

## Pengaruh Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) dan Silika (Si) terhadap Pertumbuhan Tanaman *Brassica juncea* pada Tanah Tercemar Kadmium (Cd)

### *The Effect of Vesicular Arbuscular Mycorrhiza (VAM) and Silica (Si) on Plant Growth of Mustard Greens (*Brassica juncea*) on Cadmium (Cd) Contaminated Soil*

Rizqi Aulia Nurlaili\*, Yuni Sri Rahayu, Sari Kusuma Dewi

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Surabaya

\*e-mail: rizqiaulianl@gmail.com

**Abstrak.** Kadmium (Cd) merupakan logam berat yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman dan mengganggu penyerapan unsur hara. *Brassica juncea* atau sawi hijau merupakan anggota famili Brassicaceae yang digunakan sebagai agen fitoremediasi pada tanah tercemar logam berat. Proses fitoremediasi dapat dipercepat dengan penambahan Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA). MVA berperan dalam membantu pertumbuhan tanaman, menurunkan kadar logam Cd, meningkatkan biomassa tanaman, dan penyerapan unsur hara. Silika (Si) pada tanaman tercemar logam berat memiliki peran menurunkan kadar logam Cd, menaikkan pH tanah, dan mengurangi transformasi logam Cd. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan pengaruh MVA dan Silika terhadap pertumbuhan *B. juncea* di tanah tercemar Cd. Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor perlakuan, yaitu penambahan MVA (0 g dan 40 g) dan Si dengan konsentrasi (0 g, 5 g, 10 g, dan 20 g). Analisis data menggunakan ANAVA dua arah dilanjutkan dengan uji Duncan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan MVA dan Si berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman *B. juncea* di tanah tercemar Cd. Perlakuan penambahan MVA dan Si 20 g merupakan perlakuan yang efektif dibandingkan dengan perlakuan lain, yaitu menyebabkan peningkatan pertumbuhan dan persentase infeksi mikoriza, serta penurunan kadar Cd di jaringan tanaman.

**Kata kunci:** kadmium; mikoriza; pertumbuhan tanaman sawi hijau; silika;

**Abstract.** Cadmium (Cd) is a heavy metal that can inhibit plant growth and interfere with nutrient absorption. *Brassica juncea* or mustard greens are members of the Brassicaceae family which are used as phytoremediation agents in heavy metal polluted soils. The process of phytoremediation can be accelerated by the addition of Vesicular Arbuscular Mycorrhiza (VAM). VAM plays a role in helping plant growth, reducing Cd metal levels, increasing plant biomass, and nutrient absorption. Silica (Si) in heavy metal polluted plants has the role of reducing Cd metal levels, increasing soil pH, and reducing the transformation of Cd metals. This study aimed to describe the effect of VAM and Silica on the growth of *B. juncea* in Cd contaminated soil. This study used a Randomized Block Design (RAK) method with two treatment factors, namely the addition of VAM (0 g and 40 g) and Si with concentrations (0 g, 5 g, 10 g, and 20 g). Data was analyzed using two-way ANOVA followed by Duncan test. The results showed that the addition of VAM and Si influenced the growth of *B. juncea* plants in Cd contaminated soil. The treatment of adding VAM and Si 20 g was effective compared to other treatments, namely increasing of plant growth and the percentage of mycorrhizal infections, and the highest reduction in Cd in plant tissues.

**Key words:** mustard greens; mycorrhiza; silica; cadmium; plant growth

## PENDAHULUAN

Pencemaran logam berat menjadi masalah besar di dunia karena dapat menyebabkan pencemaran tanah dan air. Selain itu lahan yang tercemar logam berat berbahaya jika digunakan sebagai lahan pertanian yang akan menghasilkan tanaman pangan yang dikonsumsi oleh manusia. Logam berat dalam tanah memiliki sifat beracun, karsinogenik dan mobilitas logam dalam tanah dapat dengan cepat berubah menjadi *mobile* dan cenderung bersifat akumulatif dalam tubuh manusia (Junyo, 2017).

Kadmium (Cd) merupakan kontaminan logam berat paling beracun, yang menghambat pertumbuhan tanaman dengan merusak aparatus fotosintetik, menurunkan biomassa tanaman, klorosis daun, mengganggu penyerapan unsur hara, mengurangi pertumbuhan pemanjangan akar dan daun, bahkan menyebabkan kematian (Lin and Aarts, 2012; Zhang *et al.*, 2014). Pencemaran logam Cd pada lahan pertanian berasal dari penggunaan pupuk anorganik dan pestisida (Fang dan Shu, 2014), aktivitas manusia yang menghasilkan produk industri serta pemukiman penduduk (Gallego *et al.*, 2012).

Dengan demikian, perbaikan tanah yang tercemar Cd untuk menghindari kerusakan kesehatan manusia adalah masalah yang mendesak. Dibandingkan dengan metode tradisional, fitoremediasi membutuhkan sedikit tenaga kerja, biaya relatif murah serta lebih ramah lingkungan sehingga menjadi teknologi alternatif untuk memulihkan tanah yang tercemar (Zulkoni *et al.*, 2017).

Fitoremediasi ini merupakan penggunaan tanaman hijau untuk memperbaiki air, tanah, dan sedimen yang terkontaminasi (Warrier, 2012). Salah satu tanaman yang dapat digunakan dalam fitoremediasi adalah sawi hijau (*Brassica juncea*). Sawi hijau merupakan anggota famili Brassicaceae yang dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi di tanah tercemar logam berat (Junyo, 2017).

Proses fitoremediasi dapat dipercepat dengan menggunakan Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA). MVA berperan dalam membantu pertumbuhan tanaman, meningkatkan ketahanan tanaman pada kondisi cekaman biotik dan abiotik dengan meningkatkan penyerapan nutrisi tanaman terutama unsur hara fosfor (P) dan nitrogen (N). Kedua unsur tersebut berperan dalam pembentukan klorofil pada daun (Azcon-Aguilar and Barea, 2015).

Hasil penelitian Sun *et al.*, (2018) menunjukkan inokulasi MVA dapat meningkatkan biomassa dan konsentrasi N, P pada tanaman *Hierochloe odorata* di tanah yang tercemar Cd. Selain peningkatan biomassa, MVA juga dapat menurunkan kadar Cd dengan mengeluarkan glomalin yang mengikat Cd, meningkatkan pH tanah, dan memobilisasi logam beracun dalam miselium ekstraradikal untuk mengurangi penyerapan Cd (Wang *et al.*, 2017).

Silika (Si) memegang peranan penting dalam mempertahankan ketahanan tanaman. Keberadaan Si pada tanaman dalam kondisi stres oleh logam berat memiliki peran dalam menurunkan serapan logam berat pada tanaman, meningkatkan pertumbuhan, pH tanah, dan biomassa tanaman, serta menggantikan ketersediaan P yang berkurang dalam tanah akibat logam berat. Oleh karena itu Si bermanfaat untuk tanaman yang berada pada kondisi tercemar logam berat (Adrees *et al.*, 2015).

Penelitian Kim *et al.*, (2014) menyatakan bahwa Si menurunkan penyerapan Cd pada akar tanaman *Oryza sativa* dengan memodulasi sinyal fitohormon yang terlibat sebagai respon terhadap stres dan pertahanan seperti asam absisat, asam jasmonat, dan asam salisilat. Kombinasi MVA dan Si ini diharapkan dapat mempercepat proses fitoremediasi pada tanah yang tercemar logam berat Cd dan meningkatkan ketahanan tanaman *B. juncea* dibandingkan dengan hanya diberikan MVA atau Si.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perlu dilakukan penelitian terkait dengan pengaruh penambahan MVA dan konsentrasi Si terhadap akumulasi logam Cd pada tanaman *B. juncea* untuk mengkaji lebih lanjut tentang pengaruh MVA dan konsentrasi Si yang tepat untuk meningkatkan ketahanan tanaman yang ditanam pada media tercemar logam berat Cd.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari-Februari 2020 di *Green House* percobaan di Kelurahan Ganung Kidul, Kabupaten Nganjuk dan Laboratorium Mikroteknik, Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya. Uji kadar Cd dilakukan di Laboratorium Instrumen, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dua faktor yaitu manipulasi penambahan MVA (0 g dan 40 g) dan konsentrasi Si (0 g, 5 g, 10 g, dan 20 g) sehingga secara keseluruhan terdapat 8 perlakuan dengan 3 ulangan.

Prosedur penelitian ini dimulai dengan persiapan media tanam menggunakan media pasir dan tanah dengan perbandingan 1 : 2. Media disterilisasi menggunakan formalin 5% dengan formalin 5% sebanyak 75 ml dituangkan pada setiap *polybag* yang berisi 3 kg media tanam, diaduk rata, dan dibungkus plastik selama 7 hari. Selanjutnya plastik dibuka dan *polybag* diawakan selama 7 hari.

Persiapan tanaman dengan menyediakan media tanam sebanyak 3 kg yang telah disterilisasi dan ditambahkan pupuk NPK sebanyak 3 g pada setiap *polybag*. Bibit *B. juncea* dimasukkan ke dalam *polybag* tersebut. Setiap *polybag* berisi 1 bibit *B. juncea*. Setelah itu diberikan Si dalam bentuk silika gel sesuai dengan perlakuan pada setiap *polybag*. Bibit *B. juncea* diadaptasi selama 1 minggu.

Pembuatan media tanam diawali dengan sebanyak 3 kg media tanam dimasukkan dalam *polybag*, kemudian diaduk hingga rata, dan ditambahkan logam berat Cd dengan dosis 5 ppm. Sedangkan perlakuan dengan penambahan mikoriza, tanaman *B. juncea* yang telah di adaptasi sebelumnya di infeksi dengan MVA. Dosis MVA yang diinokulasikan sebanyak 40 g. Inokulasi mikoriza menggunakan sistem lapisan, yaitu media tanam diambil dengan ketebalan 1 cm dan atasnya dilapisi oleh mikoriza kemudian dilapisi lagi dengan media tanam. Tanaman *B. juncea* dimasukkan ke media dan ditumbuhkan di *Green House* selama 40 hari. Penyiraman dan pemupukan, untuk penyiraman tanaman *B. juncea* dilakukan setiap 1 hari sekali tergantung cuaca untuk menjaga kelembapan media sedangkan untuk pemupukan dilakukan sekali ketika penanaman pertama sebanyak 3 g.

Perhitungan infeksi mikoriza diawali dengan memotong akar serabut pada setiap sampel akar, dicuci dengan *aquadest*, dan direndam dalam larutan KOH 10% selama 10 menit di atas *hot plate* hingga akar berwarna putih atau pucat. Larutan KOH 10% dibuang, akar dicuci dengan *aquadest*, dan direndam larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> selama 10 menit. Akar kemudian dicuci dengan *aquadest* dan direndam HCl 1% selama 30 menit. Larutan HCl 1% dibuang dan akar direndam *lactophenol trypan blue* selama 24 jam. Perhitungan persentase infeksi mikoriza menggunakan metode *slide*. Akar yang telah terwarnai oleh *lactophenol trypan blue* dipotong sebanyak 10 potong akar dengan panjang 1 cm kemudian disusun pada *object glass* atau kaca preparat.

Persentase infeksi mikoriza dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\% \text{infeksi} = \frac{\text{Jumlah akar terinfeksi}}{\text{Jumlah akar terinfeksi} + \text{Jumlah akar tidak terinfeksi}} \times 100\%$$

Uji kadar Cd pada bagian daun menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Data yang diperoleh dilakukan uji normalitas dengan *saphiro wilk*, dilanjutkan uji ANAVA dua arah, dan uji Duncan dengan signifikansi 5%.

## HASIL

Pengaplikasian penambahan MVA dan Si pada tanaman *B. juncea* di tanah tercemar Cd berpengaruh terhadap parameter pertumbuhan tanaman *B. juncea*, persentase infeksi mikoriza, dan kadar Cd di jaringan tanaman.

Penambahan MVA dan Si menunjukkan hasil berpengaruh terhadap tinggi *B. juncea* yaitu pada perlakuan penambahan MVA dan konsentrasi Si 20 g dengan rerata sebesar 33,7 cm (Tabel 1.).

Pada uji statistik diketahui bahwa penambahan MVA dan Si tidak berpengaruh terhadap jumlah daun *B. juncea* (Tabel 2.) dan panjang akar *B. juncea* (Tabel 4.) dengan rerata tertinggi sebesar 10 helai serta rerata panjang akar tertinggi sebesar 12,5 cm (Tabel 4.) pada perlakuan penambahan MVA dan konsentrasi Si 20 g.

**Tabel 1.** Pengaruh MVA dan Si terhadap tinggi tanaman sawi hijau pada tanah tercemar Cd

Konsentrasi Si (g)	Tinggi Sawi Hijau (cm) berdasarkan Penambahan Mikoriza (g)	
	0 g	40 g
0 g	11,33±1,79 <sup>a</sup>	26,80±0,52 <sup>bc</sup>
5 g	19,67±0,81 <sup>a</sup>	28,50±0,70 <sup>c</sup>
10 g	21,87±1,10 <sup>a</sup>	31,33±1,33 <sup>cd</sup>
20 g	24,87±1,00 <sup>ab</sup>	33,70±1,08 <sup>d</sup>
MVA*Si	0,000*	

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam tiap kolom dan baris tidak berbeda nyata pada uji Duncan dengan taraf uji 0,05; \*Nilai Sig. kurang dari 0,05 menunjukkan adanya interaksi antara MVA dan Si

**Tabel 2.** Pengaruh MVA dan Si terhadap jumlah daun tanaman sawi hijau pada tanah tercemar Cd

Konsentrasi Si (g)	Jumlah Daun Sawi Hijau (helai) berdasarkan Penambahan Mikoriza (g)	
	0 g	40 g
0 g	4,67±1,16	8,00±1,00
5 g	6,67±1,53	8,67±0,58
10 g	7,33±0,58	9,67±1,16
20 g	7,67±0,58	10,00±1,73
MVA*Si	0,755*	

Keterangan : \*Nilai Sig. lebih dari 0,05 menunjukkan tidak adanya interaksi antara MVA dan Si

Penambahan MVA dan Si berpengaruh terhadap biomassa basah *B. juncea* dengan rerata tertinggi sebesar 23,2 g pada perlakuan penambahan MVA dan konsentrasi Si 20 g (Tabel 3.) Berdasarkan hasil Tabel 5. diketahui penambahan MVA dan Si berpengaruh terhadap persentase infeksi mikoriza, dengan nilai persentase tertinggi pada perlakuan penambahan MVA dan konsentrasi Si 20 g dengan rerata 93,33%.

Konsentrasi Si berpengaruh secara nyata terhadap penurunan kadar Cd pada tanaman ketika penambahan MVA dengan konsentrasi perlakuan Si terbaik pada 10 g atau 20 g (Tabel 6). Sementara pada penambahan MVA 40 g konsentrasi Si tidak berpengaruh terhadap kadar Cd pada tanaman, namun menunjukkan penurunan konsentrasi terbesar pada konsentrasi Si 20 g.

**Tabel 3.** Pengaruh MVA dan Si terhadap biomassa basah tanaman sawi hijau pada tanah tercemar Cd

Konsentrasi Si (g)	Biomassa Basah Sawi Hijau (g) berdasarkan Penambahan Mikoriza (g)	
	0 g	40 g
0 g	4,47±0,35 <sup>a</sup>	17,70±0,44 <sup>c</sup>
5 g	5,73±0,47 <sup>a</sup>	20,00±0,79 <sup>cd</sup>
10 g	6,97±0,42 <sup>ab</sup>	21,93±0,45 <sup>d</sup>
20 g	8,63±0,32 <sup>b</sup>	23,20±0,44 <sup>d</sup>
MVA*Si	0,037*	

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam tiap kolom dan baris tidak berbeda nyata pada uji Duncan dengan taraf uji 0,05; \*Nilai Sig. kurang dari 0,05 menunjukkan adanya interaksi antara MVA dan Si

**Tabel 4.** Pengaruh MVA dan Si terhadap panjang akar tanaman sawi hijau pada tanah tercemar Cd

Konsentrasi Si (g)	Panjang Akar Sawi Hijau (cm) berdasarkan Penambahan Mikoriza (g)	
	0 g	40 g
0 g	3,27±0,25	8,20±0,30
5 g	4,37±0,35	9,67±0,83
10 g	5,20±0,30	10,97±0,59
20 g	6,70±0,60	12,50±0,20
MVA*Si	0,364*	

Keterangan : \*Nilai Sig. lebih dari 0,05 menunjukkan tidak adanya interaksi antara MVA dan Si

**Tabel 5.** Pengaruh MVA dan Si terhadap persentase infeksi mikoriza tanaman sawi hijau pada tanah tercemar Cd

Konsentrasi Si (g)	Persentase Infeksi Mikoriza (%) berdasarkan Penambahan Mikoriza (g)	
	0 g	40 g
0 g	0±5,78 <sup>a</sup>	73,33±5,77 <sup>cd</sup>
5 g	0±10,00 <sup>a</sup>	80,00±0,00 <sup>cd</sup>
10 g	0±10,00 <sup>a</sup>	86,67±5,77 <sup>d</sup>
20 g	0±5,77 <sup>a</sup>	93,33±5,77 <sup>d</sup>
MVA*Si	0,049*	

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam tiap kolom dan baris tidak berbeda nyata pada uji Duncan dengan taraf uji 0,05; \*Nilai Sig. kurang dari 0,05 menunjukkan adanya interaksi antara MVA dan Si

**Tabel 6.** Pengaruh MVA dan Si terhadap kadar Cd tanaman sawi hijau pada tanah tercemar Cd

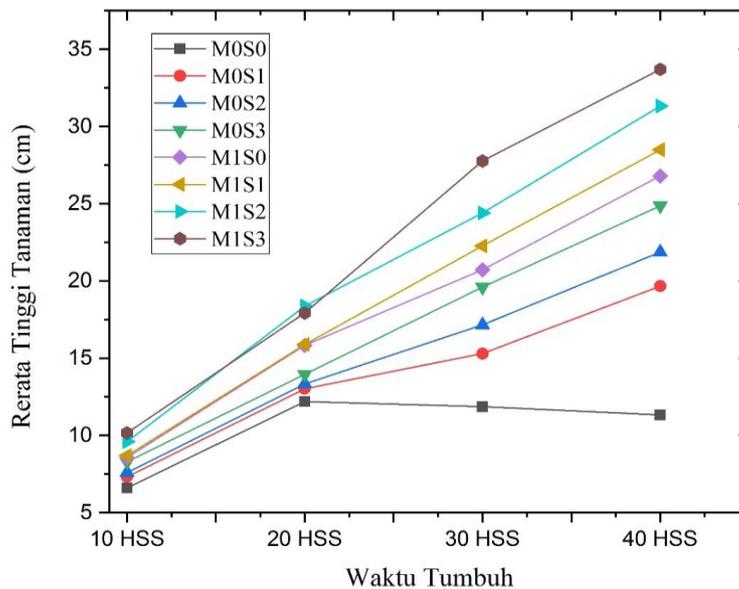
Konsentrasi Si (g)	Kadar Cd (ppm) berdasarkan Penambahan Mikoriza (g)	
	0 g	40 g
0 g	3,272±0,025 <sup>d</sup>	0,867±0,040 <sup>a</sup>
5 g	1,579±0,048 <sup>c</sup>	0,726±0,027 <sup>a</sup>
10 g	1,476±0,028 <sup>bc</sup>	0,609±0,038 <sup>a</sup>
20 g	1,287±0,012 <sup>bc</sup>	0,544±0,021 <sup>a</sup>
MVA*Si	0,000*	

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam tiap kolom dan baris tidak berbeda nyata pada uji Duncan dengan taraf uji 0,05 \*Nilai Sig. kurang dari 0,05 menunjukkan adanya interaksi antara MVA dan Si

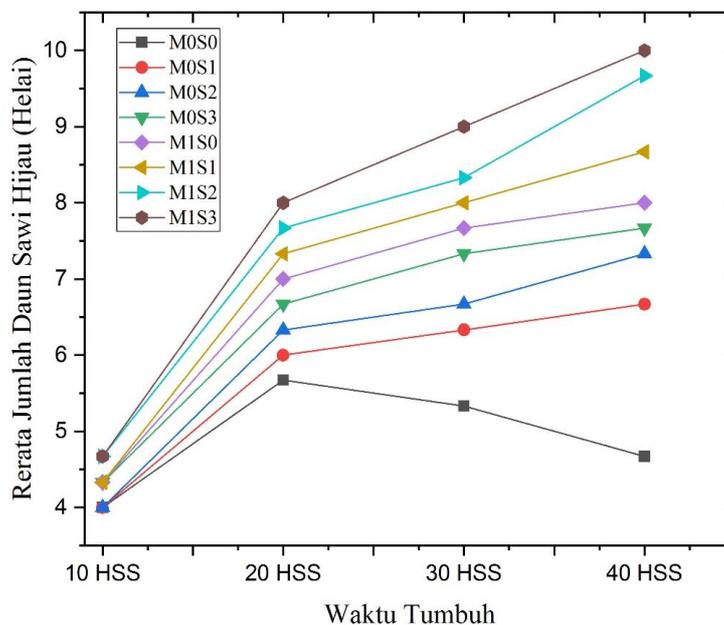
## PEMBAHASAN

Kadmium (Cd) merupakan logam berat bersifat toksik dan karsinogen dengan tingkat bahaya tinggi pada kesehatan manusia selain logam timbal (Pb) dan merkuri (Hg). Logam ini mudah di akumulasi oleh tanaman dibandingkan logam lainnya seperti Pb (Yani, 2018).

Menurut Coasta *et al.*, (2012), Cd menyebabkan beberapa gejala *phytotoxicity* pada akar dan daun tanaman. Cd telah dilaporkan berdampak pada tanaman dalam banyak hal seperti, metabolisme tanaman, penurunan dalam pertumbuhan dan biomassa, klorosis, nekrosis, dan *browning* pada akar.



**Gambar 1.** Grafik pertambahan tinggi tanaman sawi hijau pada usia 10 HSS hingga 40 HSS



**Gambar 2.** Grafik pertambahan jumlah daun tanaman sawi hijau pada usia 10 HSS hingga 40 HSS

Berbagai penelitian menyatakan bahwa MVA efektif dalam menurunkan kadar Cd. Hasil penelitian Purbalisa *et al.*, (2017) menyebutkan bahwa MVA efektif dalam menurunkan kadar Cd pada tanaman padi (*O. sativa*) yang ditanam di tanah tercemar Cd. Hasil dari produksi padi yang ditanam pada tanah tercemar Cd yang telah diberikan MVA hampir sama dengan padi yang ditanam pada tanah kontrol, hal ini menunjukkan bahwa MVA dapat menurunkan kadar Cd pada tanah.

Silika (Si) dapat menurunkan kadar logam berat, hal ini didukung oleh penelitian Larasati *et al.*, (2016) bahwa Si yang berupa silika gel dapat menurunkan kadar besi (Fe) dan kromium (Cr). Menurut Purwaningsih (2009), silika gel diketahui mampu mengadsorpsi logam berat karena memiliki banyak mikropori yang dapat menghambat molekul-molekul pada proses adsorpsi.

Selain itu, hasil penelitian Alam *et al.*, (2019) menyatakan bahwa MVA dan Si dapat menurunkan kadar logam arsen (As) pada tanaman *Pisum sativum* dengan didapatkan penurunan kadar As terbaik setelah perlakuan dengan penambahan MVA. Kombinasi MVA dan Si diharapkan dapat menurunkan kadar Cd lebih baik daripada hanya dengan penambahan MVA atau Si.

Pertumbuhan merupakan peristiwa bertambahnya ukuran suatu tanaman yang diukur dari bertambahnya besar dan tinggi organ tanaman. Pertumbuhan ukuran tanaman secara keseluruhan adalah hasil dari pertambahan jumlah dan ukuran sel (Hapsari *et al.*, 2018). Hal ini dipengaruhi oleh

meristem yang menghasilkan sel baru yang membelah, membesar, dan berdiferensiasi. Pembelahan pada jaringan meristem terjadi karena adanya mitosis pada ujung akar dan batang. Pembelahan mitosis bergantung pada ketersediaan karbohidrat, protein, dan air (Salisbury and Ross, 1995).

Pengaruh dari pembelahan jaringan meristem akibat pembelahan mitosis dapat diamati melalui pertumbuhan vegetatif tanaman dengan dicirikan bertambahnya jumlah daun, tinggi tanaman, dan pertumbuhan akar (Masria, 2015). Pertumbuhan tanaman dipengaruhi ketersediaan air, selain itu juga dipengaruhi oleh hormon pada tanaman yaitu hormon giberelin dan auksin yang berfungsi dalam pembentangan sel (Taiz and Zeiger, 2006).

Pada parameter tinggi tanaman, penambahan MVA dan Si berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan tanaman *B. juncea*. Pada **Gambar 1.** dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan tinggi tanaman setiap minggunya, sedangkan pada perlakuan tanpa MVA dan tanpa Si terjadi penurunan tinggi tanaman. Hal ini dikarenakan kadar Cd yang digunakan melebihi ambang batas. Menurut Badan Standarisasi Nasional (2009), ambang batas kadmium yaitu sebesar 0,2 ppm pada tanaman sayur. Sejalan dengan hasil penelitian Alam *et al.*, (2019) menyatakan bahwa tanaman *P. sativum* yang tercemar di tanah As dengan diberikan perlakuan MVA atau Si dapat meningkatkan tinggi tanaman.

Berdasarkan dari hasil analisis yang diperoleh bahwa penambahan MVA dan Si tidak berpengaruh signifikan terhadap parameter jumlah daun. **Tabel 2.** menunjukkan tanaman sawi hijau yang diberikan MVA dan Si konsentrasi 20 g menunjukkan memiliki rata-rata jumlah daun tertinggi sebesar 10 helai. Banyaknya jumlah daun menunjukkan tanaman akan melangsungkan proses fotosintesis lebih baik. Keberadaan daun pada suatu tanaman berperan penting dalam proses fotosintesis, sehingga perkembangan dan pertumbuhan tanaman terus bertambah (Sianipar, 2016).

Perlakuan tanpa MVA dan tanpa Si menunjukkan jumlah daun yang sedikit, hal ini dikarenakan pencemaran Cd menimbulkan pengaruh negatif pada klorofil dikarenakan sebagian besar akan diakumulasi organ tanaman seperti akar, batang, serta daun. Jumlah daun tanaman sawi hijau yang diberikan MVA cenderung lebih banyak dibandingkan yang tidak diberikan MVA. Hal ini dikarenakan dibandingkan dengan tanaman yang tidak terinfeksi, tanaman yang terinfeksi oleh MVA mengandung konsentrasi auksin yang lebih tinggi sehingga pertumbuhan pada pucuk daun lebih banyak (Prasasti *et al.*, 2013). Namun menurut hasil ANAVA dua arah, penambahan MVA dan Si tidak berpengaruh signifikan terhadap jumlah daun namun berpengaruh terhadap biomassa total tanaman (**Tabel 3.**).

Pada **Gambar 2.** menunjukkan grafik penurunan jumlah daun pada tanaman *B. juncea* yang tidak ditambahkan MVA dan Si. Hal ini didukung oleh penelitian Sianipar (2016) dan Matsetio *et al.*, (2015) bahwa penambahan MVA tidak berpengaruh signifikan terhadap jumlah daun tanaman jagung, jaban, petai, dan belimbing wuluh pada tanah tercemar Pb. Sedangkan menurut hasil penelitian Harianto and Pohan (2018), perlakuan tanaman sawi hijau yang diberikan logam Pb berpengaruh terhadap jumlah daun sawi hijau. Perlakuan kontrol (tidak diberikan logam Pb) memiliki jumlah daun sawi hijau lebih banyak daripada perlakuan diberikan logam Pb.

Pada parameter biomassa basah, penambahan MVA dan Si konsentrasi 20 g memberikan pengaruh tertinggi pada rata-rata biomassa basah tanaman sawi hijau sebesar 23,20 g (**Tabel 3.**). Sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh Alam *et al.*, (2019) menunjukkan bahwa penambahan MVA dan Si dapat meningkatkan biomassa basah *P. sativum* dengan rata-rata persentase tertinggi biomassa basah 52% untuk perlakuan MVA dan 33% untuk perlakuan Si.

Hasil penelitian Harianto and Pohan (2018) menunjukkan bahwa adanya logam berat Pb mempengaruhi jumlah berat basah tanaman sawi hijau. Pada perlakuan logam Pb menunjukkan jumlah berat basah yang sedikit dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Hal ini berbeda dengan hasil penelitian Tuheteru *et al.*, (2017) menyatakan bahwa biomassa tanaman yang tercemar logam berat akan meningkat apabila ditambahkan dengan MVA.

Pada panjang akar, berdasarkan hasil analisis uji ANAVA dua arah menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh yang signifikan dari interaksi MVA dan konsentrasi Si yang berbeda terhadap panjang akar (**Tabel 4.**). Hal ini didukung oleh penelitian Hakim and Arifin (2014), menyatakan tanaman yang tercemar lumpur lapindo dimana kandungan lumpur lapindo adalah logam Cd salah satunya, bahwa tanaman *Ipomea sp.* yang diberikan perlakuan penambahan MVA tidak berpengaruh terhadap panjang akar. Hal ini juga sesuai dengan penelitian Saputro *et al.*, (2016) bahwa penambahan MVA tidak berpengaruh terhadap panjang akar tanaman sengon yang tercemar logam Pb.

Panjang akar dipengaruhi oleh inokulasi mikoriza pada tanaman yang terkena logam berat. Hal ini dikarenakan mikoriza dapat menginduksi hipertrofi akar dengan rangsangan sehingga rambut-

rambut akar tumbuh menjadi lebih cepat. Selain itu, mikoriza dapat mensekresikan hormon rizokalin dimana hormon ini dapat merangsang pembentukan akar (Aldeman and Morton, 2006).

Hasil penelitian Saputro *et al.*, (2016) bahwa pada perlakuan kontrol (tidak diberikan mikoriza) tanaman *Paraserianthes falcataria* mempunyai panjang akar yang rendah dibandingkan pada perlakuan yang diberikan mikoriza dengan panjang akar relatif lebih tinggi. Hal ini dikarenakan logam Pb akan menghambat pertumbuhan dan pemanjangan akar primer, serta perkembangan rambut akar dengan menghambat pembelahan sel di zona meristematik.

Pada indikator persentase infeksi mikoriza, hasil analisis data ANAVA dua arah menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan dari interaksi antara MVA dan konsentrasi Si yang berbeda terhadap persentase infeksi. Dari hasil analisis rata-rata persentase infeksi diketahui bahwa dengan penambahan MVA dan Si konsentrasi 20 g berpengaruh terhadap rata-rata persentase infeksi mikoriza tertinggi dengan nilai persentase sebesar 93,33% (**Tabel 5**).

Asosiasi mikoriza menyebabkan luas permukaan serapan tanaman meningkat. Hal ini dikarenakan hifa mikoriza menjelajahi rizosfer di luar zona akar rambut yang akan meningkatkan serapan mineral dan air. Kolonisasi mikoriza menimbulkan efek positif terhadap ketersediaan air serta unsur hara N dan P sehingga akan memacu pertumbuhan tanaman (Sianipar, 2016).

Mikoriza berperan melindungi akar tanaman dari unsur toksik, salah satunya logam berat. Mekanisme perlindungan dari logam berat dengan menggunakan efek filtrasi, yaitu akumulasi logam berat dalam hifa jamur atau menonaktifkan secara kimiawi. Hal ini bergantung dari beberapa faktor seperti pH, konsentrasi unsur mikro dalam tanah, jenis tanaman, kondisi fisik tanah dan kimia tanah, serta tingkat kesuburan tanah (Arisusanti and Purwani, 2013).

Logam Cd akan diserap akar tanaman dalam bentuk ion terlarut dalam air. Mikoriza akan mengikat ion logam Cd pada dinding sel hifa sehingga melindungi tanaman dari ion logam Cd. Lingkungan yang mengandung banyak logam Cd akan mengakibatkan protein regulator pada tumbuhan membentuk senyawa pengikat, yaitu fitokelatin. Senyawa pengikat atau fitokelatin ini adalah peptida yang mengandung 2 hingga 8 asam amino sistein pada pusat molekul, asam glutamat, serta glisin yang letaknya berlawanan.

Pembentukan fitokelatin terjadi di nukleus dimana melewati retikulum endoplasma (RE), aparatus golgi, vesikula sekretori hingga menuju permukaan sel. Apabila fitokelatin dan logam Cd bertemu maka akan membentuk senyawa kompleks dan ikatan sulfida diujung belerang pada sistein sehingga Cd terbawa ke dalam jaringan tumbuhan. Ketika logam Cd memasuki sel dan berikatan dengan enzim maka akan menyebabkan reaksi kimia pada sel tanaman menjadi terganggu. Gangguan ini terjadi di jaringan spons, palisade, dan epidermis. Hal ini yang menyebabkan klorosis dan nekrosis pada tumbuhan (Arisusanti and Purwani, 2013).

Pada parameter kadar Cd, hasil analisis data ANAVA dua arah menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan dari interaksi antara MVA dan konsentrasi Si yang berbeda terhadap kadar Cd. Dari hasil analisis rata-rata kadar Cd diketahui bahwa dengan penambahan MVA dan Si konsentrasi 20 g berpengaruh terhadap penurunan kadar Cd. Rata-rata persentase penurunan kadar Cd tertinggi dengan nilai persentase sebesar 0,544 ppm (**Tabel 6**). Sedangkan kadar Cd pada tanaman sawi hijau yang tanpa MVA dan tanpa Si memiliki rata-rata persentase penurunan kadar Cd terendah dengan nilai persentase sebesar 3,272 ppm.

Berdasarkan hasil pengamatan pada daun yang tidak diberikan MVA dan Si (**Gambar 3**), menunjukkan gejala daun menjadi melengkung dan mengecil serta mengalami klorosis. Sedangkan pada daun yang diberikan MVA dan Si, daun berwarna hijau dan tidak mengalami gejala seperti daun yang tidak diberikan MVA dan Si.



**Gambar 3.** Morfologi Tanaman Sawi Hijau Setelah Perlakuan Logam Cd: (A) Kontrol (Tanpa MVA dan Si), dan (B) Penambahan MVA dan Si

Cd mempengaruhi kadar klorofil *B. juncea*. Hal ini dikarenakan Cd mampu merusak partikel susunan klorofil sehingga kadar klorofil tanaman berkurang. Semakin tinggi kadar Cd yang diberikan, maka akan semakin rendah kadar klorofil yang terdapat pada tanaman. Faktor defisiensi unsur mangan (Mn), magnesium (Mg), kalium (K), dan besi (Fe) yang langsung menggantikan unsur Mg dalam klorofil. Hal ini mengakibatkan timbul gejala klorosis sehingga daun *B. juncea* yang terpapar Cd menjadi pucat dikarenakan keberadaan Cd akan mengganggu struktur klorofil (Harianto and Pohan, 2018).

Hasil penelitian Coasta *et al.*, (2012), tanaman *Ricinus communis* yang diberikan perlakuan Cd mengalami gejala klorosis, nekrosis, akar menghitam, pertumbuhan tanaman terhambat dengan gejala jumlah daun menurun, daun mengecil, dan menurunnya biomassa pada tanaman. Oleh karena itu pada perlakuan tidak diberikan MVA dan Si, tanaman sawi hijau mengalami gejala klorosis.

Alam *et al.*, (2019) menyatakan bahwa perlakuan penambahan MVA dan Si secara signifikan dapat menurunkan konsentrasi As pada tanaman *P. sativum*. Perlakuan penambahan MVA dan Si diketahui efektif untuk menurunkan konsentrasi As pada akar, daun, dan biji *P. sativum* dibandingkan pada perlakuan kontrol (tidak diberikan MVA dan Si). Diantara kedua perlakuan tersebut, perlakuan dengan penambahan MVA diketahui lebih efektif memberikan hasil yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan diberikan Si.

Pada perlakuan yang diberikan Si, didapatkan hasil pertumbuhan tanaman dan penurunan kadar Cd yang sedikit. Hal ini dikarenakan Si memiliki kemampuan menyerap logam berat yang rendah (Larasati *et al.*, 2016) dibandingkan MVA, sehingga perlakuan dengan diberikan MVA pada tanah tercemar logam berat memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan penambahan Si saja.

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan penambahan MVA dan Si konsentrasi 20 g merupakan perlakuan yang direkomendasikan. Dengan diberikannya MVA dan konsentrasi Si 20 g tidak berpengaruh terhadap parameter jumlah daun dan panjang akar, namun berpengaruh terhadap tinggi tanaman, biomassa basah, persentase infeksi mikoriza, dan kadar Cd.

## SIMPULAN

Terdapat pengaruh yang signifikan dari interaksi antara MVA dan konsentrasi Si yang berbeda terhadap parameter tinggi tanaman, biomassa basah, persentase infeksi mikoriza, dan kadar Cd. Namun tidak terdapat pengaruh yang signifikan terhadap parameter jumlah daun dan panjang akar. Perlakuan yang direkomendasikan adalah perlakuan penambahan MVA dan Si dengan konsentrasi 20 g.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adrees M, Ali S, and Muhammad R, 2015. Mechanism of Silicon Mediated Alleviation of Heavy Metal Toxicity in Plants: A Review. *Ecotoxicology Environment Safety*, 119: 186-197.
- Alam, MZ, Hoque MA, Ahammed GJ, 2019. Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Selenium, Sulfur, Silica-Gel and Biochar Reduce Arsenic Uptake in Plant Biomass and Improve Nutritional Quality in *Pisum sativum*. *BioRxiv*.
- Aldeman JM and Morton J, 2006. Infectivity of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi Influence Host Soil Diluent Combination on MPN Estimates and Percentage Colonization. *Soil Biology and Chemistry Journal*, 8(1): 77- 83.
- Arisusanti RJ and Purwani KI, 2013. Pengaruh Pemberian Mikoriza *Glomus fasciculatum* terhadap Akumulasi Logam Timbal (Pb) pada Tanaman *Dahlia pinnata*. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2(2): 69-73.
- Azcon-Aguilar C and Barea JM, 2015. Nutrient Cycling in the Mycorrhizosphere. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 15: 372-96.
- Badan Standarisasi Nasional, 2009. Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan. Jakarta.
- Coasta ET, Guilherme LR, de Melo EE, Ribeiro BT, Inacio ED, Severiano ED, Faquin V, and Beverley AH, 2012. Assessing the Tolerance of Castor Bean to Cd and Pb for Phytoremediation Purposes. *Biological Trace Element Res*, 145(1): 93-100.
- Gallego S, Pena LB, Barcia R, Azpilicueta C, Iannone M, Rosales E, Zawoznik M, Groppa M, and Benavides M, 2012. Unravelling Cadmium Toxicity and Tolerance in Plants: Insight into Regulatory Mechanisms. *Environmental and Experimental Botany*, 83:33-46.
- Hapsari AT, Darmanti S, and Hastuti ED, 2018. Pertumbuhan Batang, Akar, dan Daun Gulma Katumpangan (*Pilea microphylla* (L) Liebm. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 3(1): 79-84.
- Hakim A and Arifin S, 2014. Pengaruh Pemberian Mikoriza Vesikular Arbuskular dan Prosentase Media Lumpur Lapindo terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kangkung Darat (*Ipomea* sp.). *Nabatia*, 11(1): 126-134.
- Harianto V and Pohan SD, 2018. Respon Pertumbuhan dan Fisiologis Tanaman Sawi Hijau yang dipapar Timbal. *Jurnal Biosains*, 4(3): 79-83.

- Junyo G and Handayanto E, 2017. Potensi Tiga Varietas Tanaman Sawi sebagai Akumulator Merkuri pada Tanah. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 59-66.
- Kim YH, Khan AL, Kim DH, Lee SY, Kim KM, and Muhammad W, 2014. Silicon Mitigates Heavy Metal Stress by Regulating P-type Heavy Metal ATPases, *Oryza sativa* Low Silicon Genes and Endogenous Phytohormones. *BMC Plant Biology*, 14: 13.
- Kumar A, 2006. *Heavy Metal Pollution Research, Recent Advances*. New Delhi: Daya Publishing House.
- Larasati AI, Susanawati LD, and Suharto B, 2016. Efektivitas Adsorpsi Logam Berat pada Air Lindi Menggunakan Media Karbon Aktif, Zeolit, dan Silika Gel di TPA Tlekung, Batu. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 14(1): 44-48.
- Lin YF and Aarts M, 2012. The Molecular Mechanism of Zinc and Cadmium Stress Response in Plants. *Cellular Molecular Life Science*, 69: 3187-3206.
- Masria, 2015. Peranan Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) untuk Meningkatkan Resistensi Tanaman terhadap Cekaman Kekeringan dan Ketersediaan P pada Lahan Kering. *Jurnal Partner*, 48(1): 48-56.
- Matsetio A, 2014. Jenis dan Potensi Fungi Mikoriza Asal Tanah Pasca Tambang Batubara dalam Mengendalikan Penyakit Busuk Batang *Fusarium* sp. pada Tanaman Jagung. *Skripsi*. Dipublikasikan. Bengkulu: Universitas Bengkulu.
- Prasasti, OH, Purwani KI, and Nurhatika S, 2013. Pengaruh Mikoriza *Glomus fasciculatum* Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Kacang Tanah yang Terinfeksi Patogen *Sclerotium rolfsii*. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2(2): 2337-3520.
- Purbalisa W, Mulyadi, and Purnariyanto F, 2017. Kadar Kadmium dan Hasil Produksi Padi pada Tanah Tercemar Kadmium yang Telah Diremediasi. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek II*. Surakarta: 20 Mei.
- Purwaningsih D, 2009. Adsorpsi Multi Logam Ag(I), Pb(II), Cr(III), Cu(II), dan Ni(II) pada Hibrida Etilendinamოსilika dari Abu Sekam Padi. *Jurnal Penelitian Saintek*, 14(1): 59-76.
- Salisbury F and Ross C, 1995. *Fisiologi Tumbuhan Jilid 3*. Bandung: ITB Press.
- Saputro TB, Alfiyah N, and Fitriani D, 2016. Pertumbuhan Tanaman Sengon (*Paraserianthes falcataria* L) Terinfeksi Mikoriza pada Lahan Tercemar Pb. *Jurnal Sosial Humaniora*, 9(2): 207-217.
- Sianipar H, Munir E, and Delvian, 2016. Pengurangan Akumulasi Timbal (Pb) dengan Memanfaatkan Mikoriza Arbuskula dan Tanaman Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*), Jabon (*Anthocephalus cadamba*), Petai (*Parkia speciosa*). *Jurnal Biosains*, 2: 133-140.
- Sun H, Xie Y, Zheng Y, Lin Y, and Yang F, 2018. The Enhancement by Arbuscular Mycorrhizal Fungi of the Cd Remediation Ability and Bioenergy Quality-related Factors of Five Switchgrass Cultivars in Cd-Contaminated Soil. *PeerJ*, 1-27.
- Taiz L and Zeiger E, 2006. *Plant Physiology 4th Edition*. Sinauer Associates: Annals of Botany Company.
- Tuheteru FD, Arif A, Widiastuti E, and Rahmawati N, 2017. Serapan Logam Berat oleh Fungi Mikoriza Vesikular Arbuskula Lokal pada *Nauclea orientalis* L. dan Potensi untuk Fitoremediasi Tanah Serpentine. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 11: 76-84.
- Wang C, White P, and Li C, 2017. Colonization and Community Structure of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Maize Roots at Different Depth in the Soil Profile Respond Differently to Phosphorus Inputs on a Long-term Experimental Site. *Mycorrhiza*, 27: 369-381.
- Warrier R, 2012. Phytoremediation for Environmental Clean Up. *Forestry Bulletin*, 12(2): 1-7.
- Yani HN, 2018. Penentuan Kadar Logam Timbal dan Kadmium pada Daun Keladi Tikus dengan Menggunakan Variasi Komposisi Zat Pengoksidasi secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA). *Skripsi*. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Zhang X, Zhang X, Gao B, Li ZA, Xia H, Li H, and Li J, 2014. Effect of Cadmium on Growth, Photosynthesis Mineral Nutrition and Metal Accumulation of Energy Crop, King Grass (*Pennisetum americanum* x *Pennisetum purpureum*). *Biomass and Bioenergy*, 67: 179-187.
- Zulkoni A, Rahyuni D, and Nasirudin, 2017. Pengaruh Pemangkasan Akar Jati dan Inokulasi Jamur Mikoriza Arbuskula terhadap Fitoremediasi Tanah Tercemar Merkuri di Kokap Kulonprogo Yogyakarta. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 24(1): 17-22.

**Published:** 30 September 2020

**Authors:**

Rizqi Aulia Nurlaili, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Jalan Ketintang, Gedung C3 Lt.2 Surabaya 60231, Indonesia, e-mail: rizqiaulianl@gmail.com  
 Yuni Sri Rahayu, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Jalan Ketintang, Gedung C3 Lt.2 Surabaya 60231, Indonesia, e-mail: yunirahayu@unesa.ac.id  
 Sari Kusuma Dewi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Jalan Ketintang, Gedung C3 Lt.2 Surabaya 60231, Indonesia, e-mail: saridewi@unesa.ac.id

**How to cite this article:**

Nurlaili RA, Rahayu YS, Dewi SK, 2021. Pengaruh Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) dan Silika (Si) terhadap Pertumbuhan Tanaman Brassica juncea pada Tanah Tercemar kadmium (Cd). *LenteraBio*; 9(3): 185-193