

## **Pengaruh Pemberian Kalsium Silikat terhadap Pertumbuhan dan Struktur Anatomi Akar Tanaman Padi (*Oryza sativa* L. 'IR64') pada Kondisi Cekaman Salinitas**

### ***The Effect of Calcium Silicate Application on Growth and Root Anatomical Structure of Rice (*Oryza sativa* L. 'IR64') in Salinity Stress Conditions***

**Aliya Nadira Irsyad, Diah Rachmawati\*)**

Departemen Biologi Tropika, Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada  
Jl. Teknik Selatan, Sekip Utara, Yogyakarta 55281, Indonesia.

\*) Penulis untuk korespondensi E-mail: [drachmawati@ugm.ac.id](mailto:drachmawati@ugm.ac.id)

**Diajukan:** 10 Juni 2021 **/Diterima:** 21 April 2022 **/Dipublikasi:** 25 Mei 2022

#### **ABSTRACT**

***Salinity is one of the abiotic stresses that commonly occurs in rice fields. Salinity can cause rice productivity to decrease due to inhibition of rice growth. The use of silicate fertilizers is one method for reducing the negative effects of salinity stress. Silicate fertilizers, as a source of silicon (Si), can improve growth and tolerance of rice under biotic and abiotic stress conditions, one of which is salinity. The purpose of this research was to study the effect of calcium silicate on growth and root anatomical structure of rice 'IR64' under salinity stress conditions. The study was conducted using a completely randomized design with two factors, calcium silicate and salinity. The concentrations used for calcium silicate treatment were 0, 1, and 2 mM, while for salinity treatment were 0, 37.5, and 50 mM NaCl. The data obtained were analyzed using analysis of variance (ANOVA) and if there is an effect, it is continued by using the DMRT test with a 95% confidence level. The results showed that the application of calcium silicate increased the growth of rice 'IR64' under salinity stress conditions. Under salinity stress, the application of calcium silicate was able to increase root diameter, exodermis thickness, cortex thickness, and stele diameter of rice 'IR64'.***

**Keywords:** hydroponic; rice 'IR64'; salinity; silicon

#### **INTISARI**

Salinitas merupakan salah satu cekaman abiotik yang umum terjadi di lahan persawahan. Salinitas dapat menyebabkan produktivitas padi menurun akibat terhambatnya pertumbuhan tanaman padi. Salah satu cara untuk mengurangi dampak negatif cekaman salinitas yaitu dengan aplikasi pupuk silikat. Pupuk silikat sebagai sumber silikon (Si) dapat meningkatkan pertumbuhan serta toleransi tanaman padi saat berada pada kondisi cekaman biotik maupun abiotik, salah satunya salinitas. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh kalsium silikat terhadap pertumbuhan, dan struktur anatomi akar tanaman padi 'IR64' pada kondisi cekaman salinitas. Penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan dua faktor yaitu kalsium silikat dan salinitas. Konsentrasi yang digunakan pada perlakuan kalsium silikat 0, 1, dan 2 mM serta untuk perlakuan

salinitas 0, 37.5, dan 50 mM NaCl. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan analisis varian (ANOVA) dan jika terdapat pengaruh maka dilanjutkan dengan menggunakan uji DMRT dengan tingkat kepercayaan 95%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi kalsium silikat meningkatkan pertumbuhan tanaman padi 'IR64' pada kondisi cekaman salinitas. Pada kondisi cekaman salinitas, aplikasi kalsium silikat mampu meningkatkan diameter akar, tebal eksodermis, tebal korteks, dan diameter stele tanaman padi 'IR64'.

**Kata kunci:** hidroponik, padi 'IR64'; salinitas; silikon

## PENDAHULUAN

Cekaman salinitas merupakan suatu kondisi dimana jumlah garam terlarut yang berlebihan sehingga berdampak buruk bagi pertumbuhan tanaman (Suhartini and Harjosudarmo, 2017). Salinitas dapat disebabkan karena konsentrasi garam yang tinggi akibat rendahnya curah hujan, cepatnya proses evaporasi air tanah sehingga garam-garam di dalam tanah terakumulasi, serta adanya intrusi air laut atau rob (BPTP Jateng, 2015). Efek negatif cekaman salinitas pada tumbuhan meliputi tiga aspek yaitu tekanan osmotik, keseimbangan hara, dan toksisitas ion (Ikhsanti *et al.*, 2018). Salinitas dapat menurunkan potensial air yang menyebabkan penyerapan air berkurang sehingga kandungan air relatif daun menurun dan sel mengalami dehidrasi. Kekurangan air tersebut dapat menurunkan laju fotosintesis karena menurunnya konduktansi stomata. Hal ini mengakibatkan pertumbuhan tanaman akan terhambat (Machado and Serralheiro, 2017).

Padi (*Oryza sativa* L.) adalah salah satu jenis tanaman pangan yang termasuk ke dalam famili Poaceae. Salah satu

kultivar yang umum ditanam oleh petani adalah 'IR64' merupakan kultivar yang tergolong dalam kelompok yang memiliki toleransi menengah (*moderate tolerant*) terhadap salinitas. Hal tersebut karena kemampuan kompartemenisasi ion Na<sup>+</sup> ke dalam vakuola sehingga potensial osmotik sel terjaga dan dapat mengurangi dampak negatif dari cekaman salinitas (Castillo *et al.*, 2007).

Akar merupakan organ tumbuhan yang langsung berhubungan dengan kondisi cekaman salinitas. Cekaman salinitas menyebabkan pertumbuhan dan diferensiasi sel akar terhambat sehingga mengurangi panjang akar dan diameter akar (Purushothaman *et al.*, 2013). Perubahan perkembangan akar dan karakteristik anatomis merupakan respons tanaman untuk beradaptasi dengan cekaman salinitas. Secara anatomi, salinitas dapat menyebabkan sel-sel akan tertekan sehingga bentuknya lebih memipih (Hasan and Miyake, 2017). Salinitas menyebabkan meningkatnya ketebalan epidermis untuk mengurangi dampak negatif dari salinitas dan juga terjadi penurunan ketebalan korteks karena adanya penurunan suplai asimilat

sehingga turgiditas sel korteks menurun (Setiawati *et al.*, 2018). Salinitas juga dapat menghambat pembelahan dan elongasi sel menyebabkan menurunnya diameter akar serta dapat meningkatkan suberisasi pada lapisan endodermis dan eksodermis (Byrt *et al.*, 2018).

Respons tanaman padi terhadap cekaman salinitas ditunjukkan melalui sintesis dan akumulasi osmolit, homeostasis dan kompartemensi ion, detoksifikasi *reactive oxygen species* (ROS), serta apoptosis. Salah satu osmolit yang dihasilkan yaitu prolin. Prolin berperan dalam regulasi tekanan osmotik serta berperan sebagai antioksidan di dalam sel. Prolin akan mengatur tekanan turgor dan volume sel melalui pengaturan tekanan osmotik. Apabila tekanan osmotik seimbang maka tekanan turgor dalam sel dapat dipertahankan serta melindungi enzim dari kerusakan (Senguttuvel *et al.*, 2013; Muflikhah *et al.*, 2018).

Silikon (Si) merupakan unsur yang menguntungkan bagi tanaman karena dapat meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman terutama saat berada pada kondisi cekaman, salah satunya salinitas (Mvondo-She and Marais, 2019). Salah satu sumber silikon dapat diperoleh melalui pemberian pupuk silikat. Pupuk silikat dapat membantu meningkatkan ketahanan sel serta membentuk struktur sel yang lebih kaku (*rigid*). Hal tersebut dapat ditunjukkan dengan tegaknya daun sehingga

meningkatkan efisiensi penangkapan cahaya matahari yang menyebabkan meningkatnya laju fotosintesis. Apabila fotosintesis meningkat maka asimilat yang dihasilkan akan meningkat sehingga pertumbuhan tanaman akan meningkat. Selain itu, juga silikon membuat batang menjadi lebih kuat dan tidak mudah rebah (Tampoma *et al.*, 2017). Pemberian silikon mampu meningkatkan diameter akar, tebal korteks, tebal eksodermis, serta diameter stele yang terpapar cekaman salinitas disebabkan karena peran silikon yang dapat meningkatkan integritas dari struktur sel sehingga kerusakan dari sel atau jaringan dapat dikurangi (Fan *et al.*, 2016). Unsur silikon juga dapat meningkatkan pembentukan suberin yang menyebabkan jaringan terlindungi dari pengaruh salinitas (Fleck *et al.*, 2011).

Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh pemberian kalsium silikat terhadap pertumbuhan dan struktur anatomi akar tanaman padi 'IR64' yang berada di kondisi cekaman salinitas sehingga dapat diketahui toleransi tanaman padi 'IR64' terhadap cekaman salinitas.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan dari Bulan Desember 2020 hingga Maret 2021 di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan dan Laboratorium Struktur dan Perkembangan Tumbuhan Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Bahan yang

digunakan adalah benih padi 'IR64' yang diperoleh dari Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, kalsium silikat ( $\text{CaSiO}_3$ : Sigma-Aldrich), NaCl (Merck), akuades, *rock wool*, larutan hara Yoshida (Yoshida *et al.*, 1976), larutan FAA, alkohol (70%, 80%, 95%, dan 100%), campuran alkohol/xilol, campuran xilol/paraffin, larutan paraffin murni, pewarna safranin 1%, dan kanada balsam.

Desain penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 2 faktor yaitu perlakuan salinitas dan kalsium silikat. Faktor pertama adalah perlakuan salinitas dengan 3 taraf konsentrasi NaCl yaitu 0 mM (N0); 37,5 mM (N1); dan 50 mM (N2). Faktor kedua adalah perlakuan kalsium silikat yang terdiri dari 3 taraf konsentrasi yaitu 0 mM (S0), 1 mM (S1), dan 2 mM (S2)  $\text{CaSiO}_3$ . Setiap kombinasi perlakuan dilakukan dengan 12 tanaman. Penentuan tanaman sampel dilakukan dengan cara *random sampling* (acak). Media yang digunakan pada penelitian ini adalah media hidroponik berupa larutan hara Yoshida (Yoshida *et al.*, 1976). Volume media yang digunakan adalah 4 L. Substrat yang digunakan untuk pertumbuhan benih padi adalah *rock wool*. Pemberian perlakuan salinitas dengan konsentrasi 37,5 mM dan 50 mM NaCl dan perlakuan kalsium silikat dengan konsentrasi 1 mM dan 2 mM  $\text{CaSiO}_3$  dilakukan setelah proses aklimatisasi selama 14 hari. Perlakuan NaCl dan kalsium silikat diberikan selama 21 hari.

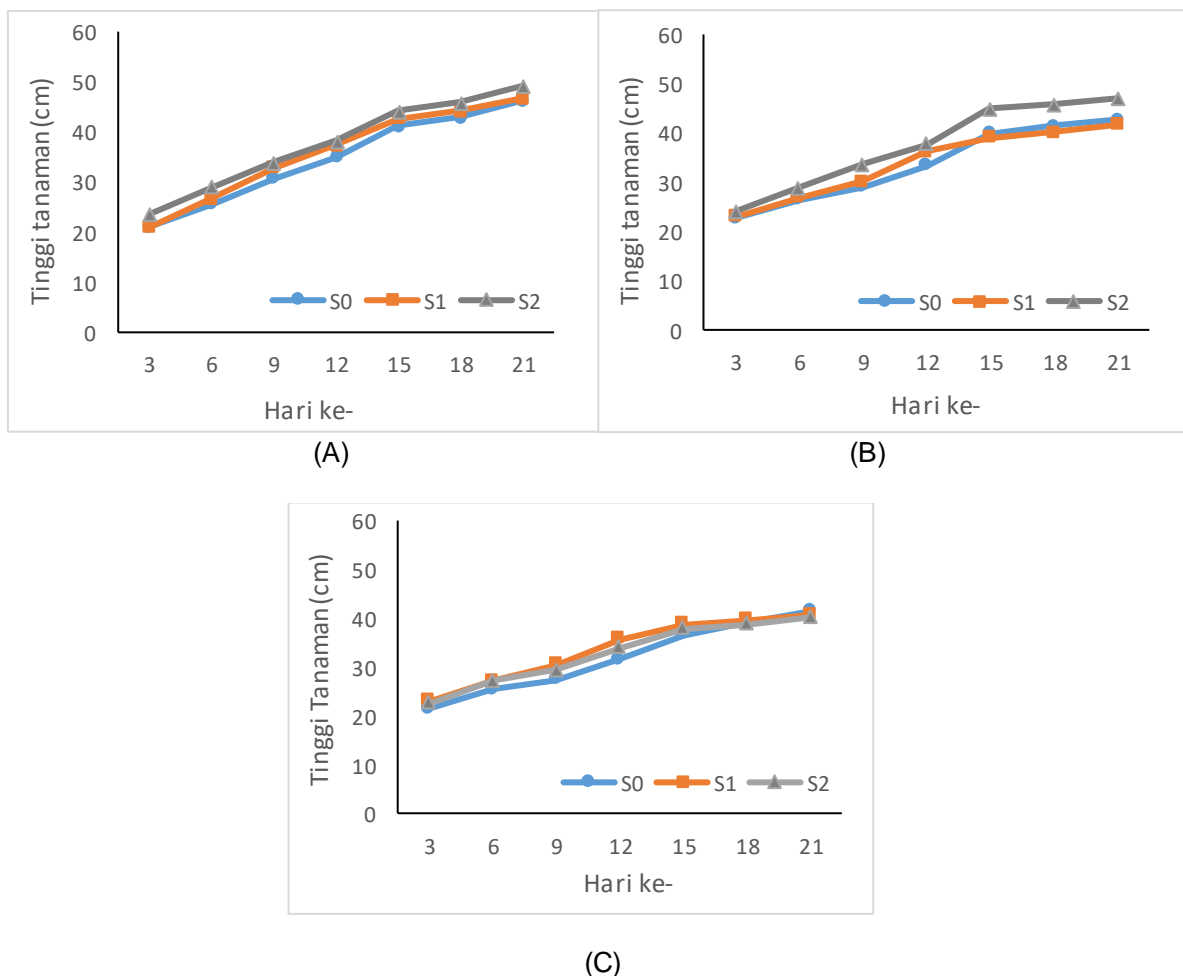
Parameter pertumbuhan yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, berat segar akar dan tajuk serta berat kering akar dan tajuk. Tinggi tanaman dan jumlah daun diukur 3 hari sekali. Pengukuran berat segar tanaman padi dilakukan di akhir penelitian dengan menimbang bagian akar dan tajuk tanaman secara terpisah. Sementara itu, pengukuran berat kering tanaman padi dilakukan di akhir penelitian dengan menimbang berat masing-masing akar dan tajuk yang sudah dikeringkan dalam oven dengan suhu  $\pm 70^\circ\text{C}$  hingga mencapai berat konstan. Akar yang digunakan dalam pembuatan preparat anatomi adalah akar yang diambil sepanjang  $\pm 5$  cm dari ujung akar dimana bagian tersebut merupakan zona diferensiasi akar. Preparat anatomi akar dibuat dengan menggunakan metode paraffin (Sutikno, 2006). Parameter anatomi akar yang diamati meliputi diameter akar, tebal eksodermis, tebal korteks, dan diameter stele. Pengamatan dan pengukuran anatomi akar menggunakan mikroskop cahaya, optilab dan *software* Image Raster.

Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan analisis varian (ANOVA) dan jika terdapat pengaruh signifikan maka dilanjutkan dengan menggunakan uji DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) dengan tingkat kepercayaan 95%.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan salinitas dapat menghambat pertumbuhan tinggi tanaman padi 'IR64'. Hasil yang disajikan pada gambar 1 menunjukkan bahwa pada perlakuan berbagai tingkat salinitas dengan pemberian kalsium silikat menunjukkan adanya peningkatan tinggi tanaman dibandingkan dengan perlakuan salinitas tanpa pemberian kalsium silikat.

Pada tabel 1 diketahui bahwa peningkatan salinitas menunjukkan hasil yang berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap tinggi tanaman padi 'R64'. Sementara itu, pemberian Si tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada peningkatan tinggi tanaman padi 'R64' apabila dibandingkan dengan kontrol meskipun rata-rata tinggi tanaman pada perlakuan kalsium silikat 1 dan 2 mM menunjukkan hasil yang berbeda nyata ( $p < 0,05$ ).



Gambar 1. Tinggi tanaman padi 'IR64' dengan perlakuan NaCl dan  $\text{CaSiO}_3$  selama 21 hari.  
 (A) 0 mM NaCl, (B) 37,5 mM NaCl, (C) 50 mM NaCl.  
 S0: 0 mM  $\text{CaSiO}_3$ . S1: 1 mM  $\text{CaSiO}_3$ , S2: 2 mM  $\text{CaSiO}_3$

Tabel 1. Tinggi tanaman (cm) tanaman padi 'IR64' pada umur 35 hari setelah tanam dengan perlakuan kalsium silikat dan cekaman salinitas.

Tingkat salinitas (mM NaCl)	Konsentrasi kalsium silikat (mM)			Rata-rata
	0	1	2	
0	46,27±6,67 b	46,74±3,12 b	49,21±3,15 b	47,41±4,68 r
37,5	42,73±5,08 a	41,64±3,17 a	47,03±2,59 b	43,80±4,35 q
50	41,38±4,11 a	40,62±5,17 a	40,16±4,26 a	40,72±4,44 p
Rata-rata	43,46±5,64 xy	43,00±4,69 x	45,47±5,12 y	

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom dan baris menunjukkan tidak ada beda nyata pada uji DMRT dengan taraf kepercayaan 95%.

Tabel 2. Jumlah daun tanaman padi 'IR64' pada umur 35 hari setelah tanam dengan perlakuan kalsium silikat dan cekaman salinitas.

Tingkat salinitas (mM NaCl)	Konsentrasi kalsium silikat (mM)			Rata-rata
	0	1	2	
0	13,67±5,80 ab	17,75±3,28 cd	19,42±2,68 de	16,95±4,71 q
37,5	15,42±3,06 abc	16,25±3,41 bcd	21,33±4,33 e	17,67±4,42 q
50	12,25±4,56 a	16,67±3,37 bcd	15,75±4,37 abc	14,89±4,45 p
Rata-rata	13,78±4,67 x	16,89±3,32 y	18,83±4,44 z	

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom dan baris menunjukkan tidak ada beda nyata pada uji DMRT dengan taraf kepercayaan 95%.

Tinggi tanaman padi 'IR64' semakin rendah seiring dengan peningkatan tingkat salinitas disebabkan karena terjadinya cekaman osmotik dan toksisitas ion yang merupakan dampak negatif dari salinitas. Cekaman osmotik menyebabkan terjadinya penurunan kapasitas akar tanaman untuk menyerap air sementara toksisitas ion terjadi karena konsentrasi NaCl yang berlebihan masuk ke aliran transpirasi dan merusak sel daun. Hal tersebut menyebabkan terhambatnya pertumbuhan yang ditandai dengan tinggi tanaman semakin rendah (Morales *et al.*, 2012). Selain itu, dapat dilihat bahwa tinggi tanaman pada perlakuan kontrol paling tinggi dibandingkan 2 perlakuan lainnya (37,5 nM dan 50 mM NaCl). Hal tersebut berkaitan dengan salah satu mekanisme tanaman padi dalam menghadapi cekaman salinitas yaitu toleransi osmotik.

Mekanisme tersebut diregulasi oleh adanya sinyal yang menghambat pertumbuhan tajuk sebelum terjadinya akumulasi Na<sup>+</sup> pada tajuk. Oleh karena itu, perlakuan kontrol memiliki tinggi tanaman yang paling tinggi karena tidak adanya cekaman salinitas sehingga tidak ada penghambatan pertumbuhan tajuk (Reddy *et al.*, 2017). Peningkatan tinggi tanaman yang terjadi seiring dengan meningkatnya konsentrasi kalsium silikat yang diberikan disebabkan karena kalsium silikat berperan dalam mengurangi efek negatif dari salinitas dengan meningkatkan integritas dan stabilitas membran sel melalui stimulasi pada sistem antioksidan tanaman. Silikon akan terdeposisi di dinding sel akar, daun serta batang sebagai gel silika, berfungsi untuk mengurangi penyerapan dan transport ion Na<sup>+</sup> (Marafon and Endres, 2013).

Peningkatan salinitas menunjukkan hasil yang berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap jumlah daun tanaman padi 'IR64' (Tabel 2). Rata-rata jumlah daun pada perlakuan 0 dan 37,5 mM NaCl tidak menunjukkan perbedaan namun kedua perlakuan tersebut berbeda nyata dengan perlakuan 50 mM NaCl. Pemberian kalsium silikat sebesar 2 mM dengan perlakuan NaCl 37,5 mM menunjukkan perbedaan yang signifikan ( $p < 0,05$ ) pada jumlah daun tanaman padi 'IR64'. Secara keseluruhan, pemberian kalsium silikat pada tanaman padi dengan perlakuan NaCl 37,5 mM, 50 mM dan tanpa perlakuan NaCl dapat meningkatkan jumlah daun. Jumlah daun semakin sedikit seiring dengan meningkatnya salinitas disebabkan oleh konsentrasi NaCl yang tinggi dalam sel akibat vakuola sel tidak dapat menyimpan kelebihan NaCl dimana hal ini dapat menginisiasi absisi atau kematian daun (Qados, 2011). Silikon dapat membantu meningkatkan ketahanan serta membentuk struktur sel yang lebih kaku. Hal tersebut ditunjukkan dengan tegaknya daun yang meningkatkan efisiensi penangkapan cahaya matahari sehingga menyebabkan meningkatnya laju fotosintesis. Asimilat fotosintesis tersebut akan digunakan tanaman untuk proses pertumbuhan, salah satunya proses pembentukan organ vegetatif berupa daun sehingga adanya peningkatan asimilat juga dapat menyebabkan peningkatan jumlah

daun yang terbentuk (Tampoma *et al.*, 2017).

Peningkatan salinitas menunjukkan penurunan yang signifikan ( $p < 0,05$ ) pada berat segar serta berat kering akar dan tajuk tanaman padi 'IR64' dibandingkan dengan kontrol. Sementara itu, secara keseluruhan pemberian silikon pada kondisi salinitas mampu meningkatkan berat segar serta berat kering akar dan tajuk tanaman padi 'IR64' (Tabel 3 dan 4). Berat segar akar dan tajuk semakin rendah seiring meningkatnya salinitas dapat disebabkan karena penyerapan ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  yang berlebihan dapat menghambat penyerapan unsur esensial yaitu  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  serta  $\text{NO}_3^-$ . Terhambatnya penyerapan unsur esensial ini akan menghambat proses fotosintesis dan sintesis protein, menginaktivasi enzim, merusak kloroplas serta organel di dalam sel (Machado and Serralheiro, 2017). Hal tersebut menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tanaman sehingga mengakibatkan menurunnya berat segar akar dan tajuk.

Berat kering akar dan tajuk semakin rendah seiring dengan meningkatnya tingkat salinitas dapat disebabkan oleh menurunnya tekanan turgor saat pertumbuhan jaringan daun akibat rendahnya potensial osmotik pada medium pertumbuhan akar serta suplai karbohidrat yang terbatas untuk proses pertumbuhan tanaman (Hussain *et al.*, 2018). Sementara itu, pemberian kalsium

silikat dengan berbagai konsentrasi menunjukkan adanya peningkatan berat segar serta berat kering akar dan tajuk pada semua perlakuan. Hal ini disebabkan karena pemberian kalsium silikat sebagai sumber unsur silikon dapat menurunkan penyerapan ion  $\text{Na}^+$  sehingga dapat meningkatkan fotosintesis, laju asimilasi, dan konduktansi stomata (Murillo-Amador *et al.*, 2007). Menurunnya ion  $\text{Na}^+$  ini diikuti dengan meningkatnya konsentrasi ion  $\text{K}^+$  di sel/jaringan tanaman sehingga menyebabkan tanaman mampu mentolerir dampak negatif dari cekaman salinitas (Zhu and Gong, 2014). Pemberian kalsium silikat secara keseluruhan menunjukkan pengaruh yang signifikan ( $p < 0,05$ ) terhadap semua parameter anatomi akar tanaman padi 'IR64' (Tabel 5). Pemberian kalsium silikat dapat meningkatkan diameter akar, tebal eksodermis, tebal korteks, dan diameter stele pada kondisi cekaman salinitas. Sementara itu, perlakuan salinitas tidak menunjukkan perbedaan pada diameter akar dan tebal korteks namun berpengaruh signifikan ( $p < 0,05$ ) terhadap tebal eksodermis dan diameter stele. Berdasarkan data yang diperoleh menunjukkan bahwa perlakuan salinitas cenderung menurunkan diameter akar, tebal korteks, dan diameter stele namun meningkatkan tebal eksodermis.

Tabel 3. Berat segar akar dan tajuk (g) tanaman padi 'IR64' pada umur 35 hari setelah tanam dengan perlakuan kalsium silikat dan cekaman salinitas.

Parameter	Tingkat salinitas (mM NaCl)	Konsentrasi kalsium silikat (mM)			Rata-rata
		S0	S1	S2	
Berat segar akar (g)	0	1,58±0,10 d	1,62±0,14 d	1,95±0,07 e	1,72±0,20 r
	37,5	0,87±0,07 ab	1,23±0,03 c	1,49±0,16 d	1,20±0,28 q
	50	0,88±0,22 ab	0,83±0,03 a	1,07±0,06 bc	0,93±0,16 p
	Rata-rata	1,11±0,37 x	1,23±0,35 y	1,50±0,39 z	
Berat segar tajuk (g)	0	3,42±0,36 d	4,03±0,53 de	4,35±0,56 e	3,93±0,59 r
	37,5	1,60±0,16 a	2,30±0,09 bc	3,67±0,47 d	2,52±0,95 q
	50	1,50±0,23 a	1,88±0,22 ab	2,75±0,38 c	2,04±0,61 p
	Rata-rata	2,17±0,96 x	2,74±1,03 y	3,59±0,81 z	

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom dan baris menunjukkan tidak ada beda nyata pada uji DMRT dengan taraf kepercayaan 95%.

Tabel 4. Berat kering akar dan tajuk (g) tanaman padi 'IR64' pada umur 35 hari setelah tanam dengan perlakuan kalsium silikat dan cekaman salinitas.

Parameter	Tingkat salinitas (mM NaCl)	Konsentrasi kalsium silikat (mM)			Rata-rata
		S0	S1	S2	
Berat kering akar (g)	0	0,135±0,024 e	0,121±0,012 cde	0,150±0,026 e	0,135±0,022 r
	37,5	0,069±0,011 a	0,100±0,012 bcd	0,123±0,011 de	0,097±0,026 q
	50	0,074±0,024 ab	0,071±0,002 ab	0,092±0,006 abc	0,079±0,016 p
	Rata-rata	0,093±0,036 x	0,097±0,023 x	0,122±0,029 y	
Berat kering tajuk (g)	0	0,609±0,062 de	0,662±0,077 e	0,720±0,080 e	0,663±0,079 r
	37,5	0,289±0,025 a	0,432±0,018 bc	0,670±0,087 e	0,464±0,173 q
	50	0,286±0,049 a	0,350±0,048 ab	0,516±0,072 cd	0,384±0,114 p
	Rata-rata	0,395±0,166 x	0,481±0,147 y	0,635±0,115 z	

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom dan baris menunjukkan tidak ada beda nyata pada uji DMRT dengan taraf kepercayaan 95%.



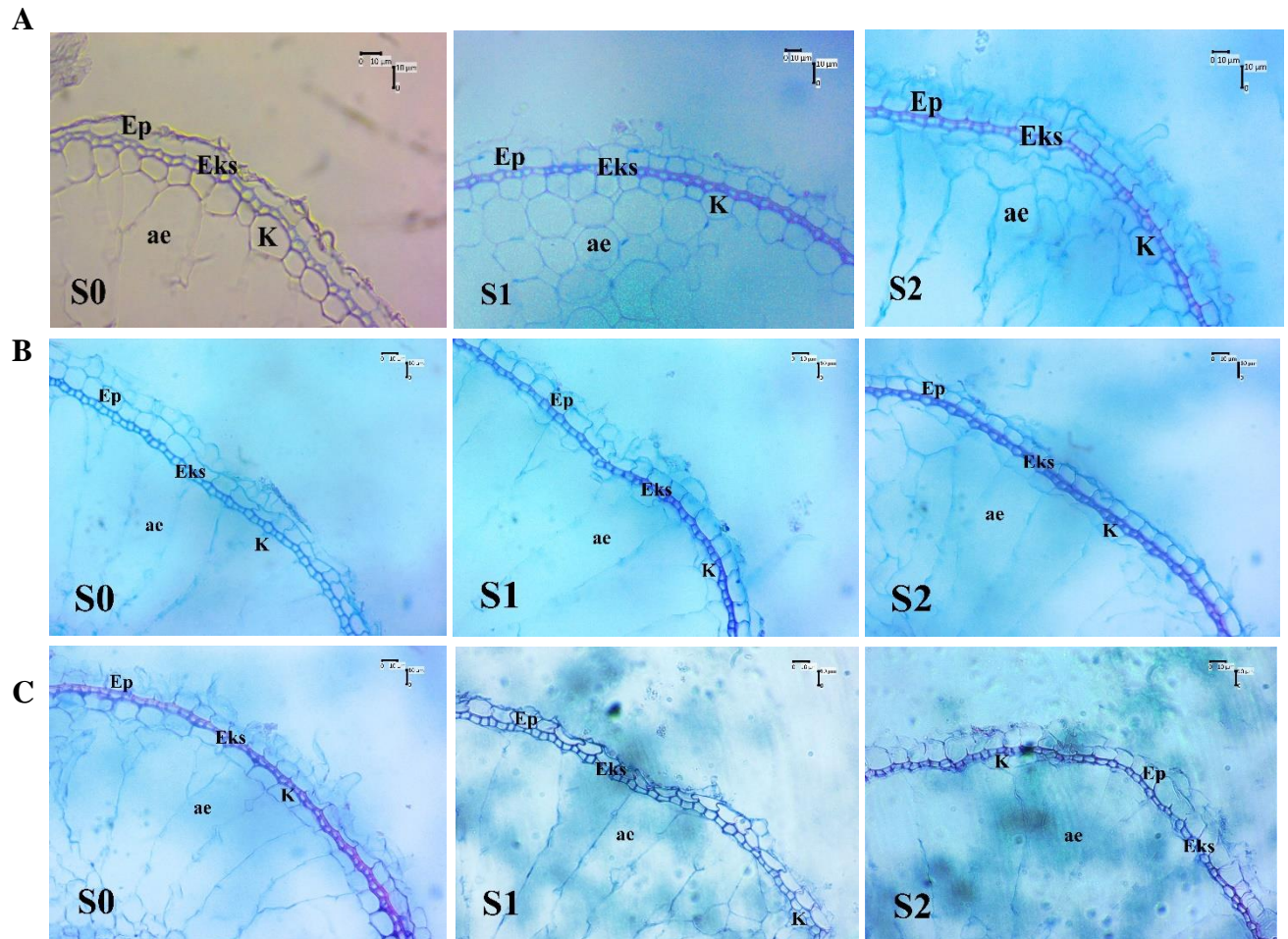
Tabel 1. Rata-rata diameter akar, tebal eksodermis, tebal korteks, dan diameter stele ( $\mu\text{m}$ ) tanaman padi 'IR64' dengan perlakuan kalsium silikat dan cekaman salinitas

Parameter	Tingkat salinitas (mM NaCl)	Konsentrasi kalsium silikat (mM)			Rata-rata
		S0	S1	S2	
Diameter akar ( $\mu\text{m}$ )	0	434,66 $\pm$ 18,93 a	627,31 $\pm$ 19,37 d	552,01 $\pm$ 7,25 bc	537,99 $\pm$ 103,61 p
	37,5	504,86 $\pm$ 10,08 ab	610,17 $\pm$ 2,53 cd	509,24 $\pm$ 8,11 ab	541,42 $\pm$ 52,01 p
	50	495,29 $\pm$ 18,57 ab	534,51 $\pm$ 9,34 b	509,96 $\pm$ 9,77 ab	513,26 $\pm$ 20,65 p
	Rata-rata	478,27 $\pm$ 35,89 x	590,66 $\pm$ 73,58 z	523,74 $\pm$ 22,43 y	
Tebal eksodermis ( $\mu\text{m}$ )	0	4,69 $\pm$ 0,23 a	4,75 $\pm$ 0,15 a	5,34 $\pm$ 0,12 bc	4,93 $\pm$ 0,34 p
	37,5	4,69 $\pm$ 0,24 a	5,22 $\pm$ 0,16 b	5,92 $\pm$ 0,11 d	5,28 $\pm$ 0,55 q
	50	4,81 $\pm$ 0,05 a	5,54 $\pm$ 0,09 c	5,49 $\pm$ 0,10 bc	5,28 $\pm$ 0,36 q
	Rata-rata	4,73 $\pm$ 0,18 x	5,17 $\pm$ 0,36 y	5,58 $\pm$ 0,28 z	
Tebal korteks ( $\mu\text{m}$ )	0	148,82 $\pm$ 12,80 a	211,17 $\pm$ 39,00 d	194,59 $\pm$ 3,58 bcd	184,86 $\pm$ 34,73 p
	37,5	171,88 $\pm$ 5,90 abc	195,63 $\pm$ 2,46 cd	167,84 $\pm$ 5,56 ab	178,45 $\pm$ 13,67 p
	50	180,47 $\pm$ 1,97 bc	184,41 $\pm$ 2,74 bc	186,54 $\pm$ 2,35 bcd	183,81 $\pm$ 3,37 p
	Rata-rata	167,06 $\pm$ 15,86 x	197,07 $\pm$ 22,78 z	182,99 $\pm$ 12,39 y	
Diameter stele ( $\mu\text{m}$ )	0	112,20 $\pm$ 7,62 a	119,25 $\pm$ 1,47 b	140,76 $\pm$ 3,64 e	124,07 $\pm$ 13,58 q
	37,5	133,87 $\pm$ 2,13 d	161,45 $\pm$ 1,41 f	124,63 $\pm$ 0,86 c	139,99 $\pm$ 16,64 r
	50	115,88 $\pm$ 0,81 ab	117,13 $\pm$ 1,19 ab	113,52 $\pm$ 0,04 a	115,51 $\pm$ 1,75 p
	Rata-rata	120,65 $\pm$ 10,80 x	132,61 $\pm$ 21,68 z	126,30 $\pm$ 12,01 y	

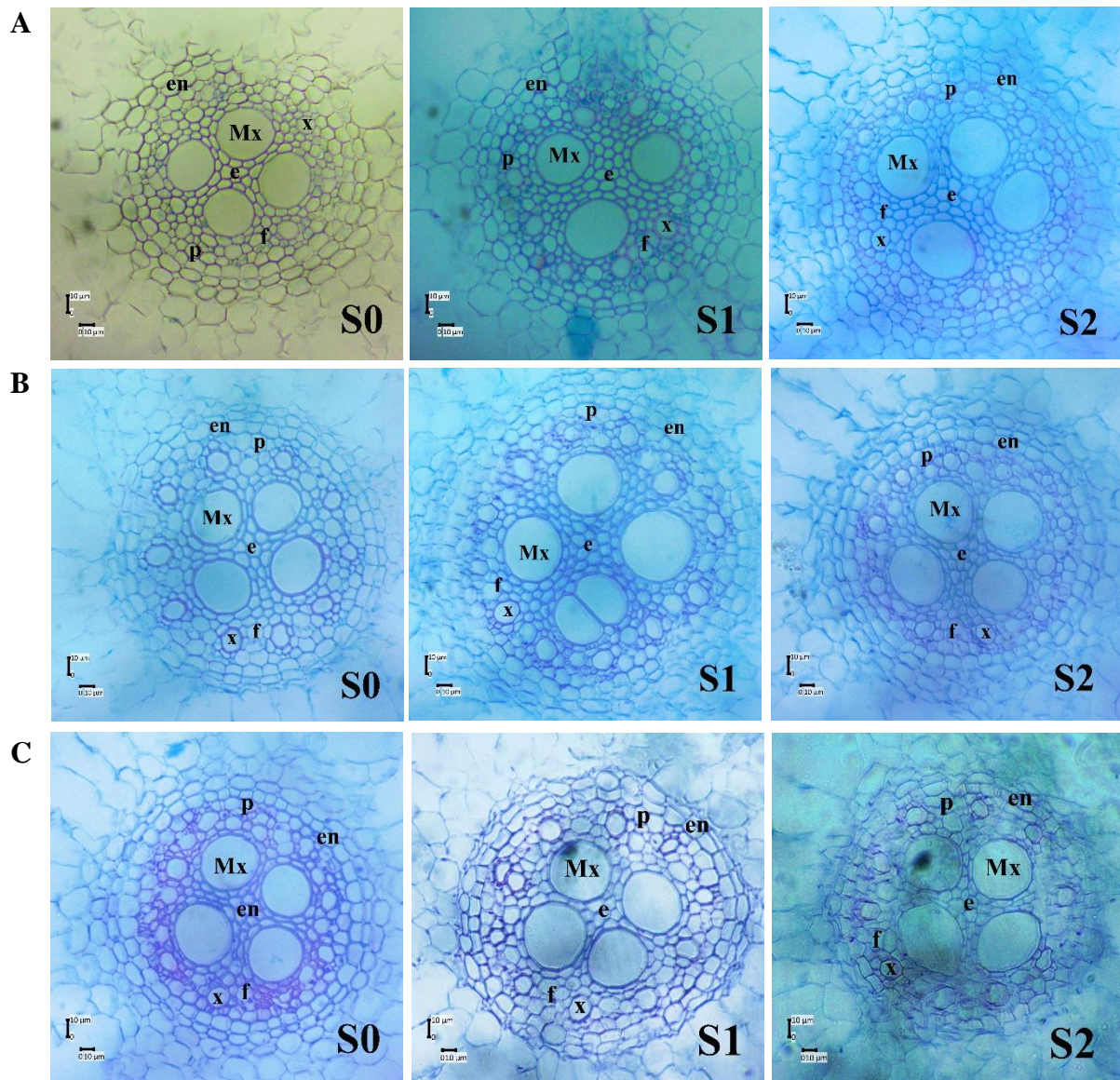
Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom dan baris menunjukkan tidak ada beda nyata pada uji DMRT dengan taraf kepercayaan 95%.

Berdasarkan gambar 2 dan 3, tebal eksodermis, tebal korteks serta diameter stele akar padi 'IR64' pada semua perlakuan tidak menunjukkan kerusakan seperti adanya sel-sel yang tertekan dan memipih akibat peningkatan salinitas namun hanya terdapat perbedaan ukuran pada masing-masing parameter tersebut (Hasan and Miyake, 2017). Tidak terjadinya kerusakan pada masing-masing parameter dengan perlakuan salinitas menunjukkan bahwa tanaman padi 'IR64' masih dapat mentolerir konsentrasi NaCl yang diberikan meskipun peningkatan tingkat salinitas menyebabkan penurunan tebal korteks serta diameter stele akar apabila dibandingkan dengan kontrol. Perlakuan kalsium silikat dengan salinitas dapat meningkatkan diameter akar, tebal eksodermis, tebal korteks, dan diameter stele dibandingkan perlakuan kontrol.

Pemberian kalsium silikat menunjukkan peningkatan diameter akar dan diameter stele akar yang signifikan. Peningkatan diameter akar dan stele disebabkan karena Si dapat meningkatkan pembentukan suberin yang menyebabkan jaringan terlindungi dari pengaruh salinitas. Meningkatnya suberisasi pada akar berguna untuk melindungi tanaman dari dampak negatif cekaman abiotik dan biotik salah satunya salinitas (Fleck *et al.*, 2011). Suberisasi umumnya terjadi pada endodermis dimana modifikasi ini akan mempengaruhi pergerakan zat terlarut dan air serta menghambat masuknya ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  yang berlebih ke dalam sel atau xilem. Adanya suberisasi pada endodermis menyebabkan jumlah plasmodesmata meningkat untuk memfasilitasi pergerakan ion dan air (Byrt *et al.*, 2018)



Gambar 2. Penampang melintang perifer akar tanaman padi (*Oryza sativa* L. 'IR64') setelah perlakuan NaCl dan  $\text{CaSiO}_3$  selama 21 hari. A: 0 mM NaCl, B: 37,5 mM NaCl, C: 50 mM NaCl dan S0: 0 mM  $\text{CaSiO}_3$ , S1: 1 mM  $\text{CaSiO}_3$ , S2: 2 mM  $\text{CaSiO}_3$ . Bar = 10  $\mu\text{m}$ . Ep = epidermis; Eks = eksodermis; K = korteks; ae = aerenkim.



Gambar 3. Penampang melintang stele akar tanaman padi (*Oryza sativa* L. 'IR64') setelah perlakuan NaCl dan  $\text{CaSiO}_3$  selama 21 hari. A: 0 mM NaCl, B: 37,5 mM NaCl, C: 50 mM NaCl dan S0: 0 mM  $\text{CaSiO}_3$ , S1: 1 mM  $\text{CaSiO}_3$ , S2: 2 mM  $\text{CaSiO}_3$ . Bar = 10  $\mu\text{m}$ . en=endodermis; f = floem; x = xilem; Mx= metaxilem; p = perisikel; e = empulur.

Padi 'IR64' termasuk kultivar yang toleran karena memiliki tingkat penurunan yang rendah pada masing-masing parameter selama berada di kondisi cekaman salinitas (Tabel 5). Selain itu, silikon (Si) juga berperan dalam memperkuat pertahanan mekanis dari stele (Lux *et al.*, 2020). Berdasarkan penelitian Da Cunha and Do Nascimento (2009) menyebutkan bahwa Si terdeposisi

di dinding sel epidermis, eksodermis, endodermis, perisikel, dan xilem pada jagung. Deposisi Si pada dinding sel tersebut akan menghambat transpor apoplastik ke jaringan akar bagian dalam sehingga akan mengurangi dampak negatif dari salinitas (Lux *et al.*, 2020). Sementara itu, pemberian Si pada perlakuan salinitas dapat meningkatkan tebal korteks dan tebal eksodermis apabila dibandingkan

dengan kontrol. Peningkatan tebal korteks dan eksodermis diduga karena Si mampu meningkatkan absorpsi dan transportasi ion  $K^+$  dan menurunkan *uptake* serta transportasi ion  $Na^+$  dari akar menuju tajuk (Sahebi *et al.*, 2015). Silikon berperan dalam meningkatkan suberisasi dinding sel pita kaspari pada endodermis dan eksodermis serta lignifikasi pada sel sklerenkim (Fleck *et al.*, 2011). Pemberian Si juga dapat meningkatkan pembentukan pita kaspari pada endodermis dapat menghalangi masuknya ion  $Na^+$  ke stele serta mempertahankan konsentrasi ion  $K^+$  agar rasio  $K^+/Na^+$  tetap tinggi sehingga jaringan terlindungi dari pengaruh salinitas (Byrt *et al.*, 2018).

### KESIMPULAN

Pemberian Si dalam bentuk kalsium silikat ( $CaSiO_3$ ) dapat meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, berat segar akar dan tajuk serta berat kering akar dan tajuk tanaman padi (*Oryza sativa* L 'IR64') pada kondisi cekaman salinitas. Pemberian kalsium silikat ( $CaSiO_3$ ) dapat meningkatkan diameter akar, tebal eksodermis, tebal korteks, dan diameter stele akar tanaman padi (*Oryza sativa* L 'IR64') pada kondisi cekaman salinitas.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada atas dukungan fasilitas penelitian.

### DAFTAR PUSTAKA

- BPTP Jateng. 2015. Lokakarya Strategi Pengelolaan Lahan Salin Mendukung Peningkatan Produksi Padi di Jawa Tengah. <<http://jateng.litbang.pertanian.go.id/index.php/artikel/berita/item/145-lokakarya-strategi-pengelolaan-lahan-salin-mendukung-peningkatan-produksi-padi-di-jawa-tengah>>. Diakses pada 14 Februari 2020.
- Byrt, C.S., R. Munns, R.A. Burton, M. Gilliam, and S. Wege. 2018. Root Cell Wall Solutions for Crop Plants in Saline Soils. *Plant Science*. Vol 269: 47-55.
- Castillo, E. G., T.P. Tuong, A. Ismail, and K. Inubushi. 2007. Response to Salinity in Rice: Comparative Effects of Osmotic and Ionic Stresses. *Plant Production Science*. Vol 10: 159–170.
- Da Cunha, K.P.V., and C.W.A. do Nascimento. 2009. Silicon Effects on Metal Tolerance and Structural Changes In Maize (*Zea mays* L.) Grown on a Cadmium and Zinc Enriched Soil. *Water, Air, and Soil Pollution*. Vol 197: 323–330.
- Fan, X., X. Wen, F. Huang, Y. Cai, and K. Cai. 2016. Effects of Silicon On Morphology, Ultrastructure and Exudates Of Rice Root Under Heavy Metal Stress. *Acta Physiologiae Plantarum*. Vol 38: 196-204.
- Fleck, A.T., T. Nye, C. Reppening, F. Stahl, M. Zahn, and M.K. Schenk. 2011. Silicon Enhances Suberization and Lignification In Roots of Rice (*Oryza sativa*). *Journal of Experimental Botany*. Vol 62: 2001-2011.

- Hasan, R. and H. Miyake. 2017. Salinity Stress Alters Nutrient Uptake and Causes the Damage of Root and Leaf Anatomy in Maize. ICBS Conference Proceedings, International Conference on Biological Science (2015). KnE Life Sciences, pp 219–225.
- Hussain, S., X. Cao, C. Zhong, L. Zhu, M.A. Khaskheli, S. Fiaz, J. Zhang, and Q. Jin. 2018. Sodium Chloride Stress During Early Growth Stages Altered Physiological and Growth Characteristics of Rice. *Chilean Journal of Agricultural Research*. Vol 78: 183–197.
- Ikhsanti, A., B. Kurniasih, dan D. Indradewa. 2018. Pengaruh Aplikasi Silika terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) pada Kondisi Salin. *Vegetalika*. Vol 7: 1–11.
- Lux, A., Z. Lukačová, M. Vaculík, R. Švubová, J. Kohanová, M. Soukup, M. Martinka, and B. Bokor. 2020. Silicification of Root Tissues. *Plants*. Vol 9: 1-20.
- Machado, R. M. A. and R.P. Serralheiro. 2017. Soil Salinity: Effect on Vegetable Crop Growth. Management Practices To Prevent and Mitigate Soil Salinization. *Horticulturae*. Vol 3: 1-13.
- Marafon, A. C. and L. Endres. 2013. Silicon: Fertilization and Nutrition in Higher Plants. *Amazon Journal of Agricultural and Environmental Sciences*. Vol 56: 380–388.
- Morales, S. G., L.I. Trejo-Tellez, F.C.G. Merino, C. Caldana, D. Espinosa-Victoria, and B.E.H. Cabrera. 2012. Growth, Photosynthetic Activity, and Potassium and Sodium Concentration in Rice Plants Under Salt Stress. *Acta Scientiarum-Agronomy*. Vol 34: 317–324.
- Muflikhah, N., B. Kurniasih and Tohari. 2018. Growth and Yield of Rice (*Oryza sativa* L.) under Raised- and Sunken-Bed System as Affected by Saline Irrigation in Baros, Bantul, Yogyakarta. *Ilmu Pertanian (Agricultural Science)*. Vol 3: 110-116.
- Murillo-Amador, B., S. Yamada, T. Yamaguchi, E. Rueda-Puente, N. Avila-Serrano, J.L. Garcia-Hernandez, R. Lopez-Aguilar, E. Troyo-Dieguez, and A. Nieto-Garibay. 2007. Influence of Calcium Silicate on Growth, Physiological Parameters and Mineral Nutrition In Two Legume Species Under Salt Stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*. Vol 193: 413–421.
- Mvondo-She, M. A. and D. Marais. 2019. The Investigation of Silicon Localization and Accumulation In Citrus. *Plants*. Vol 8: 1-12.
- Purushothaman, R., M. Zaman-Allah, N. Mallikarjuna, R. Pannirselvam, L. Krishnamurthy and C.L. Gowda. 2013. Root anatomical traits and their possible contribution to drought tolerance in grain legumes *Plant Prod. Sci* 16(1) 1–8 DOI: 10.1626/pps.16.1
- Qados, A. M. S. 2011. Effect of Salt Stress on Plant Growth and Metabolism of Bean Plant *Vicia faba* (L.). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. Vol 10: 7–15.
- Reddy, I. N. B. L., B. Kim, I. Yoon, K. Kim, and T. Kwon. 2017. Salt Tolerance in Rice: Focus on Mechanisms and Approaches. *Rice Science*. 24: 123–144.
- Sahebi, M., M.M. Hanafi, A.S.N. Akmar, M.Y. Rafii, P. Azizi, F.F. Tengoua, J.N.M. Azwa, and M. Shabanimofrad. 2015. Importance of Silicon and Mechanisms of Biosilica Formation in Plants. *BioMed Research International* 2015: 1-17.

- Senguttuvel, P., C. Vijayalakshmi, K. Thiyagarajan, R. Sritharan, S. Geetha, J.R. KannanBapu, and B.C. Viraktamath. 2013. Differential Response of Rice Seedlings to Salt Stress In Relation to Antioxidant Enzyme Activity and Membrane Stability Index. *Archives of Agronomy and Soil Science*. Vol 59: 1359–1371.
- Setiawati, T., A. Susilawati, A.Z. Mutaqin, M. Nurzaman, A. Annisa, R. Partasasmita, and K. Karyono. 2018. Morpho-anatomy and Physiology of Red Galangal (*Alpinia purpurata*) and White Galangal (*Alpinia galanga*) Under Some Salinity Stress Levels. *Biodiversitas*. Vol 19: 809-815.
- Suhartini, T. dan T.Z. P. Harjosudarmo. 2017. Toleransi Plasma Nutfah Padi Lokal terhadap Salinitas. *Buletin Plasma Nutfah*. Vol 23: 51-58.
- Sutikno. 2006. *Mikroteknik Tumbuhan*. Laboratorium Mikroteknik dan Embriologi Tumbuhan Fakultas Biologi UGM. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Tampoma, W. P., T. Nurmala, dan M. Rachmadi. 2017. Pengaruh Dosis Silika Terhadap Karakter Fisiologi dan Hasil Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) Kultivar Lokal Poso (kultivar 36-Super dan Tagolu). *Jurnal Kultivasi*. Vol 16: 320–325.
- Yoshida, S., D.A. Forno, J.H Cock, and K. A. Gomez. 1976. *Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice 3<sup>rd</sup> edition*. The International Rice Research Institute. PHilippines.
- Zhu, Y. and H. Gong. 2014. Beneficial Effects of Silicon on Salt and Drought Tolerance In Plants. *Agronomy for Sustainable Development*. Vol 34: 455–472.