

“Membangun Sinergi antar Perguruan Tinggi dan Industri Pertanian dalam Rangka Implementasi Merdeka Belajar Kampus Merdeka”

Distribusi Serapan Pb dan Pertumbuhan Tanaman Sayuran Daun dan Buah pada Pola Tanam Monokultur dan Tumpangsari

Yekti Sri Rahayu¹, Tatik Wardiyati² dan Moch. Dawam Maghfoer²

¹ Fakultas Pertanian Universitas Wisnuwardhana, Jl. Danau Sentani No. 99 Malang

² Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Jl. Veteran No. 1 Malang 65145

Abstrak

Tanaman sayuran merupakan subyek utama yang rentan terpapar logam Pb dalam dalam praktek budidaya intensif di lahan hortikultura. Sistem penanaman monokultur yang sering diterapkan, menambah potensi tinggi serapan logam Pb pada tanaman sayuran. Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penerapan pola tanam monokultur dan tumpangsari terhadap pertumbuhan tanaman dan distribusi serapan Pb pada sayuran daun (petsai) dan buah (buncis) yang dikombinasikan dengan tanaman *C. juncea* L. sebagai tanaman sela. Pelaksanaan percobaan menggunakan Rancangan Acak Kelompok yang terdiri dari lima perlakuan yaitu monokultur sayuran petsai, monokultur sayuran buncis, monokultur *C. juncea*, tumpangsari petsai dengan *C. juncea* L., dan tumpangsari buncis dengan *C. juncea* L. Data pengamatan dianalisis ragam, dan dilanjutkan dengan uji orthogonal kontras jika terdapat pengaruh nyata perlakuan. Hasil percobaan menunjukkan tanaman petsai dan buncis yang ditanam monokultur maupun tumpangsari menghasilkan jumlah daun dan panjang tanaman yang tidak berbeda nyata, sementara jumlah daun *C. juncea* monokultur lebih banyak dibanding yang ditanam tumpangsari. Luas daun petsai monokultur lebih tinggi dibanding yang ditanam tumpangsari, sedangkan luas daun tanaman buncis dan *C. juncea* yang ditanam monokultur maupun tumpangsari tidak berbeda nyata. Distribusi konsentrasi Pb pada organ tanaman petsai, buncis dan *C. juncea* menunjukkan hasil yang beragam. Pada petsai yang ditanam tumpangsari, konsentrasi Pb di akar dan batang lebih rendah, sebaliknya di organ daun, konsentrasi Pb lebih besar. Pada buncis tumpangsari, konsentrasi Pb di batang lebih tinggi, namun di daun lebih rendah, sedangkan di akar tidak jauh berbeda antara monokultur dan tumpangsari. Pada *C. juncea* tumpangsari, konsentrasi Pb di akar, batang dan daun secara umum lebih rendah dibanding *C. juncea* monokultur. Diperlukan penelitian lanjutan dengan pola tanam berbeda antara sayuran dengan *C. juncea* L. untuk mengetahui efektivitas penurunan serapan logam pada sayuran.

Kata kunci: petsai, buncis, monokultur, tumpangsari, Pb

Pendahuluan

Adanya aktifitas industri di sekitar lahan pertanian, dan juga aktifitas pertanian yang intensif dalam penggunaan pupuk dan bahan agrokimia lainnya yang berlebihan, serta irigasi yang tercampur dengan air limbah di lahan-lahan pertanian menghasilkan resiko adanya peningkatan kontaminasi tanah-tanah pertanian oleh logam berat. Logam berat bersifat *non-biodegradable* dan kelebihan akumulasi logam berat pada tanah pertanian dapat menyebabkan resiko kesehatan. Jalur utama dimana manusia dapat terpapar logam berat diantaranya adalah melalui jalur tanah-tanaman-pangan. Hal tersebut menunjukkan adanya potensi cemaran pada tanaman yang ditanam di tanah terkontaminasi dimana mereka dapat mengambil dan mengakumulasi logam dan menyebabkan permasalahan kesehatan ketika dikonsumsi oleh hewan dan manusia. Hal ini ditunjang lagi dengan fakta bahwa banyak petani yang lebih menyukai penanaman secara monokultur karena hasil lebih maksimal, sehingga cemaran logam pada tanaman berpotensi lebih tinggi diserap tanaman budidaya. Pembatasan penggunaan pupuk dan bahan agrokimia dalam sistem pertanian intensif merupakan hal yang sulit diterima oleh petani, sehingga diperlukan alternatif lain yang dapat diterima oleh petani.

Pemilihan pola tanam tumpangsari diharapkan menjadi solusi dalam meminimalisir serapan logam pada tanaman yang dibudidayakan, karena penanaman bersama-sama dari tanaman yang berbeda dalam satu lahan yang sama atau tumpangsari, merupakan praktek agronomi yang umum dilakukan oleh petani di berbagai negara dengan berbagai keunggulan untuk meningkatkan produktivitas dan menurunkan serangan hama dan penyakit tanaman (Temperton et al., 2007). Selain itu, tumpangsari pada tanah terkontaminasi juga dapat mempengaruhi distribusi serapan logam oleh salah satu tanaman (Yang et al., 2007). Sebagai contoh, dalam tanah yang terkontaminasi, 10 dan 20 mg Cd kg⁻¹, sayuran petsai (*Brassica chinensis*) menghasilkan lebih banyak biomassa tajuk dan mengakumulasi sedikit Cd dalam tajuknya ketika ditanam bersama *Brassica juncea* daripada ditanam secara monokultur (Liu et al., 2007).

Penggunaan tanaman akumulator dari kelompok leguminosa dari hasil penelitian Karamina et al. (2014) diketahui memberikan banyak keunggulan, diantaranya adalah penanaman *Crotalaria juncea* dan *Crotalaria mucronata* mampu menyerap Al (dalam mg kg⁻¹) masing-masing sebesar 2986 dan 1756 atau mampu menyerap Al sebesar 90%, dan Pb masing-masing sebesar 4.73 dan 4.291 mg kg⁻¹ atau mampu menyerap Pb sekitar 70%. Selain itu, aplikasi penanaman *Crotalaria juncea* di antara tanaman *Aloe vera* mampu mengurangi

kandungan Pb dan Al di dalam gel (daging buah) *Aloe vera*, dimana kandungan Pb dalam gel menjadi 0.02 mg kg⁻¹ dan Al 0.01 mg kg⁻¹. Tumpangsari dari spesies tanaman yang berbeda diajukan sebagai strategi baru untuk meningkatkan ketersediaan hayati logam dan untuk mengeksplor lebih baik volume tanah serta untuk heterogenitas distribusi polutan di tanah-tanah lapang (Sheoran et al., 2016). Heterogenitas distribusi dimungkinkan karena adanya interaksi antara spesies tanaman berbeda yang ditanam bersama-sama, sehingga diharapkan penanaman akumulator Pb bersama-sama dengan sayuran dapat menurunkan distribusi serapan Pb dari tanaman sayuran. Beberapa praktek agronomi dengan pengaturan sistem penanaman pada tanah-tanah terkontaminasi dari hasil penelitian memang belum begitu jelas teruraikan. Sehingga, berdasarkan latar belakang tersebut, percobaan ini dilaksanakan dengan tujuan untuk mengetahui distribusi kadar Pb pada organ tanaman sayuran dan tanaman *Crotalaria juncea* yang ditanam dengan pola tanam berbeda (monokultur dan tumpangsari) pada tanah pertanian intensif yang terpapar Pb.

Metodologi

Percobaan lapang ini dilaksanakan di lahan hortikultura di desa Wonorejo kecamatan Poncokusumo Kabupaten Malang. Area penanaman merupakan lahan pertanian sentra produksi tanaman sayuran yang intensif dalam penggunaan input produksi baik bahan organik maupun dari bahan-bahan agrokimia (pupuk dan pestisida) dalam jangka waktu yang lama (lebih dari 10 tahun). Iklim di daerah penelitian memiliki rata-rata suhu 21.7°C dan rata-rata curah hujan tahunan sekitar 2300 – 2500 mm. Hasil analisa tanah yang digunakan untuk percobaan ini adalah pH= 5,3, C-organik = 0,26%, N-total =0,06%, total P (Bray) = 64,02 mg/kg, K= 0,28 cmol/kg, Mg = 0,3 cmol/kg, CEC= 13,02 cmol/kg, Kejenuhan Basa = 53%, tekstur lempung, Pb terlarut= 3,39 mg/kg dan Pb total = 30,4 mg/kg.

Percobaan ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan 5 perlakuan, yaitu: P1 = monokultur tanaman sayuran petsai; P2 = monokultur tanaman sayuran buncis; P3 = monokultur tanaman *Crotalaria* sp., P4 = tumpangsari *Crotalaria juncea* L. dengan tanaman sayuran petsai, dan P5= tumpangsari *Crotalaria juncea* L. dengan tanaman sayuran buncis. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 5 (lima) kali, dengan ukuran plot percobaan yaitu 4,2 x 2,5 m, sehingga terdapat 5 plot percobaan pada masing-masing ulangan. Aplikasi pupuk fosfat (20% P₂O₅) yaitu 300 kg ha⁻¹, pupuk Urea 300 kg/ha dan pupuk KCl 150 kg/ha diberikan 1 minggu setelah tanam. Sementara penyemprotan pestisida campuran fungisida, insektisida dan perekat dilakukan dengan interval 3 hari sekali selama pertumbuhan dan

dihentikan 2 minggu sebelum panen. Pengairan diberikan secara penggenangan (sistem leb) atau menyesuaikan jika tidak ada hujan. Pada pola tanam monokultur masing-masing tanaman buncis dan petsai. menggunakan jarak tanam 60 x 50 cm, sedangkan *Crotalaria juncea* L. ditanam dengan jarak tanam 20 x 20 cm. Pada pola tanam tumpangsari, jarak tanam untuk sayuran 60 x 50 cm, dan *Crotalaria juncea* L. ditanam sebagai tanaman sela dengan jarak tanam 20 cm dalam baris dan 50 cm antar baris dalam tumpangsari, jarak antara *C. juncea* L. dari tanaman sayuran sekitar 20-30 cm dari tanaman pokok .

Pengamatan pertumbuhan terhadap sepuluh sampel tanaman dari tiap plot percobaan meliputi: panjang tanaman (cm), jumlah daun, luas daun (cm²). Sementara kadar Pb organ tanaman (mg/kg) saat panen, dengan mengambil sepuluh sampel tanaman di masing-masing plot perlakuan dengan prosedur yaitu organ tanaman dibagi menjadi tiga bagian yaitu akar, batang dan daun. Organ tanaman selanjutnya dicuci dengan air bersih dan dibilas air suling untuk menghilangkan debu dan tanah yang melekat di permukaan. Setelah biomassa segarnya ditimbang, organ tanaman dikeringkan dalam suhu 70°C selama 48 jam dan ditimbang untuk memperoleh biomassa kering akhir panen dan dilanjutkan dengan analisis kandungan Pb (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2012).

Analisis Data

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap kadar Pb dalam tanaman sayuran dan *Crotalaria juncea*, data hasil pengamatan dianalisis ragam (Anova) satu faktor dengan tabel Anova untuk RAK. Selanjutnya, jika terdapat pengaruh yang nyata dilanjutkan dengan Uji orthogonal kontras pada taraf 5%.

Hasil dan Pembahasan

A. Jumlah daun

Tabel 1 menunjukkan bahwa di akhir panen, tanaman petsai dan tanaman buncis yang ditanam monokultur dan tumpangsari menghasilkan jumlah daun yang tidak berbeda nyata, sedangkan *C. juncea* L. monokultur menghasilkan jumlah daun lebih banyak. Struktur daun *C. juncea* L. lebih kecil dan tersebar merata mulai dari percabangan batang bagian bawah hingga atas, sehingga ketika ditanam monokultur lebih optimal memanfaatkan ruang untuk pertumbuhannya. Menurut Zhou et al. (2019), jumlah daun yang rendah dapat terjadi baik pada penanaman tunggal maupun tumpangsari, dikarenakan adanya penauangan dalam

masing-masing tanaman (*self-shading*) sehingga berpengaruh pada rendahnya intersepsi cahaya. Rendahnya intensitas cahaya yang diterima tanaman karena penanaman dapat memperburuk proses penuaan daun-daun, yang mana menghasilkan penurunan jumlah daun (Lim, et al., 2007; Sakuraba et al., 2014).

Tabel 1. Jumlah Daun, Panjang Tanaman, dan Luas Daun tanaman petsai, buncis dan *C. juncea* L. pada pola tanam monokultur dan tumpangsari.

	Perlakuan Pola Tanam (P)	Jumlah daun (helai)		Panjang tanaman (cm)		Luas Daun (cm ²)	
Petsai	Monokultur (P1)	64,00	a	37,11	a	18178,5	b
	Tumpangsari dengan <i>C. juncea</i> L. (P4)	61,10	a	37,27	a	13098,5	a
	Uji Orthogonal Kontras	p>0.05		p>0.05		p<0.05	
Buncis	Monokultur (P2)	55,90	a	279,47	a	2160,32	a
	Tumpangsari dengan <i>C. juncea</i> L. (P5)	55,90	a	273,53	a	3071,05	a
	Uji Orthogonal Kontras	p>0.05		p>0.05		p>0.05	
<i>C. juncea</i> L.	Monokultur (P3)	229,2	b	173,24	a	1786,16	a
	Tumpangsari dengan petsai (P4)	184,7	a	167,35	a	1255,86	a
	Tumpangsari dengan buncis (P5)	163,5	a	162,97	a	2491,25	a
	Uji Orthogonal Kontras	p<0.05		p>0.05		p>0.05	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf berbeda pada spesies tanaman yang sama menunjukkan perbedaan nyata pada taraf 5% hasil Uji Orthogonal Kontras pada masing-masing kelompok pengujian.

B. Panjang tanaman

Tabel 1 menunjukkan bahwa panjang tanaman petsai, buncis dan *C. juncea* L. yang ditanam secara monokultur tidak berbeda nyata dengan yang ditanam tumpangsari. Pada studi ini baik pada sistem monokultur maupun tumpangsari, masing-masing tanaman diatur dengan jarak penanaman dalam barisan untuk memberikan ruang bagi masing-masing tanaman. Singh dan Rana (2006) mengungkapkan bahwa *Indiana mustard* dan tanaman lentil dalam tumpangsari dapat menghasilkan kinerja pertumbuhan yang baik dan tidak berbeda nyata dengan penanaman tunggal pada fase akhir pertumbuhan karena adanya pengaturan jarak penanaman di bawah penanaman barisan.

C. Luas daun

Tabel 1. menunjukkan bahwa tanaman petsai yang ditanam monokultur menghasilkan luas daun yang lebih besar, meskipun jumlah daun petsai monokultur dan tumpangsari tidak berbeda nyata. Hasil ini sejalan dengan penelitian Lal et al. (2019) yang mendapatkan bahwa indeks luas daun tanaman mustard (sawi-sawian) yang ditanam tunggal (monokultur) secara nyata lebih tinggi dibanding yang ditanam secara tumpangsari dengan tanaman yang berbatang lebih tinggi (*chickpea*). Ketika petsai ditanam secara tumpangsari dengan *C.*

juncea L. dengan pertumbuhan batang lebih tinggi, intersepsi radiasi matahari sedikit terhalangi. Tanaman tumpangsari yang ternaungi selalu sedikit dalam menangkap cahaya matahari daripada tangkapan dari tanaman yang lebih tinggi, hal ini menyebabkan penurunan pergerakan udara dalam kanopi dan suhu tanah, sehingga dapat memperlambat perkembangan tanaman, sebagai contoh tumpangsari *relay strip* antara gandum dengan kapas, dimana kapas melambat 9-15 hari dibanding kapas yang ditanam monokultur (Zhang *et al.*, 2008).

Pada tanaman buncis monokultur dan tumpangsari menghasilkan luas daun yang tidak berbeda nyata. Hal ini karena dengan bantuan ajir, buncis dengan pertumbuhan batang menjalar dapat memanfaatkan radiasi matahari secara optimal. Duchene *et al.* (2017) dalam reviewnya mengungkapkan bahwa secara umum pertumbuhan beberapa spesies tanaman yang ditanam secara bersama-sama dalam tumpangsari dapat meliputi interaksi kompetisi untuk pemanfaatan nutrisi, cahaya dan air. Interaksi tersebut tidak akan menjadi halangan sepanjang interaksi saling melengkapi lebih kuat dibanding interaksi kompetisi dalam penggunaan keseluruhan sumberdaya yang ada di lingkungan (Bedoussac *et al.*, 2015).

Pada tanaman *C. juncea* L. monokultur dan tumpangsari, luas daun tanaman tidak berbeda nyata. Hal ini mungkin terjadi karena meskipun jumlah daun pada monokultur lebih tinggi, namun luas permukaan daun yang dihasilkan lebih kecil. Selain itu, struktur pertumbuhan batang *C. juncea* L. tegak dan percabangan merata, sehingga intersepsi radiasi matahari dapat optimal baik ketika ditanam monokultur maupun tumpangsari. Hasil penelitian Chimonyo *et al.* (2018) pada tumpangsari sorghum dengan kacang cowpea yang sama-sama tumbuh tegak juga menunjukkan tidak memiliki efek negatif pada indeks luas daun dan biomassa sorghum. Indeks luas daun adalah sifat yang berguna untuk menilai intensitas PAR (*Photosynthetic Active Radiation*).

D. Konsentrasi Pb pada organ tanaman

Tabel 2 menunjukkan konsentrasi Pb pada akar, batang dan daun tanaman petsai, buncis dan *C. juncea* L. pada pola tanam yang berbeda. Pada petsai, konsentrasi Pb akar dan batang tanaman yang ditanam secara monokultur lebih tinggi dari yang ditanam tumpangsari dengan *C. juncea* L. Umumnya tanaman sayuran dapat mengakumulasi lebih banyak logam berat di bagian daun dan batang hingga buahnya karena jarak translokasi yang lebih dekat (Li *et al.*, 2010). Kadar Pb pada akar petsai monokultur lebih tinggi karena tidak adanya persaingan dengan tanaman lain dan tanaman petsai memiliki perakaran menyebar dan memanjang kesamping. Menurut Alloway (2013) penyebaran konsentrasi polutan logam

paling banyak dijumpai di lapisan permukaan profil tanah, sehingga memungkinkan perakaran petsai lebih dekat dengan penyebaran Pb dalam tanah. Kadar Pb pada daun bagian luar petsai tumpangsari lebih tinggi dibanding monokultur, dimungkinkan karena daun bagian luar mendapatkan tetesan pestisida dari tajuk tanaman *C. juncea* L.

Tabel 2. Konsentrasi dan Akumulasi Pb Organ Tanaman pada Pola Tanam Monokultur dan Tumpangsari

Konsentrasi Pb dalam organ tanaman (mg/kg)				
Perlakuan Pola Tanam (P)		Akar	Batang	Daun
Petsai	P1 (S)	3,35 ± 0,12 b	5,32 ± 0,1 b	1,02 ± 0,00 a
	P4(S+C)	2,61 ± 0,00 a	1,33 ± 0,06 a	1,84 ± 0,06 b
	s.e.d (<i>p value</i>)	0,29 (<0,05)	0,34 (<0,05)	0,21 (<0,05)
Perlakuan (P)		Akar	Batang	Daun
Buncis	P2 (B)	2,09 ± 0,00 a	0,56 ± 0,00 a	3,27 ± 0,10 b
	P5(C+B)	2,32 ± 0,08 a	2,10 ± 0,06 b	2,86 ± 0,12 a
	s.e.d (<i>p value</i>)	0,23 (<i>p</i> >0,05)	0,20 (<i>p</i> <0,05)	0,39 (<i>p</i> <0,05)
Perlakuan (P)		Akar	Batang	Daun
<i>C. juncea</i> L.	P3 (C)	2,25 ± 0,00 c	1,03 ± 0,00 b	1,01 ± 0,00 a
	P4(C+S)	1,14 ± 0,06 a	0,08 ± 0,00 a	1,27 ± 0,00 b
	P5(C+B)	1,28 ± 0,04 b	1,24 ± 0,06 c	1,48 ± 0,06 c
	s.e.d (<i>p value</i>)	0,04 (<i>p</i> <0,05)	0,03(<i>p</i> <0,05)	0,03 (<i>p</i> <0,05)

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf berbeda pada kolom dan parameter pengamatan yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan nilai *standar error of difference* (s.e.d); P1 (S) = monokultur petsai; P2 (B)= monokultur buncis; P3 (C) = monokultur *C. juncea* L.; P4 (S+C)= tumpangsari petsai dengan *C. juncea* L.; P5 (C+B)= tumpangsari buncis dengan *C. juncea* L.

Pada tanaman buncis, konsentrasi Pb yang tinggi terdapat pada daun tanaman yang ditanam monokultur. Menurut Zhuang *et al.* (2009) bagian atas sayuran lebih rentan terhadap kontaminasi fisik akibat debu tanah atau percikan karena luas permukaan bagian atas tanaman seperti daun yang tinggi. Konsentrasi Pb pada batang tanaman buncis yang ditanam tumpangsari dengan *C. juncea* L. lebih tinggi dibanding yang ditanam secara monokultur. Hal ini karena batang buncis dengan bantuan ajir dapat tumbuh memanjang ke atas, sehingga ketika ditumpangsari dengan *C. juncea* L. yang juga tumbuh tegak, sama-sama berpeluang terdeposisi Pb dari semprotan pestisida campuran. Tumpangsari buncis dengan *C. juncea*, buncis memiliki luas permukaan daun yang lebih tinggi (3071,05 cm²) dibanding *C. juncea* L. (2491,25 cm²), sehingga memperluas area deposisi semprotan pestisida campuran yang berkadar Pb. Pada Tabel 2, konsentrasi Pb pada daun buncis (2,86 mg/kg) lebih tinggi dibanding konsentrasi Pb pada daun *C. juncea* L. (1,48 mg/kg), sehingga memungkinkan translokasi Pb dari daun menuju ke batang pada buncis juga lebih besar.

Konsentrasi Pb di organ akar, batang dan daun tanaman *C. juncea* L. juga terlihat bervariasi. Konsentrasi dan akumulasi logam pada tanaman berbeda mungkin terkait dengan kemampuan masing-masing tanaman yang berbeda dan sifat tanah (Liu *et al.*, 2013). Pada

akar, konsentrasi Pb *C. juncea* L. yang ditanam monokultur lebih tinggi dibanding yang ditanam tumpangsari, karena pada penanaman monokultur tanaman dapat mengakumulasi Pb tanpa *sharing* dengan tanaman lain, sehingga akumulasi Pb dalam tanaman juga lebih tinggi dibanding jika ditanam tumpangsari. Pada batang dan daun, konsentrasi Pb *C. juncea* L. baik yang ditanam secara tumpangsari terutama dengan buncis, lebih tinggi dibanding yang ditanam monokultur. *Crotalaria juncea* L. merupakan tanaman yang memiliki batang yang tegak dan pertumbuhan cepat serta mampu memproduksi biomassa yang besar (Mosjidis & Wang, 2011), sehingga ketika ditanam monokultur maupun tumpangsari dapat tumbuh dengan baik sehingga kemungkinan kemampuan akumulasi Pb tidak berbeda jauh. Tang *et al.* (2012) dalam reviewnya mengungkapkan bahwa penanaman tumpangsari berpotensi menurunkan kandungan logam berat dalam tanaman, karena pada tumpangsari terdapat kemungkinan perubahan kondisi perakaran di wilayah rizosfer yang dapat mempengaruhi ketersediaan logam untuk tanaman yang berdekatan. Menurut Kumar *et al.* (2017), bioavailabilitas logam dapat ditingkatkan oleh mikroorganisme di sekitar rizosfer, sehingga tanaman fitoremediatif seharusnya memiliki sistem perakaran dalam dan bercabang, baik dengan atau tanpa simbiosis jamur mikoriza yang hifanya dapat menembus lebih baik ke dalam pori-pori tanah kecil daripada akar.

Kesimpulan dan Saran

Secara umum, penanaman sayuran secara monokultur dan tumpangsari dengan *C. juncea* L., tidak mempengaruhi pertumbuhan tanaman petsai dan buncis, namun mempengaruhi variasi serapan Pb pada organ tanaman sayuran dan *C. juncea* L., yaitu: (1) petsai yang ditanam monokultur menghasilkan konsentrasi Pb pada akar dan batang lebih tinggi dibanding yang ditanam tumpangsari; (2) buncis yang ditanam monokultur menghasilkan konsentrasi Pb pada daun lebih tinggi; dan (3) penanaman *C. juncea* L. tumpangsari dengan sayuran buah buncis menghasilkan konsentrasi Pb daun, batang dan akar lebih tinggi dibanding *C. juncea* L. yang ditanam tumpangsari dengan petsai.

UcapanTerimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada BUDI-DN LPDP atas pembiayaan sehingga penelitian ini dapat terlaksana. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada petani yang membantu proses penelitian di lapang.

Daftar Pustaka

- Alloway, B. J. (2013). Heavy metals in soils (3rd ed.; B. J. Alloway & J. T. Trevors, eds.). Springer, London.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. (2012). Petunjuk teknis untuk Analisis kimia tanah, tanaman, air dan pupuk. Edisi 2. Kementerian Pertanian. 234p.
- Bedoussac, L., Journet, E. P., Hauggaard-Nielsen, H., Naudin, C., Corre-Hellou, G., Jensen, E. S., & Justes, E. (2015). Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3), 911–935. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0277-7>
- Chimonyo, V. G. P., Modi, A. T., & Mabhaudhi, T. (2018). Sorghum radiation use efficiency and biomass partitioning in intercrop systems. *South African Journal of Botany*, 118, 76–84. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.06.009>
- Duchene, O., Vian, J. F., & Celette, F. (2017). Intercropping with legume for agroecological cropping systems: Complementarity and facilitation processes and the importance of soil microorganisms. A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 240, 148–161. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.02.019>
- Karamina, H., Wardiyati, T., & Maghfoer, D. (2014). The Effect of Phytoremediation of Heavy Metal by Orok-Orok (*Crotalaria* sp.) On the Growth of Aloe Vera. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 7(7), 08–15. <https://doi.org/10.9790/2380-07730815>
- Kumar, B., Smita, K., & Flores, L. C. (2017). Plant mediated detoxification of mercury and lead. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, S2335–S2342.
- Lal, B., Rana, K. S., Rana, D. S., Shivay, Y. S., Sharma, D. K., Meena, B. P., & Gautam, P. (2019). Biomass, yield, quality and moisture use of Brassica carinata as influenced by intercropping with chickpea under semiarid tropics. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18(1), 61–71. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.01.001>
- Li, Q. S., Cai, S. S., Mo, C. H., Chu, B., Peng, L. H., & Yang, F. B. (2010). Toxic effects of heavy metals and their accumulation in vegetables grown in a saline soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73(1), 84–88. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2009.09.002>
- Lim, P. O., Kim, H. J., & Gil Nam, H. (2007). Leaf Senescence. *Annual Review of Plant Biology*, 58(1), 115–136. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.57.032905.105316>
- Liu, X., Song, Q., Tang, Y., Li, W., Xu, J., Wu, J., & Brookes, P. C. (2013). Human health risk assessment of heavy metals in soil-vegetable system: A multi-medium analysis. *Science of the Total Environment*, 463–464, 530–540.
- Liu, Y. guo, YE, F., Zeng, G. ming, Fan, T., Meng, L., Yuan, & H. shan. (2007). Effects of added Cd on Cd uptake by oilseed rape and pai-tsai co-cropping. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition)*, 17(4), 846–852. [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(07\)60186-1](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(07)60186-1)
- Mosjidis, J. A., & Wang, M. L. (2011). Chapter 3: *Crotalaria*. In C. Kole (Ed.), *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources - Industrial Crops* (pp. 29–61).
- Sakuraba, Y., Jeong, J., Kang, M. Y., Kim, J., Paek, N. C., & Choi, G. (2014). Phytochrome-interacting transcription factors PIF4 and PIF5 induce leaf senescence in Arabidopsis. *Nature Communications*, 5, 1–13. <https://doi.org/10.1038/ncomms5636>

- Sheoran, V., Sheoran, A. S., & Poonia, P. (2016). Factors affecting phytoextraction: A Review. *Pedosphere*, 26(2), 148–166. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(15\)60032-7](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(15)60032-7).
- Singh, T., & Rana, K. S. (2006). Effect of moisture conservation and fertility on Indian mustard (*Brassica juncea*) and lentil (*Lens culinaris*) intercropping system under rainfed conditions. *Indian Journal of Agronomy*, 51(4), 267–270.
- Tang, Y. T., Deng, T. H. B., Wu, Q. H., Wang, S. Z., Qiu, R. L., Wei, Z. Bin, ... Morel, J. L. (2012). Designing Cropping Systems for Metal-Contaminated Sites: A Review. *Pedosphere*, 22(4), 470–488. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(12\)60032-0](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(12)60032-0).
- Temperton, V. M., Mwangi, P. N., Scherer-Lorenzen, M., Schmid, B., & Buchmann, N. (2007). Positive interactions between nitrogen-fixing legumes and four different neighbouring species in a biodiversity experiment. *Oecologia*, 151(2), 190–205.
- Yang, R., Tang, J., Chen, X., & Hu, S. (2007). Effects of coexisting plant species on soil microbes and soil enzymes in metal lead contaminated soils. *Applied Soil Ecology*, 37(3), 240–246. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2007.07.004>
- Zhang, L., van der Werf, W., Zhang, S., Li, B., & Spiertz, J. H. J. (2008). Temperature-mediated developmental delay may limit yield of cotton in relay intercrops with wheat. *Field Crops Research*, 106(3), 258–268. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.12.010>
- Zhou, T., Wang, L., Yang, H., Gao, Y., Liu, W., & Yang, W. (2019). Ameliorated light conditions increase the P uptake capability of soybean in a relay-strip intercropping system by altering root morphology and physiology in the areas with low solar radiation. *Science of the Total Environment*, 688, 1069–1080.
- Zhuang, P., McBride, M. B., Xia, H., Li, N., & Li, Z. (2009). Health risk from heavy metals via consumption of food crops in the vicinity of Dabaoshan mine, South China. *Science of the Total Environment*, 407(5), 1551–1561.