2013. *Recent advances in the analysis of metal hyperaccumulation and hypertolerance in plants using proteomics. Frontiers in Plant Science*. 4: 1–7.
- Figlioli, F., M. C. Sorrentino, V. Memoli, C. Arena, G. Maisto, S. Giordano, F. Capozzi, and V. Spagnuolo. 2018. *Overall Plant Responses to Cd and Pb Metal Stress in Maize : Growth Pattern, Ultrastructure, and Photosynthetic Activity. Environmental Science and Pollution Research*, 26 (2): 1781–1790.
- Islam, E., D. Liu, T. Li, X. Yang, X. Jin, Q. Mahmood, S.Tian, and J.Li. 2008. *Effect of Pb Toxicity on Leaf Growth, Physiology and Ultrastructure in the Two Ecotypes of Elsholtzia argyi. Journal of Hazardous Materials*. 154 (1–3): 914–926.
- Kadhim, R. E. 2011. *Effect of Pb, Ni and Co in Growth Parameters and Metabolism of Phaseolus aureus Roxb. Euphrates Journal of Agriculture*

Science. 3 (3): 10–14.

Kopittke, P. M., C.J. Asher, R.A. Kopittke, and N.W. Menzies. 2007. *Toxic Effects of Pb²⁺ on Growth of Cowpea (Vigna unguiculata). Environmental Pollution*. 150 (2): 280–287.

Kuzminov, F. I., C.M. Brown, V.V. Fadeev, and M.Y. Gorbunov. 2013. *Effects of Metal Toxicity on Photosynthetic Processes in Coral Symbionts, Symbiodinium spp. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 446: 216–227.

Lamhamdi, M., Q. E. Galiou, A. Bakrim, J.C. Novoa-Munoz, M. Arias-Esteves, A. Aarab, and R. Lafont. 2013. *Effect of Lead Stress on Mineral Content and Growth of Wheat (Triticum aestivum) and Spinach (Spinacia oleracea) Seedlings. Saudi Journal of Biological Sciences*. 20: 29–36.

Leal-alvarado, D. A., F. Espadas-Gil, L. Saenz Carbonell, C.T. May, J.M. Santamaria. 2016. *Lead Accumulation Reduces Photosynthesis in the Lead Hyper-Accumulator Salvinia minima Baker by Affecting the Cell Membrane and Inducing Stomatal Closure. Aquatic Toxicology. Elsevier B.V.* 171: 37–47.

Mallhi, Z. I., M. Rizwan, A. Mansha, Q. Ali, S. Asim, S. Ali, A. Hussain, S.H. Alrokayan, H.A. Khan, P. Alam, and P. Ahmad. 2019. *Citric Acid Enhances Plant Growth, Photosynthesis, and Phytoextraction of Lead by Alleviating the Oxidative Stress in Castor Beans. Plants*. 8(524): 1–16.

Muchuweti, M., J. Birkett, E. Chinyanga, R. Zvauya, M. Scrimshaw, and J. Lester. 2006. *Heavy Metal Content of Vegetables Irrigated with Mixtures of Wastewater and sewage Sludge in Zimbabwe: Implications for Human Health. Agriculture, Ecosystems and Environment*. 112(1): 41–48.

Oladele, E.O., T. Yahya, P.G.C. Odeigah, and I.A.Taiwo. 2017. *The Influence of Pb and Zn Contaminated Soil on the Germination and Growth of Bambara Nut (Vigna subterranea). Journal of Applied Sciences and Environmental Management*. 21(4): 761–768.

Onder, D., S. Onder, H. Daghan, and V. Uygur. 2016. *The Ability Of Brassica napus L. To Remove Lead (Pb) from the Soil at Different Irrigation Levels and Pb Concentrations. Fresenius Environmental Bulletin*. 25(1): 200–209.

Pourrut, B., M. Shahid, C. Dumat, P. Winterton, and E. Pinelli. 2011. *Lead Uptake, Toxicity, and Detoxification in Plants. D.M. Whitacre (ed.), Reviews of Environmental Contamination and Toxicology. Reviews of*

Environmental Contamination and Toxicology. 213: 113–136.

Rahayu, Y. S., T. Wardiyati, and M.D. Maghfoer. 2020. *Accumulation of Pb in Chinese cabbage (Brassica rapa) and bean (Phaseolus vulgaris) from the use of Fertilizer and Pesticide*. *J. Degrade. Min. Land Manage.* 7(3): pp. 2139–2148.

Rucińska-Sobkowiak, R. 2016. *Water Relations in Plants Subjected to Heavy Metal Stresses*. *Acta Physiologiae Plantarum*. 38(11).

Saleem, M., H.N. Asghar, Z.A. Zahir, and M. Shahid. 2018. *Impact of Lead Tolerant Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Growth, Physiology, Antioxidant Activities, Yield and Lead Content in Sunflower in Lead Contaminated Soil*. *Chemosphere*. 195: 606–614.

Shahid, M., S. Khalid, G. Abbas, N. Shahid, M. Nadeem, M. Sabir, M. Aslam, and C. Dumat. 2015. *Heavy Metal Stress and Crop Productivity in Hakeem, K. R. (ed.) Crop Production and Global Environmental issues*. Springer International Publishing AG Switzerland. pp. 1–25.

Shanmugam, V., J. Lo, C. Wu, S. Wang, C. Lai, E.L. Conolly, J. Huang, and K. Yeh. 2011. *Differential Expression and Regulation of Iron-Regulated Metal Transporters in Arabidopsis halleri and Arabidopsis thaliana - the Role in Zinc Tolerance*. *New Phytologist*. 190(1): 125–137.

Sharma, P. and R.S. Dubey. 2005. *Lead toxicity in plants*. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 17(1): 35–52.

Verma, S. and R.S. Dubey. 2003. *Lead Toxicity Induces Lipid Peroxidation and Alters the Activities of Antioxidant Enzymes in Growing Rice Plants*. *Plant Science*. 164(4): 645–655.

Xu, P., C.X. Sun, X.Z. Ye, W.D. Xiao, Q. Zhang, and Q. Wang. 2016. *The Effect of Biochar and Crop Straws on Heavy Metal Bioavailability and Plant Accumulation in a Cd and Pb Polluted Soil*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Elsevier. 132: 94–100.

Ying, R. R., R.L. Qi, Y.T. Tang, P.J. Hu. H. Qiu, H.R. Chen, T.H. Shi, and J.L. Morel. 2010. *Cadmium Tolerance of Carbon Assimilation Enzymes and Chloroplast in Zn/Cd Hyperaccumulator Picris divaricata*. *Journal of Plant Physiology*. Elsevier. 167(2): 81–87.

Zhuang, P., M.B. McBride, H. Xa, N. Li, and Z. Li. 2009. *Health Risk from Heavy Metals via Consumption of Food Crops in the Vicinity of Dabaoshan Mine, South China*. *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V. 407(5): 1551–1561.