



## AGROMIX

Jurnal Ilmiah Fakultas Pertanian, Universitas Yudharta Pasuruan

pISSN (Print): 2085-241X; eISSN (Online): 2599-3003

Website: <https://jurnal.yudharta.ac.id/v2/index.php/agromix>

### Pengaruh sistem monokultur dan tumpangsari antara sayuran dan *Crotalaria juncea* L. terhadap akumulasi Pb, biomassa, dan hasil tanaman

*The Effect of monoculture and intercropping system between vegetables crop and Crotalaria juncea L. on Pb accumulation, biomass, and yield*

Yekti Sri Rahayu<sup>1\*</sup>, Tatik Wardiyati<sup>2</sup>, Moch. Dawam Maghfoer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitas Wisnuwardhana, Jl. D. Sentani 99, Malang, Jawa Timur

<sup>2</sup>Universitas Brawijaya, Jl. Veteran No.1, Malang, Jawa Timur

\*Email korespondensi: yektisriahayu@gmail.com

#### ABSTRACT

##### Article History

Received : July 8, 2021

Accepted : September 15, 2021

Published : September 28, 2021

##### Keyword

beans; Chinese cabbage; cropping system; Pb accumulation

Intercropping system that involves planting multispecies between accumulator plants and cultivated plants is a way to improve the phytoextraction of heavy metals in agricultural land simultaneously. However, how the effect of accumulator plants on the growth and yield of cultivated plants has not been widely studied. This study aims to determine the growth and yield of vegetables intercropped with accumulator plants from the legume group, namely *Crotalaria juncea* L. The study was carried out using a randomized block design with one factor, namely Chinese vegetable monoculture (P1), bean vegetable monoculture (P2), and accumulator plant monoculture. *Crotalaria juncea* L. (P3), an intercropping system between Chinese cabbage and *Crotalaria juncea* L. (P4; and an intercropping system of beans and *Crotalaria juncea* L. (P5). The results showed that in Chinese cabbage, monoculture planting produced biomass and crop yields. per plant and per plot were higher than the crops grown by intercropping. In the bean crop, monoculture and intercropping systems did not provide differences in biomass yield and fruit yield per plant and per plot. *Crotalaria juncea* L, which was grown in monoculture produced plant biomass and the yield of the stove per square is higher compared to those planted by intercropping. *Crotalaria juncea* L. intercropped with Chinese cabbage was able to accumulate more Pb in the roots, while *Crotalaria juncea* intercropped with chickpeas accumulated higher Pb in the stems. *Crotalaria juncea* plants grown in monoculture accumulated higher Pb than those intercropped with vegetables, so further research is needed to test the effective removal of Pb using other cropping systems.

#### ABSTRAK

##### Riwayat Artikel

Dikirim : 8 Juli, 2021

Disetujui : 15 September, 2021

Diterbitkan : 28 September, 2021

##### Kata Kunci

buncis; petersai; pola tanam; akumulasi Pb

Penggunaan sistem tumpangsari yang melibatkan penanaman multipesies antara tanaman akumulator dengan tanaman budidaya diperkenalkan sebagai salah satu upaya perbaikan fitoekstraksi logam berat di lahan pertanian secara serempak. Namun bagaimana pengaruh dari tanaman akumulator terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman budidaya belum banyak dikaji. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan dan hasil tanaman sayuran yang ditumpangsarikan dengan tanaman akumulator dari kelompok legum yaitu *Crotalaria juncea* L. Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok satu faktor yaitu monokultur sayuran petersai (P1), monokultur sayuran buncis (P2), monokultur tanaman akumulator *Crotalaria juncea* L. (P3), tumpangsari sayuran petersai dan *Crotalaria juncea* L. (P4) dan tumpangsari sayuran buncis dan *Crotalaria juncea* L. (P5). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tanaman petersai, penanaman secara monokultur menghasilkan biomassa, dan hasil krop per tanaman dan per petak lebih tinggi dibanding yang ditanam tumpangsari. Pada buncis, penanaman secara monokultur dan tumpangsari tidak memberikan perbedaan hasil biomassa dan hasil buah per tanaman dan per petak. Sedangkan pada *Crotalaria juncea* L, penanaman secara monokultur menghasilkan biomassa tanaman dan hasil brangkasan per petak lebih tinggi dibanding yang ditanam secara tumpangsari. *Crotalaria juncea* L. yang ditumpangsarikan dengan petersai mampu mengakumulasi Pb lebih banyak di bagian akar, sedangkan *Crotalaria juncea* yang ditumpangsarikan dengan buncis mengakumulasi Pb lebih tinggi di bagian batang. *Crotalaria juncea* yang ditanam secara monokultur mengakumulasi Pb lebih tinggi dibanding yang ditumpangsari dengan sayuran, sehingga diperlukan penelitian lanjutan untuk menguji pembersihan logam Pb secara efektif menggunakan sistem pola tanam yang lainnya.

**Sitasi:** Rahayu, Y. S., Wardiyati, T., & Maghfoer, M. D. (2021). Pengaruh sistem monokultur dan tumpangsari antara sayuran dan *Crotalaria juncea* L. terhadap akumulasi Pb, biomassa, dan hasil tanaman. *Agromix*, 12(2), 111-118. <https://doi.org/10.35891/agx.v12i2.2583>

## PENDAHULUAN

Kontaminasi tanah-tanah pertanian oleh logam berat meningkat sebagai aktivitas industri, pemupukan dan penggunaan bahan agrokimia lainnya yang intensif dan berlebihan dan berlangsung dalam jangka waktu lama. Logam berat bersifat *non-biodegradable* dan kelebihan akumulasi logam berat pada tanah pertanian dapat menyebabkan risiko kesehatan. Logam berat di tanah-tanah pertanian akan selalu ada karena logam berat juga berasal dari pelapukan batuan induk di dalam tanah. Oleh sebab itu, tanaman yang ditanam di atasnya dapat mengambil dan mengakumulasi logam dalam jaringannya. Ketika tanaman yang mengakumulasi logam berat dikonsumsi oleh manusia maka dalam batas tertentu dapat menimbulkan risiko kesehatan. Untuk itu diperlukan upaya yang dapat meminimalisir serapan logam berat dalam jaringan tanaman.

Teknologi fitoremediasi atau pembersihan lahan dari logam berat dengan menggunakan tanaman di tanah-tanah terkontaminasi logam selama ini efektif digunakan hingga tanah menjadi aman untuk ditanami tanaman budidaya. Namun demikian yang menjadi kelemahan teknologi ini adalah dibutuhkan waktu yang lama hingga bertahun-tahun agar tanah benar-benar aman untuk ditanami. Oleh sebab itu, hal ini kurang diminati oleh petani jika tanah pertaniannya dibiarkan tidak berproduksi dalam jangka waktu lama, karena secara ekonomi dapat mengurangi pendapatan keluarga. Diperlukan solusi bagaimana cara agar upaya pembersihan lahan pertanian dari kontaminasi logam berat dapat berjalan secara simultan dan kontinu dengan produksi tanaman.

Sistem penanaman tumpangsari dipandang sebagai salah satu upaya pendekatan yang dapat mendukung teknologi fitoremediasi pada beberapa tanah terkontaminasi ringan hingga sedang. Tumpangsari merupakan praktek agronomi yang umum diadopsi oleh petani karena selain dapat meningkatkan produktivitas lahan dan menurunkan serangan hama dan penyakit (Temperton dkk., 2007), penerapan tumpangsari pada tanah terkontaminasi juga dapat mempengaruhi distribusi serapan logam oleh salah satu tanaman (Yang dkk., 2007). Diharapkan dengan mengadopsi sistem tumpangsari melalui penanaman multispesies dalam lahan yang sama, yaitu dengan memanfaatkan tanaman akumulator logam yang ditanam bersama-sama dengan tanaman utama dapat meminimalisir serapan logam pada tanaman utama.

Oleh sebab itu, perlu dikaji komposisi pemilihan tanaman yang sesuai untuk diterapkan dalam sistem tumpangsari, agar pertumbuhan dan produksi tanaman utama dapat dicapai dengan baik. Interaksi spesifik antar spesies dalam agroekosistem dianggap sebagai pendorong produktivitas yang lebih baik. Di dalamnya terdapat interaksi penggunaan sumberdaya yang saling melengkapi melalui penggunaan sumberdaya lingkungan secara optimal (Franco dkk., 2018). Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk mengetahui pertumbuhan dan hasil tanaman sayuran daun (petsai) dan sayuran buah (buncis) yang ditumpangsarikan dengan tanaman legume *Crotalaria juncea* L. serta akumulasi Pb dari tanaman yang ditanam dengan pola tanam berbeda. Tanaman legume *Crotalaria juncea* L. dipilih sebagai tanaman sela di antara tanaman sayuran karena memiliki sistem perakaran dalam dapat berfungsi dalam sistem tumpangsari dengan tanaman lain yang berakar dangkal (Miyazawa dkk., 2010), sehingga diharapkan meminimalisir kompetisi serapan hara di dalam tanah dengan perakaran tanaman sayuran. Menurut Kumar & Kumari (2015), tanaman fitoremediasi seharusnya memiliki sistem perakaran dengan percabangan yang baik dan dalam. Pemanfaatan tanaman akumulator Pb dari kelompok leguminosa seperti *Crotalaria* dalam praktek agronomi diharapkan dapat mengurangi serapan Pb di dalam tanaman sayuran mengingat jenis legum ini memiliki syarat fisik tanaman fitoremediasi dengan perakaran yang dalam dan menyebar.

## METODE

### Tempat pelaksanaan

Percobaan ini merupakan percobaan lapang yang dilaksanakan di lahan pertanian sentra produksi tanaman sayuran dataran menengah di desa Wonorejo, Poncokusumo, Kab. Malang yang memiliki ketinggian tempat sekitar 678 m di atas permukaan laut, dengan kadar Pb total di tanah 30,4 mg/kg, dan kadar Pb tersedia 3,39 mg/kg.

### Alat dan bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan di antaranya cangkul, gembor, sabit, sekop, ember, penggaris, gunting, timbangan digital, oven, dan kantong plastik dan kantong kertas, benih petsai, benih buncis, benih *Crotalaria juncea* L., pupuk fosfat (20% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) sebanyak 300 kg/ha, Urea (45% N) sebanyak 300 kg/ha, KCl sebanyak 150 kg/ha, dan pestisida.

### Metode penelitian

Metode percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok sederhana terdiri dari lima taraf perlakuan yaitu: P1= monokultur tanaman petsai; P2= monokultur tanaman buncis; P3= monokultur tanaman *Crotalaria juncea* L.; P4= tumpangsari *Crotalaria juncea* L. dengan tanaman petsai; dan P5= tumpangsari *Crotalaria juncea* L. dengan tanaman buncis. Masing-masing perlakuan diulang lima kali, dengan ukuran masing-masing plot percobaan 4,2 m x 2,5

m. Parameter yang diamati meliputi Biomassa tanaman terdiri dari bobot kering akar, bobot kering tajuk, total kadar *khlorofil a* dan *b* (Miazek, 2002; Nurcahyani, dkk., 2020), dan hasil per tanaman.

#### Analisa data

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap parameter pengamatan, data hasil pengukuran yang diperoleh selanjutnya dianalisis ragam (ANOVA) satu faktor. Jika terdapat pengaruh nyata dilanjutkan dengan uji orthogonal kontras pada taraf 5% pada masing-masing kelompok tanaman yang diujikan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Bobot kering akar

Tabel 1 menunjukkan bahwa tanaman petersai yang ditanam monokultur menghasilkan bobot kering akar lebih tinggi dibanding yang ditanam secara tumpangsari. Petersai yang ditanam monokultur menghasilkan bobot kering akar 48,98% lebih tinggi dibandingkan dengan yang ditanam secara tumpangsari. Hal ini sangat mungkin karena didukung juga oleh panjang akar dari petersai yang ditanam monokultur lebih tinggi dibanding yang ditanam secara tumpangsari. Selain itu, penanaman secara monokultur memberikan kesempatan perakaran berkembang lebih optimal karena tidak adanya kompetisi dengan perakaran dari spesies lain dalam satu petak penanaman. Pengaturan jarak tanam yang optimal pada penanaman monokultur, memudahkan tanaman untuk memperluas perakaran hingga menghasilkan bobot kering akar yang lebih maksimal. Pada penanaman tumpangsari memposisikan perakaran tanaman yang berbeda berdampak pada petak yang sama.

Tabel 1. Bobot kering akar, bobot kering tajuk, dan kadar *khlorofil* total tanaman petersai, buncis dan *C. juncea* L. umur 8 mst pada pola tanam monokultur dan tumpangsari

	Perlakuan Pola Tanam (P)	Bobot kering akar (g)	Bobot kering tajuk (g)	Kadar Khlorofil total (mg/g)
Petersai	Monokultur (P1)	8,37 b	97,91 b	47,29 a
	Tumpangsari dengan <i>C. juncea</i> L. (P4)	4,27 a	66,44 a	44,14 a
	Uji Orthogonal Kontras	p<0,05	P<0,05	p>0,05
Buncis	Monokultur (P2)	1,91 a	65,07 a	65,54 a
	Tumpangsari dengan <i>C. juncea</i> L. (P5)	2,07 a	79,03 b	67,97 a
	Uji Orthogonal Kontras	p>0,05	P<0,05	p>0,05
<i>C. juncea</i> L.	Monokultur (P3)	6,80 b	49,03 b	83,80 a
	Tumpangsari dengan petersai (P4)	5,58 a	34,75 a	88,61 a
	Tumpangsari dengan buncis (P5)	4,26 a	26,14 a	84,11 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 berdasar hasil Uji Orthogonal Kontras taraf 5% pada masing-masing kelompok pengujian

Pada tanaman buncis, hingga periode pengamatan 8 mst, bobot kering akar tanaman yang ditanam secara monokultur tidak berbeda nyata dibanding dengan yang ditanam secara tumpangsari. Pertumbuhan perakaran buncis yang ditumpangsari sedikit lebih tinggi sekitar 7,73% dibanding perakaran buncis yang ditanam secara monokultur. Pada tumpangsari buncis dengan *C. juncea* L., pertumbuhan akar buncis, sama kuatnya dengan pertumbuhan perakaran *C. juncea* L. Pertumbuhan akar buncis mengalami kenaikan sekitar 59,97%, (tidak jauh berbeda dengan perakaran buncis yang ditanam secara monokultur yang naik sebesar 59,03%), sementara *C. juncea* L. yang ditumpangsarkan dengan buncis mengalami peningkatan pertumbuhan perakaran yang lebih kecil yaitu 53,13%. Perakaran buncis memiliki struktur akar yang tumbuh memanjang ke dalam tanah, ketika ditanam secara monokultur maupun tumpangsari tidak mempengaruhi pertumbuhan perakaran tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa perakaran buncis mampu memanfaatkan sumberdaya yang ada di dalam tanah meskipun ditanam bersama-sama dengan *C. juncea* L.

Tanaman *C. juncea*, yang ditanam tumpangsari dengan petersai juga menghasilkan bobot kering akar lebih rendah sekitar 21,86% dibanding yang ditanam monokultur, dan *C. juncea* yang ditumpangsarkan dengan buncis menghasilkan bobot kering akar 59,62% lebih rendah dibanding yang ditanam monokultur. Penurunan bobot kering akar *C. juncea* L. yang ditumpangsari dengan petersai lebih rendah dibanding ketika *C. juncea* L. ditumpangsari dengan buncis. Menurut Li dkk. (2013), pada penanaman tumpangsari (*intercropping*), terdapat interaksi kompetisi di bagian bawah tanah (perakaran) antar tanaman. Laju pertumbuhan dan arsitektur perakaran dapat sangat berbeda di antara spesies tanaman yang berbeda terutama jika ditanam dan dipanen pada waktu yang sama. Dinamika distribusi akar dari spesies tanaman yang berbeda seperti tumpangsari *C. juncea* L. dengan petersai dan *C. juncea* L. dengan buncis

dalam tanah secara langsung berhubungan dengan akuisisi nutrisi dan penggunaan air. Hasil penelitian Miyazawa dkk. (2010) menunjukkan bahwa *Crotalaria* memiliki sistem perakaran yang dalam dan tumbuh baik ketika ditanam secara tunggal maupun secara intercropping. Kedalaman sistem perakarannya seiring dengan kemampuannya memanfaatkan N dari atmosfer, sehingga ketika *Crotalaria juncea* ditumpangsari dengan petsai yang perakarannya lebih dangkal, *Crotalaria* dapat berada pada ruang perakaran (niche) masing-masing di bawah penanaman secara intercropping. Sedangkan, pada tumpangsari dengan buncis, yang sama-sama memiliki perakaran dalam, potensi kompetisi dalam pemanfaatan nutrisi dan air menjadi lebih tinggi, sehingga penurunan pertumbuhan perakarannya juga lebih besar.

### **Bobot kering tajuk**

Tabel 1 menunjukkan bahwa tanaman petsai di periode pengamatan 8 mst., yang ditanam monokultur menghasilkan bobot kering tajuk lebih besar dibanding yang ditanam secara tumpangsari. Pertumbuhan tajuk petsai yang ditanam secara monokultur 47,37% lebih tinggi dibanding yang ditanam secara tumpangsari dengan *C. juncea* L. Hasil ini sejalan dengan penelitian Zhou dkk., (2019), dimana bobot kering tajuk tanaman kedelai yang ditanam tunggal lebih tinggi daripada yang ditanam tumpangsari yang sangat mungkin disebabkan karena penanangan pada tumpangsari. Tanaman petsai yang ditanam secara monokultur lebih leluasa mendapatkan sinar matahari sehingga menunjang pertumbuhan tajuk lebih baik. Pada penanaman petsai secara tumpangsari sangat mungkin terjadi kompetisi mendapatkan sinar matahari dengan tanaman *C. juncea* L yang memiliki struktur pertumbuhan batang lebih tinggi. Tumpangsari petsai dengan *C. juncea* L. hampir serupa dengan *relay intercropping*, dimana efek langsung penanangan dari *C. juncea* L. dapat menurunkan intensitas penyinaran sehingga perkembangan tanaman lebih lambat dan secara tidak langsung berpengaruh pada rendahnya luas daun (Li dkk., 2013).

Pada buncis menunjukkan hasil berbeda, dimana tanaman yang ditumpangsarikan dengan *C. juncea* L, menghasilkan pertumbuhan tajuk 17,66% lebih tinggi dibanding yang ditanam secara monokultur. Meskipun kadar khlorofil tanaman buncis yang ditanam tumpangsari dengan monokultur tidak berbeda nyata, namun kadarnya 3,58% lebih tinggi sehingga dimungkinkan mempengaruhi biomassa tajuk buncis yang ditanam tumpangsari lebih tinggi dibanding yang ditanam monokultur. Hal ini menunjukkan kompetisi buncis dengan tanaman *C. juncea* L. yang sama-sama memiliki pertumbuhan batang meninggi tidak mempengaruhi pertumbuhan tajuk tanaman buncis. Pada penanaman monokultur pertumbuhan tajuk buncis umur 6 hingga 8 mst naik sekitar 194,9%, sementara pada penanaman tumpangsari naik sekitar 183,03%. Tumpangsari buncis dan *C. juncea* L. ditanam secara barisan, menurut Li dkk., (2013) pada skala ruang yang kecil, barisan tanaman tumpangsari memberikan kesempatan bagi tanaman untuk menangkap cahaya lebih dari kanopi tanaman yang ditanam tunggal per unit area barisan.

Pada *C. juncea* L., pertumbuhan tajuk tanaman yang ditanam monokultur 41,09% lebih tinggi dibanding dengan *C. juncea* L. yang ditanam secara tumpangsari dengan petsai dan 87,557% lebih tinggi dari *C. juncea* yang ditanam secara tumpangsari dengan buncis. Hal ini karena pada penanaman monokultur, kompetisi dengan tanaman lain tidak terjadi, sehingga tajuk *Crotalaria* yang ditanam monokultur dapat tumbuh optimal. Hasil studi ini berbeda dengan hasil penelitian Miyazawa dkk., (2010) yang menunjukkan biomassa tajuk tanaman *Crotalaria juncea* pada saat ditanam *intercropping* dengan tanaman bunga matahari menunjukkan biomassa yang lebih tinggi secara nyata di akhir panen dibanding ketika ditanam secara tunggal. Hal ini karena struktur tajuk tanaman *C. juncea* lebih tinggi, dengan percabangan yang merata sehingga tajuk tanaman masih dapat tumbuh dengan optimal ketika ditumpangsarikan dengan bunga matahari.

### **Kadar khlorofil**

Perlakuan monokultur dan tumpangsari baik pada petsai, buncis dan *C. juncea* L., tidak berpengaruh terhadap kadar khlorofil total daun ( $p>0,05$ ). Tanaman petsai dalam pertumbuhannya hingga menghasilkan krop tidak membutuhkan cahaya matahari terlalu tinggi, sehingga ketika ditanam secara monokultur tanpa naungan maupun secara tumpangsari yang ternaungi tanaman pendampingnya, produksi klorofil tidak terpengaruh. Tanaman yang ditanam monokultur maupun tumpangsari menunjukkan interaksi di bagian atas tanah, diantaranya dalam bentuk pemanfaatan cahaya, sumberdaya panas dalam kanopi, dan kompensasi faktor-faktor iklim mikro seperti radiasi dan suhu yang berkaitan dengan struktur campuran tanaman, susunan ruang dan susunan waktu (Li dkk., 2013).

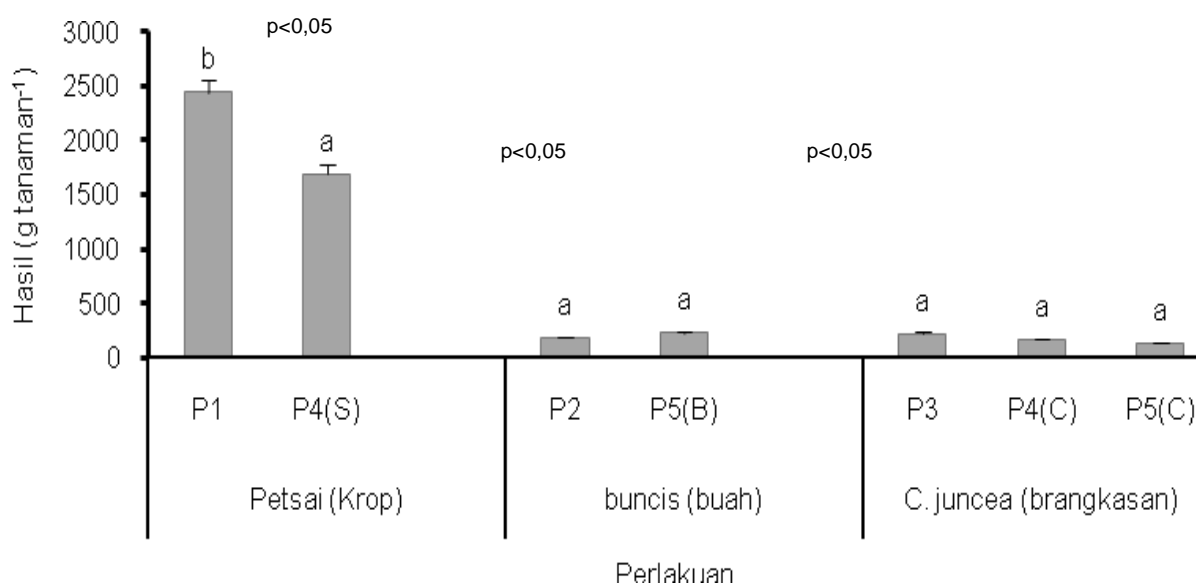
Kadar khlorofil pada buncis dan *C. juncea* L. menunjukkan hasil serupa dengan petsai, tidak berbeda nyata baik yang ditanam monokultur maupun tumpangsari. Tanaman buncis memiliki pertumbuhan batang yang menjalar dan memanjang, sehingga ketika ditanam secara monokultur maupun tumpangsari, dengan bantuan ajir tanaman buncis dapat memanfaatkan radiasi matahari secara optimal dan memproduksi klorofil yang tidak jauh berbeda. Pada tanaman *C. juncea* L., pertumbuhan batang yang tinggi dan bersemak, membuat tanaman ini mampu berkompetisi mendapatkan sinar matahari secara optimal. Kadar klorofil mencerminkan kemampuan asimilasi, dan kapasitas fotosintesis dapat dicerminkan oleh laju fotosintesis. Oleh karena itu, semakin tinggi kandungan klorofil dan laju fotosintesis, semakin tinggi pula energi bersih dan akumulasi produk asimilasi, dan semakin kuat kapasitas fotosintesis (De Souza dkk., 2017). Hasil penelitian Liu dkk. (2019) melaporkan bahwa kemampuan fotosintesis dan proses fotosintesis dapat ditingkatkan dengan meningkatnya kandungan klorofil dan laju fotosintesis di bawah pola tumpangsari untuk menunda penuaan tanaman.

## Hasil tanaman

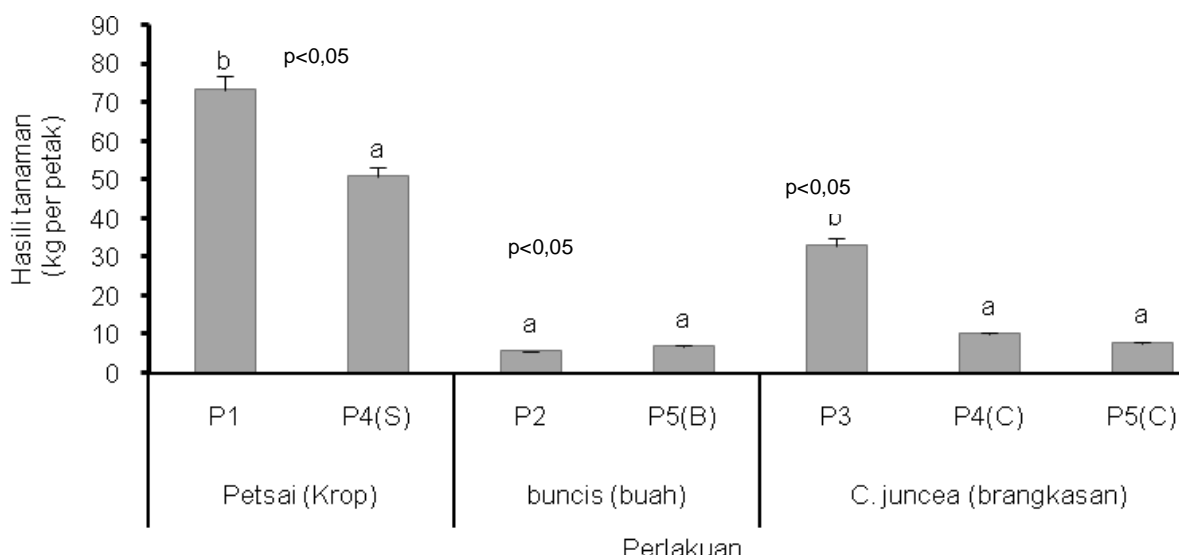
Pada Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan bahwa tanaman petsai yang ditanam monokultur menghasilkan bobot segar krop 30,79% lebih tinggi dibanding petsai yang ditanam tumpangsari. Hal ini karena didukung oleh pertumbuhan tanaman seperti bobot kering akar, bobot kering tajuk dari penanaman monokultur yang lebih baik sehingga mempengaruhi hasil produksi krop tanaman penanaman monokultur lebih baik. Modifikasi lingkungan dalam tumpangsari yang sangat jelas adalah adanya penanaman satu spesies tanaman yang tumbuh lebih tinggi terhadap tanaman yang lain, akibatnya terjadi pengurangan penangkapan cahaya sehingga menurunkan pertumbuhan dan hasil (Li dkk., 2013).

Tanaman buncis yang ditanam secara monokultur dan tumpangsari dengan *C. juncea* tidak menunjukkan perbedaan hasil bobot segar buah/polong ( $p>0,05$ ), bahkan pada tumpangsari buncis menghasilkan polong sedikit lebih tinggi dibanding yang ditanam monokultur. Hal ini karena pertumbuhan buncis yang ditanam secara monokultur dan tumpangsari tidak menunjukkan perbedaan yang terlalu besar pada kadar klorofil dan bobot kering akar. Menurut Li dkk. (2013), keuntungan hasil dari tumpangsari sering dikaitkan dengan hubungan saling melengkapi antara komponen tanaman dalam tumpangsari, menghasilkan total penggunaan sumberdaya yang ada lebih baik dibanding ketika ditanam secara terpisah. Tumpangsari buncis dengan *C. juncea* L. merupakan kombinasi dua tanaman legum. Menurut Mariotti, dkk. (2009), ketika dua tanaman legum ditumpangsarkan, tanaman penambat nitrogen hadir, maka campuran komponen perakaran menjadi penting karena dapat memanfaatkan sumberdaya yang ada di dalam tanah.

Tanaman buncis yang menjalar mampu menangkap cahaya dengan baik saat ditumpangsarkan, sehingga menurut Zhang dkk. (2008a), perbaikan produktivitas dapat dihasilkan dari adanya intersepsi cahaya yang lebih besar. Intersepsi cahaya dalam satu lahan dapat meningkat sebagai hasil dari pertumbuhan dua spesies tanaman yang ditanam bersama-sama dibanding jika kedua tanaman ditanam secara sendiri-sendiri, sebagai hasil perpanjangan periode penutupan tanah dalam tumpangsari (keuntungan sementara) atau juga karena penutupan tanah yang sempurna (keuntungan penggunaan ruang) dalam tumpangsari (Keating & Carberry, 1993). Hasil penelitian Franco dkk. (2015) melaporkan bahwa pada saat penanaman campuran lebih dari satu spesies tanaman, maka jarak antar tanaman yang semakin dekat akan meningkatkan kompetisi. Sehingga dengan pengaturan jarak yang tepat antar individu dalam penanaman campuran dapat menjaga keseimbangan untuk memaksimalkan interaksi fasilitas sumberdaya yang ada dan meminimalkan interaksi persaingan, tanpa mengorbankan kualitas buah yang dihasilkan.



Gambar 1. Hasil tanaman petsai (bobot segar krop), buncis (bobot segar buah), dan *C. juncea* L. (bobot segar brangkasan tanaman) pada pola tanam monokultur dan tumpangsari. Keterangan: angka-angka di atas kolom yang didampingi huruf berbeda pada spesies yang sama menunjukkan perbedaan nyata berdasar uji orthogonal kontras taraf 5%. P1(S)=monokultur petsai; P2(B)=monokultur buncis; P3(C)=monokultur *C. juncea* L.; P4(S+C)=tumpangsari petsai + *C. juncea* L.; P5(B+C) = tumpangsari buncis + *C. juncea* L.



Gambar 2. Hasil per luasan petak tanaman petai (bobot segar krop), buncis (bobot segar buah), dan *C. juncea* L. (bobot segar brangkasan tanaman) pada pola tanam monokultur dan tumpangsari (luas petak 10,5 m<sup>2</sup>). Keterangan: angka-angka di atas kolom yang didampingi huruf berbeda pada spesies yang sama menunjukkan perbedaan nyata berdasar uji orthogonal kontras taraf 5%. P1(S)=monokultur petai; P2(B)=monokultur buncis; P3(C)=monokultur *C. juncea* L.; P4(S+C)=tumpangsari petai + *C. juncea* L.; P5(B+C) = tumpangsari buncis + *C. juncea* L.

Tanaman *C. juncea* L. yang ditanam secara monokultur menghasilkan bobot segar brangkasan per tanaman yang tidak berbeda dengan *C. juncea* yang ditumpangsarikan dengan sayuran. Namun, hasil brangkasan segar per petak pada *C. juncea* yang ditanam monokultur lebih tinggi dibanding yang ditanam secara tumpangsari, hal ini lebih dikarenakan perbedaan populasi *C. juncea* dalam tumpangsari yang lebih sedikit (60 tanaman per petak) dibanding populasi tanaman yang ditanam secara monokultur (150 tanaman per petak).

#### Akumulasi Pb pada organ tanaman

Tabel 2 menunjukkan bahwa tanaman sayuran petai dan buncis baik yang ditanam monokultur maupun tumpangsari dengan *C. juncea* L., tidak menunjukkan perbedaan nyata dalam mengakumulasi Pb di organ tanaman bagian akar, batang, daun. Hal ini sangat mungkin karena akumulasi logam dipengaruhi oleh biomassa masing-masing organ tanaman. Akumulasi logam dalam tanaman dihitung dengan mengalikan biomassa tanaman dengan konsentrasi logam (Xu dkk., 2016). Hasil penelitian ini menunjukkan biomassa akar dan tajuk tanaman petai pada penanaman monokultur memang lebih tinggi, namun persentase perbedaan hasil biomassa akar dan tajuk antara monokultur dan tumpangsari rata-rata 48,98% (akar) dan 47,37% (tajuk), tidak lebih dari separo biomassa tanaman yang ditanam monokultur, sehingga menyebabkan akumulasi Pb di organ akar dan tajuk tanaman tidak berbeda secara signifikan.

Tabel 2. Akumulasi Pb organ tanaman sayuran dan *C. juncea* L. pada pola tanam monokultur dan tumpangsari

Akumulasi Pb dalam organ tanaman (mg/tanaman dalam bobot kering)				
Perlakuan Pola Tanam (P)		Akar	Batang	Daun
Petai	P1 (S)	0,028 ± 0,001 a	0,022 ± 0,0004 a	0,08±0,00 a
	P4(S+C)	0,011 ± 0,000 a	0,003 ± 0,0002 a	0,09±0,003 a
	s.e.d (p value)	0,03 (>0,05)	0,02 (p>0,05)	0,05 (p>0,05)
Perlakuan (P)		Akar	Batang	Daun
Buncis	P2 (B)	0,004 ± 0,00 a	0,005±0,00 a	0,054±0,002 a
	P5(C+B)	0,005 ± 0,0002 a	0,022±0,0006 a	0,055±0,002 a
	s.e.d (p value)	0,01(>0,05)	0,02(>0,05)	0,05(>0,05)
Perlakuan (P)		Akar	Batang	Daun
<i>C. juncea</i> L.	P3 (C)	0,0153 ± 0,00 c	0,0352±0,00 c	0,0151±0,00 b
	P4(C+S)	0,0064 ± 0,0004 b	0,0189±0,00 a	0,0142±0,00 a
	P5(C+B)	0,0055 ± 0,0002 a	0,0204±0,0009 b	0,0143±0,001 a
	s.e.d (p value)	0,0002 (<0,05)	0,0005(<0,05)	0,0003(<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); P2 (B) = monokultur buncis; P5 (B+C)= tumpangsari buncis dengan *C. juncea* L.

Pada Tabel 2 tampaknya terdapat variasi akumulasi Pb pada tanaman *C. juncea* L. di organ akar, batang dan daun. Menurut Bi dkk. (2018), variasi konsentrasi Pb pada bagian tanaman mempengaruhi nilai akumulasi Pb dalam tanaman. Kemampuan setiap tanaman berbeda dalam mengakumulasi logam berat dan tergantung pula pada karakteristik tanah tempat tanaman tumbuh (Liu dkk., 2013). Secara umum, akumulasi Pb pada akar, batang dan daun tanaman *C. juncea* L. yang ditanam monokultur lebih tinggi dibanding yang ditanam tumpangsari, karena pada penanaman monokultur, rata-rata dihasilkan biomassa organ yang lebih tinggi. Menurut Mosjidis dan Wang (2011), tanaman *Crotalaria juncea* L. memiliki batang yang tegak dan pertumbuhan cepat serta mampu memproduksi biomassa yang besar, dan ketika ditanam monokultur maupun tumpangsari dapat tumbuh dengan baik sehingga kemampuan akumulasi Pb tidak berbeda jauh.

### KESIMPULAN

Penanaman secara monokultur dan tumpangsari dengan *Crotalaria juncea* L pada tanaman petsai dan buncis menghasilkan respon pertumbuhan dan hasil yang berbeda. Pada tanaman petsai, penanaman secara monokultur menghasilkan biomassa, dan hasil krop per tanaman dan per petak lebih tinggi dibanding yang ditanam tumpangsari. Pada buncis, penanaman secara monokultur dan tumpangsari tidak memberikan perbedaan hasil biomassa dan hasil buah per tanaman dan per petak. Sedangkan pada *Crotalaria juncea* L, penanaman monokultur menghasilkan biomassa tanaman dan hasil brangkasan per petak lebih tinggi dibanding yang ditanam secara tumpangsari. *Crotalaria juncea* L. yang ditumpangsarikan dengan petsai mampu mengakumulasi Pb lebih banyak di bagian akar, sedangkan *Crotalaria juncea* yang ditumpangsarikan dengan buncis mengakumulasi Pb lebih tinggi di bagian batang. *Crotalaria* yang ditanam secara monokultur mengakumulasi Pb lebih tinggi dibanding yang ditumpangsari dengan sayuran, sehingga diperlukan penelitian lanjutan untuk menguji pembersihan logam Pb secara efektif menggunakan sistem pola tanam yang lainnya

### DAFTAR PUSTAKA

- Bi, C., Zhou, Y., Chen, Z., Jia, J., & Bao, X. (2018). Heavy metals and lead isotopes in soils, road dust and leafy vegetables and health risks via vegetable consumption in the industrial areas of Shanghai, China. *Science of the Total Environment*, 619–620, 1349–1357. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.177>
- De Souza, A. P., Massenburg, L. N., Jaiswal, D., Cheng, S., Shekar, R., & Long, S. P. (2017). Rooting for cassava: insights into photosynthesis and associated physiology as a route to improve yield potential. *New Phytologist*, 213(1), 50–65. <https://doi.org/10.1111/nph.14250>
- Franco, J. G., King, S. R., Masabni, J. G., & Volder, A. (2015). Plant functional diversity improves short-term yields in a low-input intercropping system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 203, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.01.018>
- Franco, J. G., King, S. R., & Volder, A. (2018). Component crop physiology and water use efficiency in response to intercropping. *European Journal of Agronomy*, 93(July 2017), 27–39. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.11.005>
- Keating, B. A., & Carberry, P. S. (1993). Resource capture and use in intercropping: solar radiation. *Field Crops Research*, 34(3–4), 273–301. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(93\)90118-7](https://doi.org/10.1016/0378-4290(93)90118-7)
- Kumar, G. H., & Kumari, J. P. (2015). Heavy Metal Lead Inflammatory Toxicity and Its Assessment in Phytoremediating Plants — A Review. *Water, Air Soil Pollution*, 226(324(2015)), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s11270-015-2547-7>
- Li, L., Zhang, L., & Zhang, F. (2013). Crop Mixtures and the Mechanisms of Overyielding. *Encyclopedia of Biodiversity: Second Edition*, 2, 382–395. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384719-5.00363-4>
- Liu, H., Gao, Y., Gao, C., Liu, S., Zhang, J., Chen, G., ... Wu, F. (2019). Study of the physiological mechanism of delaying cucumber senescence by wheat intercropping pattern. *Journal of Plant Physiology*, 234–235(April 2018), 154–166. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2019.02.003>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.06.064>
- Mariotti, M., Masoni, A., Ercoli, L., & Arduini, I. (2009). Above- and below-ground competition between barley, wheat, lupin and vetch in a cereal and legume intercropping system. *Grass and Forage Science*, 64(4), 401–412. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2009.00705.x>
- Miazek, M. inż. K. (2002). *Chlorophyll extraction from harvested plant material Mgr in ż. Krystian Miazek Supervisor* : Miyazawa, K., Murakami, T., Takeda, M., & Murayama, T. (2010). Intercropping green manure crops-effects on rooting patterns. *Plant and Soil*, 331(1), 231–239. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0248-y>
- 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). <https://doi.org/10.1007/978-3-642-21102-7>
- Nurchayani, E., Rahmadani, D. D., Wahyuningsih, S., & Mahfut. (2020). Analisis kadar klorofil pada buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) terinduksi Indole Acetic Acid (IAA) secara in vitro. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 5(01),

---

15–23.

- 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. <https://doi.org/10.1007/s00442-006-0576-z>
- Xu, P., Sun, C. X., Ye, X. Z., Xiao, W. D., Zhang, Q., & Wang, Q. (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*, *132*, 94–100. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.05.031>
- 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., Bastiaans, L., Zhang, S., Li, B., & Spiertz, J. H. J. (2008). Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. *Field Crops Research*, *107*(1), 29–42. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.12.014>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.344>