

Growth Test of Pakchoy (*Brassica rapa L*) Against Abiotic Stress from the Heavy Metal Pb

Surya Ari Widya¹, Sergio Helios¹, Ristani Widya Inti¹, Damasa Ines Larissa²

¹Study Program of Agrotechnology, Faculty of Agriculture,
Wijaya Kusuma Surabaya University, Indonesia

²Study Program of Magister Agrotechnology. Faculty of Agriculture,
Universitas Pembangunan Nasional Veteran East Java, Indonesia

Email: suryaaw27@gmail.com

ABSTRACT

*The pakchoy plant also faces various challenges in its growth environment, including exposure to abiotic stressors. Heavy metals, such as lead (Pb), are environmental contaminants that can have significant negative impacts on plants. Therefore, this research aims to investigate the resilience of pakchoi plants (*Brassica rapa L.*) to concentrations of abiotic stress from the heavy metal Pb. This is achieved through a series of experiments to understand the effects of exposure to the heavy metal Pb on growth and to analyze the accumulation of heavy metals in pakchoi plants. Pakchoi plants (*Brassica rapa L.*) can grow under conditions of heavy metal Pb stress; however, as the concentration of Pb increases, the growth of the plants becomes progressively slower. This is evidenced by a reduction in height, leaf number, plant biomass, and the accumulation of heavy metal Pb in the plant tissues. Consequently, these plants are categorized as phytoremediators due to their ability to accumulate heavy metal Pb.*

Keywords: Abiotic Stress, Heavy Metals, Pakchoy Plants, Lead (Pb), Growth Test.

1. Pendahuluan

Tanaman pakcoy (*Brassica rapa L.*) adalah salah satu tanaman sayuran yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan menjadi komoditas yang penting dalam industri pertanian. Tanaman ini sering ditanam untuk dijadikan bahan baku dalam berbagai hidangan kuliner karena rasanya yang lezat dan kandungan gizi yang cukup baik (Muharram et al., 2021). Namun, seperti banyak tanaman lainnya, tanaman pakcoy juga harus menghadapi berbagai tantangan di lingkungan pertumbuhannya, termasuk paparan terhadap cekaman abiotik. Gangguan antropogenik pada biosfer diwujudkan dalam beragam fenomena global termasuk percepatan laju industrialisasi, pertanian intensif, dan ekstensif pertambangan disertai dengan jumlah penduduk yang terus bertambah dan pesat urbanisasi tidak hanya mendatangkan malapetaka pada ketersediaan sumber daya alam tetapi juga menyebabkan meluasnya dan kontaminasi serius pada komponen penting kehidupan diplanet. Dari implikasi gangguan yang disebabkan oleh manusia siklus biogeokimia alami, akumulasi yang ditekankan logam berat adalah masalah yang sangat penting untuk alasan ekologi, nutrisi, dan lingkungan (Emamverdian et al., 2015).

Resiko pencemaran logam berat terhadap lingkungan meningkat dengan pesat dan menimbulkan gejolak khususnya pada sektor pertanian karena terakumulasi di dalam tanah dan serapan tanaman. Logam berat, seperti plumbum (Pb), adalah kontaminan lingkungan yang dapat memiliki dampak negatif yang signifikan pada tanaman (Alengebawy et al.,

2021). Logam berat ini dapat terakumulasi dalam jaringan tanaman dan mengganggu proses fisiologis yang vital. Oleh karena itu, penting untuk memahami bagaimana tanaman pakcoy merespon cekaman abiotik logam berat Pb, karena penelitian ini dapat memberikan wawasan yang berharga tentang strategi adaptasi tanaman terhadap lingkungan yang terkontaminasi oleh logam berat. Kombinasi tanaman pakcoy dan bakteri pelarut phospat dapat bersimbiosis dalam mengakumulasi logam berat Pb pada tanah (Widya et al., 2022a).

Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi ketahanan tanaman pakcoy (*Brassica rapa L.*) terhadap konsentrasi cekaman abiotik logam berat Pb. Kami akan melakukan serangkaian eksperimen untuk memahami dampak paparan logam berat Pb pada Pertumbuhan serta menganalisis kandungan logam berat yang terakumulasi pada tanaman pakcoy. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna untuk pengelolaan tanaman pakcoy di lingkungan yang terkontaminasi oleh logam berat dan kelayakan tanaman pakcoy yang tumbuh pada lingkungan tercemar untuk konsumsi oleh manusia, serta memberikan landasan ilmiah yang kuat untuk upaya konservasi sumber daya alam dan lingkungan.

Dengan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana tanaman pakcoy berinteraksi dengan cekaman abiotik logam berat khususnya Pb, kita dapat mengembangkan strategi pertanian yang lebih berkelanjutan dan efisien, yang dapat memastikan ketersediaan pasokan tanaman pakcoy yang aman dan berkualitas bagi masyarakat.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan di greenhouse dan laboratorium produksi Fakultas Pertanian Universitas Wijaya Kusuma Surabaya dengan ketinggian tempat 5–12 meter di atas permukaan laut. Penelitian dilaksanakan pada pertengahan bulan Februari - Maret 2023.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi benih tanaman pakcoy, tanah, Logam berat Pb sulfat ($PbSO_4 \cdot 7H_2O$), dan Alat yang digunakan pada penelitian ini gelas ukur, cangkul, polibag, tray, Timbangan, cetok, alat tulis, Penggaris, pH meter, sprayer serta peralatan penunjang lainnya.

Penelitian ini dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap, dengan ulangan sebanyak 3 kali dan denah petak perlakuan tertera pada Gambar 7. Adapun perlakuannya sebagai berikut:

T0 = Tanpa Logam berat Pb

T1 = 25ppm

T2 = 50ppm

T3 = 75ppm

T4 = 100ppm

T5 = 125ppm

T6 = 150ppm

Analisa Tanah Tercemar

Untuk menganalisa tanah pra penelitian dilakukan dengan cara mengambil tanah pada lokasi yang akan diteliti kemudian tanah dikering anginkan setelah kering tanah di tumbuk hingga halus kemudian di ayak dengan ayakan 2mm selanjutnya tanah dimasukkan kantung plastik dengan berat 100gram perkantong plastik dan diberi label sesuai perlakuan kemudian ditambahkan dengan larutan logam berat Pb menggunakan jenis senyawa timbal sulfat $PbSO_4 \cdot 7H_2O$ kemudian dibiarkan selama 7 hari untuk selanjutnya dianalisa kandungan logam berat menggunakan alat *Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)* untuk mengetahui interaksi masing-masing perlakuan tersebut.

Persiapan Media Semai

Persiapan Media Semai, Tanah yang digunakan untuk media persemaian diambil dari tanah lokal daerah menganti gresik. Sebelum penanaman bibit, media persemaian diberi kompos dengan perbandingan 1 : 1 agar kelembaban tanah terjaga dan melancarkan proses imbibisi pada benih.

Persemaian

Pada persemaian Setelah Tanah tercampur dengan kompos dipindahkan media tersebut kedalam tray, benih pakcoy siap disemaikan pada tray dengan 1 biji perlubang Perawatan pada benih tanaman pakcoy terus dilakukan sampai menjadi bibit yang siap dipindahkan ke polybag untuk diuji. Bibit tanaman pakcoy dapat dipindahkan ke polybag jika telah memiliki daun 3 helai (umur 7 - 10 hari). Media persemaian diletakkan di tempat yang teduh dan disiram satu kali sehari yaitu pada sore hari.

Penambahan Logam Berat ke tanah

Penambahan logam berat Pb ke dalam media tanam dengan konsentrasi 25ppm (5,165 g/kg), 50ppm (10,331 g/kg), 75ppm (15.495 g/kg), 100ppm (20,661 g/kg), 125ppm (25,826 g/kg) dan 150ppm (30,991 g/kg) dari setiap perlakuan membutuhkan 15kg tanah per polybag dan tiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali ulangan. Metode perhitungan untuk penambahan yakni dengan memperhitungkan kemurnian bahan.

Transplanting

Pada proses transplanting sebelumnya sudah disiapkan polybag dengan ukuran 30 x 30 sebanyak 21 polybag dengan berat tanah masing-masing 15kg/polibag yang sudah diberi label sesuai konsentrasi perlakuan logam berat, jika tanaman terdapat 3 helai daun siap dipindahkan ke polybag, 1 polybag terdapat 5 tanaman pakcoy dengan diberi jarak \pm 15 cm pertanaman.

Pemeliharaan

Penyiraman dilakukan untuk mencukupi ketersediaan air bagi tanaman pakcoy. Penyiraman dilakukan 2 kali sehari yaitu pada pagi dan sore hari, sesuai dengan kondisi tanaman dan media tanam pakcoy tersebut. Penyiraman dilakukan dengan menggunakan sprayer. Penyiangan dilakukan apabila terdapat gulma yang tumbuh disekitar tanaman pakcoy. Penyiangan dilakukan secara manual yaitu mencabut gulma dengan tangan. Pengendalian organisme pengganggu tanaman dilakukan dengan cara mekanik yaitu mengambil hama secara langsung pada tanaman.

Panen

Pemanenan dilakukan pada saat beberapa tanaman memasuki fase generative \pm 10% mulai dari penyemaian. Pakcoy dipanen dengan cara tanaman dicabut seluruhnya secara perlahan. Kemudian setiap perlakuan di timbang berat basah dan berat kering. setelah itu setiap perlakuan tanaman dianalisa kandungan logam berat Pb.

Analisa Sample Tanah Pasca

Sample tanah pasca diambil setelah dilakukan pasca panen tanaman pakcoy Brassica rapa L, tanah diambil pada polybag disetiap perlakuan kemudian dimasukkan plastik dan diberi label sesuai dengan perlakuan untuk dianalisa kandungan logam berat Pb.

Parameter Pengamatan

Kadar Logam Berat pada Tanaman

Analisa kandungan logam berat pada tanaman pakcoy diambil pada saat keseluruhan tanaman memasuki fase generatif \pm 10% dan masing-masing perlakuan diambil diberi tanda di tiap-tiap perlakuan. Menurut Fajriah dkk (2017) Proses preparasi sampel dilakukan dengan cara destruksi basah. Proses destruksi basah dilakukan dengan cara mengeringkan masing-masing sampel menggunakan oven pada suhu 80°C selama \pm 10 jam. Hal ini bertujuan untuk mengubah sampel kedalam bentuk serbuk sehingga memudahkan proses destruksi. Kemudian sampel ditimbang sebanyak 2 gram dan dilarutkan dalam HNO₃ 65% dan dilakukan pemanasan sampai warna larutan berubah menjadi lebih terang. Penambahan HNO₃ 65% panas ini berfungsi untuk memudahkan oksidasi zat organik yang terdapat pada sampel dan ditambahkan HClO₄ 70-72% berfungsi sebagai zat pengoksidasi potensial yang menyebabkan pembentukan garam perklorat yang sangat mudah larut dan dapat mengoksidasi sampel organik dengan sangat efisien. Larutan yang didapatkan disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 41 yang bertujuan untuk mendapatkan filtrat. Hasil destruksi atau filtrat diencerkan dengan menambahkan aquades dalam labu ukur 100 mL dan digunakan sebagai sampel untuk analisis kadar timbal pada panjang gelombang 283,2 nm untuk logam Pb Pengukuran

Kandungan Timbal (Pb) Pada Sampel tanaman pakcoy dimulai dengan pengukuran absorbansi larutan standar timbal (Pb) menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Pengukuran dilakukan berdasarkan parameter standar untuk logam Pb dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Spektrofotometri Serapan Atom Logam Pb

No	Parameter	Keterangan
1.	Panjang Gelombang (nm)	283,2
2.	Type Nyala	Udara-Asitilen
3.	Lebar Celah (nm)	0,7
4.	Lampu Katoda (mA)	10
5.	Gas Pembawa	Asitilen

Pertumbuhan Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa L.*)

Pengukuran pertumbuhan tanaman pakcoy dilakukan setelah 10 hari setelah perpindahan hingga beberapa tanaman pada setiap perlakuan memasuki fase generatif. pengambilan data yang diambil meliputi Panjang Tanaman, Pengukuran panjang tanaman dilakukan dengan menggunakan penggaris berukuran 30cm, diukur mulai dari permukaan tanah sampai titik tumbuh tanaman pakcoy. Pengukuran dilakukan setiap tujuh hari sekali sampai beberapa tanaman memasuki fase generatif. Hasil pengukuran di catat kedalam tabel pengamatan tinggi tanaman. Jumlah daun, Perhitungan jumlah daun dilakukan dengan menghitung semua daun yang tumbuh pada tanaman pakcoy. Perhitungan jumlah daun dihitung setiap tujuh hari sekali sampai beberapa tanaman memasuki fase generative (Roychowdhury et al., 2017).

Hasil pengukuran di catat kedalam tabel pengamatan pertumbuhan jumlah daun. Biomassa tanaman berat basah penimbangan berat basah dilakukan menggunakan alat timbangan analitik setelah dilakukan pemanenan tanaman. Berat basah tanaman ditimbang dengan cara setiap perlakuan tanaman pakcoy utuh (dengan akar) perpolibag ditimbang. Hasil penimbangan dicatat kedalam tabel pengamatan berat basah. Berat kering tanaman pakcoy (dengan akar) pertanaman yang sudah dibersihkan kedalam kantong kertas coklat yang sudah dilubangi menggunakan pelubang kertas, lalu mengoven dengan suhu 850 C selama 1x24 jam. Setelah itu menimbang berat kering keseluruhan tanaman pakcoy (dengan akar). Menimbang berat kering dilakukan menggunakan timbangan analitik dengan satuan berat gram (g). hasil penimbangan dicatat kedalam table pengamatan berat kering (Moghtaderi et al., 2020).

Analisa Data

Data hasil pengamatan dan penelitian tersebut akan dianalisa menggunakan software Ms. Excel. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan formula biopestisida terhadap pertumbuhan tanaman pakcoy *Brassica rapa L.* dan kandungan logam berat pada tanaman

pakcoy *Brassica rapa L.* serta analisa kandungan logam berat pada tanah. data yang diperoleh diuji secara statistik dengan analisis sidik ragam (Anova). Apabila uji F menunjukkan pengaruh yang nyata maka dilanjutkan dengan uji lanjutan yaitu Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%.

3. Hasil

Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui pertumbuhan pada suatu tanaman. Tanaman setiap waktu terus tumbuh yang menunjukkan bahwa tanaman mengalami pembelahan dan pembesaran sel. Pengamatan panjang tanaman dilakukan setiap 1 minggu sekali. Hasil pengamatan tinggi tanaman dapat dilihat dari rata-rata tinggi tanaman pada tabel :

Tabel 2. Rata-rata pertumbuhan tinggi tanaman Pakcoy

Perlakuan	Minggu Setelah Tanam (cm)										
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
T0	2.2	5.7c	9.1a	16.3a	16.8a	17.2a	17.7a	17.8a	17.9a	18.0a	18.1a
T1	2.4	6.0a	8.7b	16.0b	16.2b	16.4b	16.6b	16.6b	16.7b	16.8b	16.8b
T2	2.7	5.8b	8.7b	15.2c	16.1b	16.3c	16.4c	16.5b	16.6b	16.6b	16.6b
T3	2.5	5.7c	8.2c	15.3c	15.8c	16.0d	16.0d	16.1b	16.2b	16.2b	16.2c
T4	2.3	5.4d	7.9d	14.1d	14.3d	14.4e	14.6e	14.6c	14.7c	14.7c	14.8c
T5	2.0	5.1e	6.9d	13.7e	13.9e	14.0f	14.0f	14.1c	14.2c	14.3c	14.4c
T6	2.2	5.3d	6.4e	12.4f	12.7f	13.0g	13.2g	13.2d	13.3d	13.3d	13.4d
BNT 5 %	TN	0.06	0.06	0.17	0.08	0.06	0.10	0.51	0.51	0.51	0.51

Tabel 2. Menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata pada minggu ke 2 – minggu ke 11, terdapat hasil yang signifikan pada setiap masing-masing perlakuan. Pada minggu ke 11 nilai rata-rata tinggi tanaman pakcoy dengan perlakuan T0 (tanpa logam berat) memiliki hasil tertinggi yaitu 26,6 cm. Diikuti dengan perlakuan T1 (25 ppm logam berat Pb) yaitu 16,4 cm. T2 (50 ppm logam berat Pb) yaitu 16,4 cm, T3 (75 ppm logam berat Pb) yaitu 16,0 cm, T4 (100 ppm logam berat Pb) yaitu 14,6 cm, T5 (125 ppm logam berat Pb) yaitu 14,0 cm dan T6 (150 ppm logam berat Pb) yaitu 13,2 cm dari setiap perlakuan menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi timbal semakin terhambat tingkat pertumbuhan tinggi tanaman.

Jumlah Daun

Daun merupakan organ tanaman tempat mensintesis makanan untuk kebutuhan tanaman maupun sebagai cadangan makanan. Daun memiliki klorofil yang berfungsi untuk melakukan fotosintesis. Semakin banyak jumlah daun, maka tempat untuk melakukan proses fotosintesis juga lebih banyak. Pengamatan jumlah daun dilakukan setiap minggu sekali. Hasil pengamatan jumlah daun tertera pada Tabel 3 .

Tabel 3. Hasil Rata-rata Jumlah Daun Tanaman Pakcoy

Perlakuan	Minggu Setelah Tanam (Helai)										
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
T0	2.9	4.1	5.9	7.1a	8.5a	9.9a	10.8a	11.4a	12.1a	12.5a	13.0a
T1	2.8	4.0	5.4	6.7b	8.1b	9.3b	10.1b	10.3b	10.5b	10.7b	10.7b
T2	2.9	4.1	5.2	6.6bc	7.9bc	8.9bc	9.8bc	9.9b	9.9bc	9.9b	10.0b
T3	2.8	4.0	5.1	6.4bc	7.3cd	8.5cd	9.2cd	9.3b	9.3bc	9.6b	9.6b
T4	2.7	3.7	5.1	6.5c	7.6d	8.7d	9.4d	9.5b	9.7c	9.9b	9.9b
T5	2.8	3.6	4.7	5.7d	6.5e	7.0e	7.7e	8.1c	8.1d	8.3c	8.3c
T6	2.9	4.0	4.8	5.6d	6.5e	6.9e	7.7e	7.9c	8.0d	8.0c	8.0c
BNT 5 %	TN	TN	TN	0.21	0.32	0.38	0.38	1.02	0.96	1.15	1.09

Pada Tabel 3. Menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata pada minggu ke 4 - minggu ke 11, hal ini merupakan terdapat hasil yang signifikan antara pemberian timbal Pb disetiap masing-masing perlakuan. Pada minggu ke 11 nilai rata-rata jumlah daun tanaman pakcoy dengan perlakuan T0 (tanpa logam berat) memiliki hasil terbanyak yaitu 13.0. Diikuti dengan perlakuan T1 (25 ppm logam berat Pb) yaitu 10.7, T2 (50 ppm logam berat Pb) yaitu 10.0 helai, T3 (75 ppm logam berat Pb) yaitu 9.6, T4 (100 ppm logam berat Pb) yaitu 9.9, T5 (125 ppm logam berat Pb) yaitu 8.3 dan T6 (150 ppm logam berat Pb) yaitu 8.0.

Produksi Biomassa Tanaman Pakcoy

Rata-Rata produksi biomassa tanaman berupa berat basah dan berat kering tanaman Pakcoy dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 hasil rata-rata Biomassa Tanaman Pakcoy

Perlakuan	Berat Basah (Gram)	Berat Kering (Gram)
T0	63.98a	19.99a
T1	50.02b	18.06b
T2	47.01bc	18.05b
T3	44.98c	17.09b
T4	39.59d	14.57c
T5	38.80d	13.96c
T6	26.18e	10.51d
BNT 5 %	4.07	1.19

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui Berat basah tanaman didapatkan dari hasil penimbangan tanaman Pakcoy pada saat setelah panen dan Berat kering tanaman didapatkan setelah tanaman Pakcoy di oven selama 1x24 jam Berdasarkan hasil penimbangan berat basah tanaman pada Tabel 3 didapatkan bahwa berat basah tanaman paling tinggi yaitu pada perlakuan tanaman Pakcoy kontrol atau tanpa menggunakan logam berat (T0) 63.98 sedangkan Paling rendah terdapat pada perlakuan T6 yaitu 26.18 dengan konsentrasi 150ppm Pb begitupun dengan Berat kering tanaman tertinggi juga terdapat pada perlakuan T0 yaitu 19.99 Berat kering terendah terdapat pada perlakuan T6 yaitu 10.51.

Kadar Logam berat pada tanaman

Analisa kadar logam berat pada tanaman dilakukan pada saat akhir penelitian, berikut tabel analisa kadar logam berat pada tanaman :

Tabel 5. Hasil Analisa Kadar Pb pada Tanaman Pakcoy

Perlakuan	Kadar Pb (ppm)
T0	0.20e
T1	2.11de
T2	3.44cd
T3	3.97bc
T4	4.81abc
T5	5.36ab
T6	5.95a
BNT 5%	1,82

Dari hasil analisa kadar Pb pada tabel 6 menunjukkan perbedaan kadar logam berat tertinggi terdapat pada konsentrasi T6 (150 ppm) yaitu 5.95 hingga yang paling terkecil yaitu perlakuan T0 (Kontrol) sebesar 0.20.

4. Pembahasan

Cekaman abiotik Logam berat merupakan salah satu faktor utama yang menurunkan kualitas dan dapat menyebabkan kematian pada tanaman, Cekaman abiotik sangat mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan, dan produktivitas, kondisi lingkungan yang buruk seperti itu dapat menurunkan kinerja tanaman hingga 50% - 70% (Yongsheng et al., 2011). Cekaman abiotik yang berasal dari logam berat timbal merupakan polutan potensial yang mudah terakumulasi di tanah dan sedimen. Meskipun timbal bukan merupakan unsur penting bagi tanaman, timbal mudah diserap dan terakumulasi di berbagai bagian tanaman. Serapan Pb pada tanaman diatur oleh pH, ukuran partikel dan kapasitas pertukaran kation tanah serta eksudasi akar dan parameter fisika-kimia lainnya. Kelebihan Pb menyebabkan sejumlah gejala toksisitas pada tanaman misalnya. pertumbuhan terhambat, klorosis dan sistem akar menghitam. Pb menghambat fotosintesis, mengganggu nutrisi mineral dan keseimbangan air, mengubah status hormonal dan mempengaruhi struktur dan permeabilitas membran (Sharma & Dubey, 2005).

Pertumbuhan, anatomi dan fisiologi tanaman menunjukkan bahwa Pb terutama pada konsentrasi yang lebih tinggi, menurunkan pertumbuhan tanaman secara drastis, seperti tinggi tanaman, jumlah daun, serta bobot kering pucuk dan akar semua spesies. Perlakuan timbal memicu munculnya radikal bebas dan stres oksidatif yang ditunjukkan dengan peningkatan kandungan malondialdehid (MDA) secara signifikan, sedangkan kandungan klorofil seluruh spesies mengalami penurunan. Semakin tinggi konsentrasi Pb menyebabkan ketebalan epidermis atas, epidermis bawah, dan jaringan mesofil spons menurun secara signifikan sehingga berkontribusi terhadap penurunan ketebalan daun (Hamim et al., 2019).

Tanaman pakcoy (*Brasica rapa* L). memiliki kemampuan menyerap logam berat ke jaringan akar disbanding dengan jaringan daun dengan bantuan mikroorganisme, tanaman

tersebut merupakan varietas yang tahan terhadap cekaman logam berat Pb. Beberapa spesies dari genus *Brassica* merupakan tanaman pertanian yang sangat penting juga dikenal sebagai akumulator logam berat (Widya et al., 2022b), Ada banyak penelitian mengenai toleransi, penyerapan dan pertahanan mekanisme di beberapa spesies ini, melawan stres yang disebabkan oleh logam berat. Sejumlah penelitian juga telah dipublikasikan tentang kapasitas spesies ini untuk digunakan untuk tujuan fitoremediasi namun dengan hasil yang beragam (Mourato et al., 2015).

Penurunan tinggi tanaman dan jumlah daun disebabkan adanya logam berat yang mempengaruhi struktur dan fungsi stomata, sehingga menyebabkan perubahan fisiologi dan ekologi tanaman (Guo et al., 2023). Begitupun juga pada biomassa tanaman seiring dengan tingkat kontaminasi meningkat dapat menurunkan biomassa serta laju fotosintesis dan kandungan klorofil a dan b dibandingkan dengan tanaman yang tidak terdapat logam berat. Namun, mekanisme toleransi tanaman terhadap stres, termasuk kandungan prolin dan aktivitas antioksidan enzim meningkat. Air raksa perlakuan mencatat efek negatif yang lebih besar (Sheetal et al., 2016).

5. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan penambahan bahan organik pupuk limbah krisan yang dikombinasikan dengan pupuk anorganik NPK mampu menunjang pertumbuhan tanaman tomat meranti pada fase vegetative tanaman dengan dosis kombinasi pupuk krisan 5 ton Ha⁻¹ + 75% NPK menunjukkan hasil terbaik pada parameter tinggi tanaman, jumlah daun serta bobot kering tanaman. Selain itu dosis kombinasi pupuk krisan 5 ton Ha⁻¹ + 75% NPK meningkatkan kemampuan perakaran tanaman dalam menyerap unsur hara yang tersedia di dalam tanah hal ini dibuktikan dengan semakin sedikit sisa unsur hara di dalam tanah yang mana hal tersebut diasumsikan bahwa unsur hara tersebut terangkut untuk dimanfaatkan oleh tanaman selama pertumbuhannya.

Daftar Pustaka

- Alengebawy, A., Abdelkhalek, S. T., Qureshi, S. R., & Wang, M.-Q. (2021). Heavy metals and pesticides toxicity in agricultural soil and plants: Ecological risks and human health implications. *Toxics*, 9(3), 42.
- Emamverdian, A., Ding, Y., Mokhberdoran, F., & Xie, Y. (2015). Heavy metal stress and some mechanisms of plant defense response. *The Scientific World Journal*, 2015.
- Guo, Z., Gao, Y., Yuan, X., Yuan, M., Huang, L., Wang, S., Liu, C., & Duan, C. (2023). Effects of Heavy Metals on Stomata in Plants: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(11), 9302.
- Hamim, H., Setyaningsih, L., & Saprudin, D. (2019). Lead (Pb) toxicity effect on physiology of bead-tree, jatropha, castor bean and Philippine-tung grown in water culture. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 20(12).

- Moghtaderi, M., Saffarinia, M., Zare, H., & Alipour, A. (2020). Effectiveness of the package of hope therapy based on positivist approach on the self-efficacy and loneliness of Parkinson patients. *Health Psychology, 8*(32), 73–92.
- Mourato, M. P., Moreira, I. N., Leitão, I., Pinto, F. R., Sales, J. R., & Martins, L. L. (2015). Effect of heavy metals in plants of the genus Brassica. *International Journal of Molecular Sciences, 16*(8), 17975–17998.
- Muharram, A. A. S., Nurfitriani, I., Altariksyah, M. M., Muhamad, N., & Pebriani, S. K. P. (2021). Pemberdayaan Masyarakat Desa Palasari Girang Di Era Pandemi Covid-19 Melalui Bimbingan Teknis Hidroponik Tanaman Pakcoy. *PROCEEDINGS UIN SUNAN GUNUNG DJATI BANDUNG, 1*(18), 62–78.
- Roychowdhury, R., Roy, M., Zaman, S., & Mitra, A. (2017). Bioaccumulation of heavy metals in Brassica juncea: an indicator species for phytoremediation. *International Journal for Innovative Research in Multidisciplinary Field, 3*(9), 92–95.
- Sharma, P., & Dubey, R. S. (2005). Lead toxicity in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology, 17*, 35–52.
- Sheetal, K. R., Singh, S. D., Anand, A., & Prasad, S. (2016). Heavy metal accumulation and effects on growth, biomass and physiological processes in mustard. *Indian Journal of Plant Physiology, 21*, 219–223.
- Widya, S. A., Arifin, M., & Wiyatiningsih, S. (2022a). Combination of FOBIO biopesticide and Brassica rapa L. as remediator of heavy metal Pb in soil. *Advances in Food Science, Sustainable Agriculture and Agroindustrial Engineering (AFSSAAE), 5*(1).
- Widya, S. A., Arifin, M., & Wiyatiningsih, S. (2022b). Combination of FOBIO biopesticide and Brassica rapa L. as remediator of heavy metal Pb in soil. *Advances in Food Science, Sustainable Agriculture and Agroindustrial Engineering (AFSSAAE), 5*(1).
- Yongsheng, W., Qihui, L., & Qian, T. (2011). Effect of Pb on growth, accumulation and quality component of tea plant. *Procedia Engineering, 18*, 214–219.