

Pengaruh Cekaman Air dan Konsentrasi Silika pada POC terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.)

*The Effect of Water Stress and Silica Concentration in LOF on The Growth of Mustard Greens (*Brassica juncea* L.)*

Adelia Dwi Susanto*, Yuni Sri Rahayu

Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

*e-mail: adeliadwi54@gmail.com

Abstrak. Peningkatan produktivitas sawi diperlukan, di antaranya memanfaatkan lahan kering yang mengalami keterbatasan air dan rendah unsur hara dengan pemberian silika dan Pupuk Organik Cair (POC). Penelitian ini bertujuan menganalisis kadar hara POC kulit pisang-eceng gondok, pengaruh tingkat cekaman air, konsentrasi silika pada POC, dan interaksinya terhadap pertumbuhan sawi. Penelitian dibagi dua tahap. Tahap I, penelitian deskriptif yaitu pembuatan POC dan pengujian kandungan hara. Tahap II, penelitian eksperimental yaitu implementasi POC-Si terhadap tanaman sawi pada berbagai tingkat cekaman air. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dua faktor yaitu konsentrasi penambahan silika pada POC ([0, 1, 2] gram/L) dan tingkat cekaman air ([75%, 50%, 25%] KL). Data kualitas POC dianalisis deskriptif, sedangkan data pertumbuhan dianalisis menggunakan ANOVA dua arah dilanjut uji Duncan. Hasil menunjukkan POC mengandung N 1,24%; P 1,03%; K 1,22%; dan rasio C/N 10. Cekaman air berpengaruh signifikan terhadap biomassa, panjang akar, kerapatan stomata, kadar klorofil, dan kadar air relatif daun. Konsentrasi silika berpengaruh signifikan terhadap seluruh parameter kecuali jumlah daun. Interaksi antara tingkat cekaman air dan konsentrasi silika signifikan terhadap biomassa (20,67 gram), panjang akar (14,53 cm), kerapatan stomata (314,07/mm²), dan kadar klorofil (21,865 mg/L). Hasil tertinggi ditunjukkan pada perlakuan silika konsentrasi 2 gram/L dengan tingkat cekaman 75% KL.

Kata kunci: hara; kekeringan; pupuk organik cair; silika

Abstract. Productivity improvements are required, among them is utilizing dry land with limited water and low nutrients by applying silica-liquid organic fertilizer (LOF). This study aimed to analyze nutrient quality of banana peels-water hyacinth LOF and the effect of water stress, silica concentrations in LOF, and its interaction on mustard's growth. This study divided into two stages. Stage I, descriptive research by making LOF and analyzing the nutrient. Stage II, experimental research by implementing LOF-Si on mustard under various water stress levels. The study used two factors-randomized block design (RBD), silica concentration ([0, 1, 2] gram/L) and water stress levels ([75%, 50%, 25%] field capacity). LOF's nutrient were analyzed descriptively, while mustard's growth were analyzed using two-way ANOVA followed by Duncan test. Results showed that LOF contained 1.24% N, 1.03% P, 1.22% K, and C/N ratio of 10. Water stress significantly affected biomass, root length, stomatal density, chlorophyll content, and relative water content. Silica concentration significantly affected all parameters except leaf number. Interaction between water stress level and silica concentration had a significant effect on biomass (20.67 grams), root length (14.53 cm), stomatal density (314.07/mm²), and chlorophyll content (21.865 mg/L). Highest result obtained was 2 gram/L silica at 75% field capacity.

Key words: nutrient; drought; liquid organic fertilizer; silica

PENDAHULUAN

Perubahan pola hidup masyarakat menuju pola hidup sehat menyebabkan meningkatnya konsumsi sayuran, salah satunya sawi (*Brassica juncea* L.). Sawi bermanfaat bagi kesehatan karena mengandung protein, lemak, karbohidrat, Ca, P, Fe, Vitamin A, B, dan C (Ibrahim & Tanaiyo, 2018). Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (2022), sejak 2017 hingga 2021 produksi sawi di Indonesia mengalami peningkatan, tetapi terjadi fluktuasi luas panen yang mempengaruhi produktivitasnya. Pada 2017 hingga 2019, produktivitas sawi mengalami peningkatan berturut-turut sebesar 10,27 ton/ha; 10,42 ton/ha; dan 10,72 ton/ha, kemudian mengalami penurunan menjadi 10,52 ton/ha pada 2020 dan 10,51 ton/ha pada 2021. Ditjen Horti juga mencatat di tahun 2019 terjadi peningkatan impor

sawi hingga 552 ton yang mengindikasikan bahwa produksi sawi dalam negeri masih kurang (Mardiyah *et al.*, 2021).

Fluktuasi produktivitas tersebut menyebabkan diperlukannya peningkatan produksi dari segi kuantitas maupun kualitas. Berdasarkan Setiawan (2016), peningkatan produksi dari segi kuantitas dapat dilakukan melalui ekstensifikasi atau perluasan lahan produktif dengan memanfaatkan lahan marjinal misalnya lahan kering. Indonesia memiliki lahan marjinal yang luasnya mencapai sekitar 10 juta hektar. Lahan kering berpotensi sebagai lahan pertanian karena masih belum banyak dimanfaatkan. Lahan kering yaitu lahan yang mengalami keterbatasan air serta rendah kandungan hara dan populasi mikroorganismenya (Widiyanti *et al.*, 2016; Aminah *et al.*, 2021). Lahan kering menyebabkan tanaman mengalami defisit air. Hal ini menyebabkan menurunnya gradien potensial air antara tanah-akar-daun-atmosfer, kemudian menurunkan laju transpor air dan hara, yang berakibat pada biomassa basah tanaman (Taiz & Zeiger, 2002). Cekaman kekeringan dapat menyebabkan berkurangnya kandungan klorofil, menghambat proses fotosintesis, respirasi, translokasi, absorpsi ion, karbohidrat, metabolisme hara, serta mempengaruhi pembesaran sel yang mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan tanaman hingga kematian (van Alfen, 2014; Rosawanti, 2016). Berdasarkan Asghar & Bashir (2020), cekaman kekeringan mengakibatkan kerusakan struktur sel akibat peningkatan produksi *Reactive Oxygen Species* (ROS). Selvakumar *et al.* (2012) menyebutkan bahwa kekeringan juga mengakibatkan berkurangnya difusi dan aliran massa nutrisi yang larut dalam air seperti nitrat, sulfat, Ca, Mg, dan Si. Unsur hara yang dibutuhkan tanaman pada kondisi kekeringan antara lain N, P, K, Mg, Ca, S, Zn, Mn, Fe, B, Cu, dan Si. Unsur hara tersebut berperan dalam mempertahankan fungsi sel, membentuk antioksidan, mempertahankan integritas membran sel, mengatur aktivitas air, hingga mengatur buka tutup stomata (Asghar & Bashir, 2020; Kovacs *et al.*, 2022). Penambahan unsur hara tersebut dapat dilakukan melalui pemupukan. Pemupukan dapat mendukung pertumbuhan tanaman yang mengalami cekaman (Nurjanaty *et al.*, 2019).

Kondisi kekeringan menyebabkan metabolisme tanaman terganggu, sehingga penyediaan unsur hara dipermudah menggunakan pupuk organik cair (POC). POC dapat berperan dalam penyediaan hara terlarut yang cepat tersedia bagi tanaman yang metabolismenya terganggu (Abuk, 2021). Adanya proses dekomposisi oleh mikroba menyebabkan unsur-unsur dalam POC telah terurai, sehingga lebih mudah diserap tanaman (Ibrahim & Tanaiyo, 2018; Febrianna *et al.*, 2018). Keunggulan POC antara lain menyediakan hara dalam waktu cepat dan dengan kadar yang sesuai dengan kebutuhan tanaman, mudah diserap tanaman, mengandung bahan pengikat sehingga dapat langsung digunakan tanaman, cepat mengatasi defisiensi hara, serta dapat menambah kesuburan dan ketahanan tanaman tercekam kekeringan (Setiawan, 2016; Nur *et al.*, 2016). Bahan organik yang dapat dijadikan sebagai POC beberapa diantaranya yaitu kulit pisang dan eceng gondok (Rahmawati *et al.*, 2017; Pramushinta, 2018). Kulit pisang dapat menjadi bahan pembuatan POC karena mengandung unsur P, Ca, Mg, N, Na, Zn. Sementara eceng gondok mengandung 78,47% bahan organik, 21,23% C-organik, dan NPK berturut-turut sebesar 0,28%, 0,0011%, dan 0,016% (Pramushinta, 2018). POC kulit pisang dan eceng gondok diberikan penambahan Silika (Si). Pemberian silika dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman kekeringan dengan membentuk penghalang fisik dan mekanik untuk menjaga keseimbangan air dan meregulasi proses fisiologis pada tanaman (Aziza *et al.*, 2022). Silika mampu menurunkan senyawa oksidatif penyebab stress sekaligus meningkatkan ekspresi enzim antioksidan sehingga memungkinkan tanaman tetap tumbuh dan berproduksi (Sapre & Vakharia, 2016). Penambahan silika juga membantu meningkatkan penyerapan dan ketersediaan unsur N, P, K, Ca, Mg, S, Zn sehingga meningkatkan pertumbuhan (Asghar & Bashir, 2020; Nisa & Rahayu, 2022).

Penambahan silika pada POC pernah dilakukan pada penelitian Aziza *et al.*, (2022) yang menunjukkan bahwa POC dengan penambahan silika dapat meningkatkan pertumbuhan kedelai tercekam air pada parameter panjang akar, kadar air relatif daun, dan kerapatan stomata. Pada penelitian Nisa & Rahayu (2022), aplikasi POC-Si mempengaruhi tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar, biomassa basah tanaman, kerapatan stomata, dan kadar air relatif daun kedelai tercekam air. Adapun penelitian mengenai konsentrasi silika yang ditambahkan pada POC berbahan kulit pisang dan eceng gondok terhadap tanaman sawi pada kondisi tercekam air sendiri belum pernah dipublikasikan sebelumnya. POC kulit pisang dan eceng gondok dengan penambahan silika mengandung lebih dari satu nutrisi yang diperlukan tanaman. Kandungan bahan-bahan dalam POC dapat memenuhi kebutuhan hara tanaman, sedangkan penambahan silika dapat meningkatkan pertumbuhan dan ketahanan tanaman sawi pada kondisi cekaman air.

Berdasarkan uraian tersebut, dilakukan penelitian yang dibagi menjadi dua tahap. Tahap pertama bertujuan untuk menganalisis kandungan unsur hara dari POC kulit pisang dan eceng gondok, sementara tahap kedua penelitian bertujuan untuk menguji pengaruh tingkat cekaman air, konsentrasi Si yang ditambahkan pada POC kulit pisang dan eceng gondok, serta interaksinya terhadap pertumbuhan sawi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini terbagi menjadi dua tahap. Tahap pertama merupakan penelitian deskriptif yaitu tahap pembuatan serta pengujian kualitas POC. Tahap kedua merupakan penelitian eksperimental yaitu implementasi POC-Si pada tanaman sawi tercekam kekeringan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2022 – Januari 2023. Pengujian kandungan hara POC dilakukan di Laboratorium Gizi, FKM, UNAIR. Tahap implementasi POC dengan penambahan silika pada tanaman sawi dilakukan di Desa Kemiri, Sidoarjo.

Tahap II penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) 2 faktor, antara lain konsentrasi silika pada POC [A0 (tanpa Si), A1 (Si 1 gram/L), dan A2 (Si 2 gram/L)] dan tingkat cekaman air [B1 (75% KL), B2 (50% KL), dan B3 (25% KL)]. Adapun konsentrasi POC yang digunakan yaitu 25% (Rahmawati *et al.*, 2017).

Penelitian tahap I dimulai dengan pembuatan POC. Kulit pisang sebanyak 2 kg yang diperoleh dari sentra penjualan gorengan di Sidoarjo dan 2 kg eceng gondok yang dikumpulkan dari sungai di daerah Kemiri-Sidoarjo dicuci bersih lalu dipotong menjadi berukuran kecil, kemudian dimasukkan dalam tong. Selanjutnya ditambahkan 4 liter air cucian beras, $\frac{1}{4}$ kg gula merah yang dicairkan, 1 liter air, dan 100 ml EM-4. Semua bahan yang telah dimasukkan kemudian diaduk hingga homogen, selanjutnya ditutup rapat, dan dilakukan fermentasi selama 2 minggu di tempat teduh. Pada tong diberikan lubang yang dipasang selang, kemudian dimasukkan ke botol berisi air yang bertujuan untuk keluarnya panas selama proses fermentasi. Pengujian hara POC yang telah selesai masa fermentasinya dilakukan di Laboratorium Gizi, FKM, UNAIR.

Prosedur pada tahap II penelitian meliputi a) Persiapan media tanam; b) Penentuan kapasitas lapang yang mengacu pada Naafi dan Rahayu (2019); c) Penyemaian sawi; d) Pindah tanam sawi; e) Pengaplikasian POC dengan penambahan silika mulai 14 HST dengan mengucurkannya di sekitar batang sebanyak 75 ml/*polybag*; f) Perlakuan cekaman air pada 21 HST; g) Pemanenan pada 42 HST. Parameter pengamatan meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, biomassa basah, panjang akar, kerapatan stomata, kadar klorofil, dan kadar air relatif daun (KARD). Parameter tinggi tanaman dan jumlah daun diamati pada usia 21, 28, 35, dan 42 HST, parameter kerapatan stomata diamati pada usia 35 HST, sedangkan parameter biomassa basah, panjang akar, kadar klorofil, dan kadar air relatif daun diukur setelah panen (42 HST).

Hasil penelitian pada tahap pertama yaitu kandungan N, P, K, C-Organik, dan rasio C/N POC dilakukan analisis secara deskriptif. Hasil penelitian tahap II dianalisis secara statistika dengan uji *Two-Way* ANOVA menggunakan SPSS 25. Apabila terdapat pengaruh penambahan berbagai konsentrasi Si pada POC terhadap pertumbuhan sawi pada tingkat cekaman air yang berbeda, maka dilanjutkan dengan uji Duncan pada taraf signifikansi (α) 0.05 untuk menentukan konsentrasi Si pada POC dan tingkat cekaman air yang paling optimal terhadap pertumbuhan sawi.

HASIL

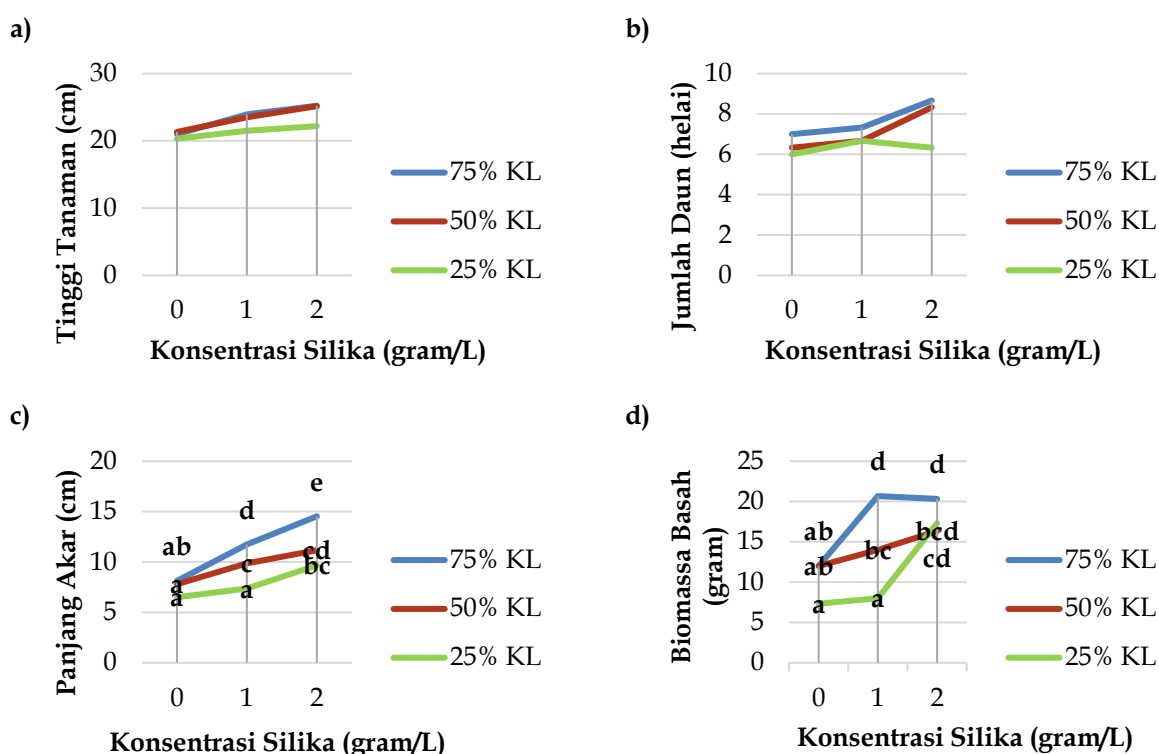
Pada penelitian tahap I, diperoleh kualitas hara POC kulit pisang dan eceng gondok. Hasil analisis POC menunjukkan kandungan N, P, K, C-Organik, dan rasio C/N pada POC kulit pisang dan eceng gondok yaitu N 1,24%; P 1,03%; K 1,22%; C-Organik 12,68%, dengan rasio C/N bernilai 10 (Tabel 1). Berdasarkan kriteria kandungan unsur hara pupuk organik cair menurut standar baku mutu hara tanah Hardjowigeno (2003), diketahui bahwa kandungan N, P, K, dan C-Organik tergolong pada kriteria sangat tinggi, sedangkan rasio C/N tergolong kriteria rendah. Berdasarkan kriteria tersebut, maka POC kulit pisang dan eceng gondok dapat diaplikasikan pada tanaman.

Tabel 1. Hasil analisis kandungan unsur hara POC kulit pisang dan eceng gondok

No	Parameter	Kandungan Unsur Hara	Kriteria*
1	Nitrogen (%)	1,24	Sangat Tinggi (> 0,75)
2	Fosfor (%)	1,03	Sangat Tinggi (> 0,35)
3	Kalium (%)	1,22	Sangat Tinggi (> 1,00)
4	Rasio C/N	10	Rendah (5 - 10)

Keterangan: *) Berdasarkan kriteria Hardjowigeno (2003)

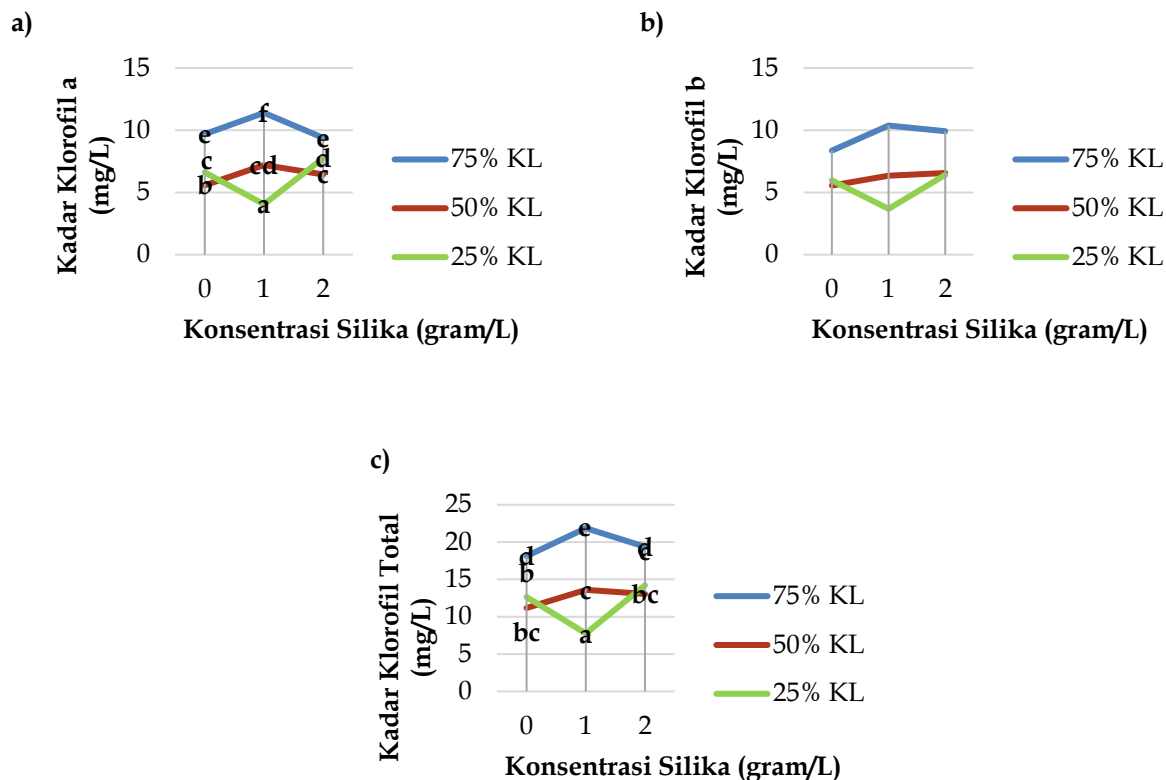
Pada penelitian tahap II berupa pengaruh konsentrasi silika yang ditambahkan pada POC terhadap tanaman sawi pada tingkat cekaman air yang berbeda menunjukkan bahwa interaksi antara konsentrasi silika dan tingkat cekaman air berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan sawi pada parameter panjang akar dan biomassa basah (Gambar 1). Adapun tidak terdapat interaksi antara konsentrasi silika dengan tingkat cekaman air terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun. Penambahan silika konsentrasi 1 gram/L pada tingkat cekaman 75% KL memberikan hasil tertinggi pada parameter biomassa basah, tetapi tidak berbeda nyata dengan silika 2 gram/L pada tingkat 75% KL. Sementara, silika konsentrasi 2 gram/L pada tingkat cekaman 75% KL memberikan hasil tertinggi pada parameter panjang akar dan biomassa basah.



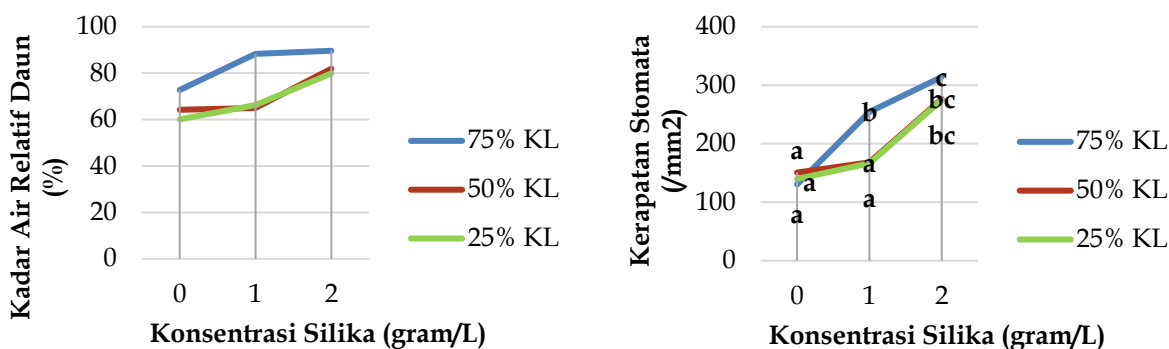
Gambar 1. Pengaruh konsentrasi silika pada POC dan tingkat cekaman air terhadap a) tinggi tanaman, b) jumlah daun, c) panjang akar, d) biomassa basah (Perbedaan huruf pada grafik menunjukkan adanya pengaruh nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 0,05).

Pada parameter kadar klorofil menunjukkan bahwa konsentrasi silika pada POC dan tingkat cekaman air berpengaruh signifikan terhadap kadar klorofil a dan total (Gambar 2). Kadar klorofil tertinggi diperoleh pada perlakuan POC dengan penambahan silika 1 gram/L pada tingkat cekaman air 75% KL.

Pada parameter kadar air relatif daun dan kerapatan stomata menunjukkan bahwa interaksi antara konsentrasi silika pada POC dan tingkat cekaman air berpengaruh signifikan terhadap kerapatan stomata dengan nilai tertinggi diperoleh pada penambahan silika konsentrasi 2 gram/L dan tingkat cekaman 75% KL (Gambar 3).



Gambar 2. Pengaruh konsentrasi silika pada POC dan tingkat cekaman air terhadap a) kadar klorofil a, b) kadar klorofil b, dan c) kadar klorofil total (Perbedaan huruf pada grafik menunjukkan adanya pengaruh nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 0,05).



Gambar 3. Pengaruh konsentrasi silika pada POC dan tingkat cekaman air terhadap a) kadar air relatif daun dan b) kerapatan stomata. (Perbedaan huruf pada grafik menunjukkan adanya pengaruh nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 0,05).

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian tahap I didapatkan hasil pengujian kualitas POC kulit pisang dan eceng gondok yang mengandung N 1,24%; P 1,03%; K 1,22%, dan C-Organik 12,68% dengan kriteria sangat tinggi, sementara rasio C/N bernilai 10 yang tergolong rendah. Rasio C/N ini justru bagus karena sudah sesuai dengan C/N rasio tanah yang bernilai antara 10-12, sehingga POC ini tergolong baik untuk diaplikasikan pada tanaman. Menurut Ashari (2006), tanaman sawi membutuhkan 0,032% N, 0,007% P, dan 0,029% K. Meskipun kandungan N, P, K pada POC tergolong pada kriteria sangat tinggi, tetapi kandungan hara ini masih termasuk dalam batas toleransi hara

yang dapat diserap tanaman sawi yang dapat dibuktikan dengan morfologi sawi yang tidak menunjukkan tanda-tanda keracunan akibat kelebihan hara. Hal ini menunjukkan bahwa POC menyediakan kadar hara yang sesuai dengan kebutuhan tanaman.

Kualitas POC ditentukan berdasarkan kandungan makronutrien yakni N, P, K, serta dengan melihat rasio C/N. Kandungan unsur hara POC yang tinggi ini dipengaruhi oleh kandungan bahan pembuatan POC yaitu kulit pisang dan eceng gondok. Berdasarkan Widarti *et al.*, (2015), kulit pisang mengandung protein, karbohidrat, lemak, unsur P, Ca, Mg, N, Na, Zn, Fe, vitamin B, vitamin C, dan air. Sementara berdasarkan Pramushinta (2018), eceng gondok mengandung bahan organik serta unsur N, P, K. Unsur N, P, K ini memiliki fungsi penting untuk tanaman pada proses fotosintesis, produksi fotosintat, dan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Kandungan N, P, dan K dalam POC dapat mendorong sintesis dan pembelahan dinding sel secara antiklinal. Unsur N pada POC berpengaruh dalam merangsang pembelahan dan pembesaran sel terutama pada meristem pucuk sehingga dapat meningkatkan rasio *shoot-root*. Unsur P pada POC berpengaruh dalam mempercepat pertumbuhan akar dan pembentukan sistem perakaran. Sementara, unsur K pada POC berperan dalam pengangkutan fotosintat ke *sink* yaitu daun muda atau tunas yang masih tumbuh (Duaja *et al.*, 2012).

Kualitas POC juga dinilai berdasarkan rasio C/N. Rasio C/N merupakan indikator yang menunjukkan proses mineralisasi-immobilisasi nitrogen oleh mikroba pengurai bahan organik (Machrodania *et al.*, 2015). Hasil penelitian menunjukkan rasio C/N tergolong rendah yang berarti bahwa bahan organik dalam POC telah terurai oleh mikroba melalui proses mineralisasi menjadi unsur yang dapat digunakan oleh tanaman (Darmawati, 2015; Wasilah *et al.*, 2019). Oleh karena itu, POC dapat berperan sesuai fungsinya yaitu menyediakan unsur hara terlarut yang cepat tersedia untuk diserap tanaman yang metabolismenya terganggu akibat tercekam kekeringan (Abuk, 2021). Pupuk dengan nilai rasio C/N tinggi menandakan bahwa proses dekomposisi bahan organik masih terjadi yang apabila langsung diaplikasikan pada tanaman dapat menyebabkan persaingan hara antara tanaman dengan mikroba.

Hasil analisis keragaman data pada parameter pertumbuhan meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar, kadar klorofil, dan biomassa basah menunjukkan bahwa interaksi antara pemberian silika dan tingkat cekaman air berpengaruh signifikan terhadap panjang akar, kadar klorofil, dan biomassa basah. Perlakuan silika 2 gram/L pada tingkat cekaman 75% KL berpengaruh terhadap panjang akar tertinggi sebesar 14,53 cm. Sementara silika 1 gram/L pada tingkat cekaman 75% KL berpengaruh terhadap biomassa basah tertinggi sebesar 20,67 gram, tetapi tidak berbeda nyata dengan silika 2 gram/L pada tingkat cekaman 75% KL, serta berpengaruh terhadap kadar klorofil a dan klorofil total tertinggi sebesar 11,401 dan 21,865 mg/L.

Hal ini dikarenakan POC kulit pisang dan eceng gondok mengandung unsur N, Mg, Fe, Zn, dan Cu yang berperan sebagai penyusun klorofil daun sebagai bahan dalam proses fotosintesis untuk membentuk fotosintat. Eceng gondok juga mengandung hormon giberelin yang dapat menginduksi biosintesis auksin yang berperan dalam pemanjangan sel, salah satunya meningkatkan pertumbuhan akar (Taiz & Zeiger, 2002). Silika berperan dalam mengikat hara, meningkatkan penyerapan hara, mempertahankan kandungan air tanah, dan meningkatkan penyerapan air yang penting untuk proses fotosintesis. Dengan diberikannya POC dengan penambahan silika dapat meningkatkan aktivitas fotosintesis tanaman tercekam kekeringan (Mardiyah *et al.*, 2021). Moctava *et al.*, (2013) menjelaskan bahwa keterbatasan air mempengaruhi proses fotosintesis pada jaringan tanaman sehingga mengurangi tingkat kecepatan pertumbuhan. Kadar air yang terlalu rendah menyebabkan tidak tercukupinya kebutuhan air tanaman sehingga pertumbuhan dan perkembangan tanaman terhambat akibat menurunnya turgor sel, menutupnya stomata, mempengaruhi transpor elektron, serta terhambatnya difusi uap air dan CO₂ mengakibatkan menurunnya laju fotosintesis (Verma *et al.*, 2020).

Pada kondisi kekurangan air, daun dan akar mengalami dehidrasi sehingga memicu penurunan larutan pada sel penjaga dan penurunan tekanan turgor yang memicu akumulasi ABA dari akar tanaman melalui xilem menuju ke stomata yang akan menurunkan jumlah ion kalium mengakibatkan menutupnya stomata (Taiz & Zeiger, 2002; Lakitan, 2013). Menutupnya stomata akan menghambat pertukaran gas, berkurangnya difusi CO₂ pada peristiwa karboksilasi, yang berdampak pada menurunnya fotosintesis (Anggraini *et al.*, 2015). Menurunnya laju fotosintesis juga disebabkan berkurangnya kadar klorofil a, b, dan total akibat terbentuknya enzim peroksidatif yang mengakibatkan berkurangnya klorofil pada membran tilakoid dan terhambatnya penyerapan unsur hara yang berperan dalam pembentukan klorofil (Silva *et al.*, 2012). Tanaman pada kondisi cekaman

air juga akan menunjukkan respon melalui perubahan morfologi akar seperti panjang akar (Moctava *et al.*, 2013). Ketika terjadi cekaman air, tanaman akan mengalami kehilangan air yang berdampak pada menyusutnya sel akar. Permukaan akar akan bergerak menjauh dari partikel tanah yang menahan air dan rambut akar akan mengalami kerusakan (Taiz & Zeiger, 2002).

Sementara, pada tingkat cekaman 75% KL air masih tersedia cukup untuk diserap akar. Hal ini sesuai dengan Marsha *et al.*, (2014), bahwa pemberian air volume 75% KL merupakan penyiraman yang optimal. Ketersediaan air yang sesuai akan menghasilkan proporsi makro agregat tanah yang lebih baik, sehingga dapat menjadi medium pertumbuhan akar yang optimal. Jumlah air yang besar pada kapasitas lapang akan mengakibatkan tanah menjadi jenuh air sehingga seluruh ruang pori tanah terisi oleh air yang bergerak cepat dan berakibat mencuci unsur-unsur hara dalam tanah. Dalam jangka panjang, kondisi ini berakibat pada terganggunya respirasi akar dan aktivitas mikrobia aerobik seperti bakteri amonifikasi dan nitrifikasi yang berdampak pada terhambatnya nitrifikasi oksigen, menyebabkan tanaman kekurangan nitrogen.

Adapun pertumbuhan tanaman sawi pada perlakuan pemberian POC dan silika mengalami peningkatan lebih baik dibanding perlakuan tanpa silika. Pemberian silika dapat menurunkan dampak kekeringan pada tanaman, karena silika akan terdeposit pada dinding epidermis daun membentuk lapisan yang dapat mengurangi laju transpirasi melalui stomata (Silva *et al.*, 2012). Silika dapat meningkatkan proses fotosintesis tanaman tercekam kekeringan dengan meningkatkan status air tanaman, meningkatkan aktivitas PEPC, dan konsentrasi P inorganik pada daun (Gong & Chen, 2012). Peningkatan status air tanaman ini dikarenakan kemampuan silika dalam mempertahankan kandungan air tanah dan meningkatkan penyerapan air meskipun pasokan air di bawah kapasitas lapang. Dengan meningkatnya penyerapan air oleh akar, maka turut meningkatkan ketersediaan air di jaringan yang penting untuk tanaman sebagai penyedia elektron pada proses fotosintesis terutama pada reaksi terang. Apabila ketersediaan air di jaringan meningkat, maka terjadi perluasan sel dan dinding sel yang berdampak pada meningkatnya volume sel. Peningkatan ini juga diikuti dengan peningkatan potensial turgor yang selanjutnya memicu peningkatan konsentrasi zat terlarut dalam sel yang berdampak pada pemanjangan dinding sel. Pemanjangan dinding sel ini akan berdampak pada pertambahan tinggi tanaman, panjang akar, dan peningkatan kerapatan stomata (Taiz & Zeiger, 2002; Naafi & Rahayu, 2019).

Penambahan silika pada POC juga dapat meningkatkan daya serap dan ketersediaan hara P yang berperan dalam proses fotosintesis yaitu dalam pembentukan ATP yang berguna dalam proses translokasi fotosintat ke organ tanaman lainnya yang membutuhkan (Wasilah *et al.*, 2019). Unsur P juga berperan dalam mempercepat pertumbuhan akar dengan mengaktifkan hormon auksin. Silika juga berpengaruh dalam meningkatkan klorofil a, b, dan total (Pereira *et al.*, 2015). Meningkatnya kadar klorofil akibat pemberian POC dengan penambahan silika mengindikasikan bahwa silika dapat merangsang pembentukan pigmen, memperbaiki kerusakan klorofil, melindungi komponen fotosintesis sehingga mengurangi dampak yang diakibatkan oleh cekaman air, serta mempengaruhi metabolisme N (Silva *et al.*, 2012). Hal ini juga didukung oleh pemberian POC kulit pisang dan eceng gondok yang mengandung unsur hara Mg, Fe, Zn, dan Cu yang berperan sebagai penyusun klorofil sebagai salah satu bahan dalam proses fotosintesis. Peningkatan proses fotosintesis berpengaruh pada meningkatnya akumulasi fotosintat seperti protein, karbohidrat, dan lemak yang menyusun biomassa tanaman. Kadar klorofil, panjang akar, jumlah daun, dan tinggi tanaman merupakan parameter pertumbuhan yang dapat direfleksikan dengan pertambahan biomassa basah tanaman. Semakin besar biomassa tanaman, mengindikasikan bahwa kandungan hara yang diserap semakin besar dan metabolisme dalam tanaman berjalan baik (Duaja *et al.*, 2012). Peningkatan biomassa dipengaruhi oleh meningkatnya metabolisme atau kerja sistem enzim. Biomassa basah juga dipengaruhi oleh kandungan unsur hara yang ada di dalam sel jaringan tanaman (Nurjanaty *et al.*, 2019).

Selanjutnya, berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa tinggi tanaman dan jumlah daun tidak menunjukkan signifikansi meskipun biomassa basah menunjukkan hasil yang signifikan. Keadaan demikian dapat terjadi karena asimilat hasil fotosintesis lebih banyak dialirkan ke akar dibanding daun karena daun lebih banyak kehilangan air melalui proses transpirasi, sehingga tanaman lebih mengembangkan sistem perakaran daripada tajuk (Naafi & Rahayu, 2019). Sistem perakaran yang berkembang baik menyebabkan penurunan pertumbuhan tajuk (Aziza *et al.*, 2022). Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas akar dalam menyerap air dan mengurangi transpirasi. Meskipun hasil tinggi tanaman dan jumlah daun tidak signifikan, biomassa basah tetap signifikan karena terjadinya peningkatan pertumbuhan akar. Secara umum, silika dapat merangsang pertumbuhan tinggi tanaman, menjadikan tanaman lebih tegak, sehingga meningkatkan intersepsi

cahaya matahari yang berguna dalam proses fotosintesis (Kharisun *et al.*, 2019). Diberikannya POC yang mengandung unsur hara dapat bertindak sebagai penyusun protein, nukleotida, asam amino, enzim, dan gula fosfat yang berguna dalam pembelahan sel. Unsur N dan P pada POC dapat merangsang pembelahan sel dan pertumbuhan organ baru. Dilakukannya penambahan silika dapat meningkatkan fotosintesis untuk membentuk fotosintat yang digunakan dalam pembelahan sel, dapat memperkuat dinding sel untuk mengontrol tingkat transpirasi, dan mengendalikan penurunan jumlah daun akibat cekaman (Kharisun *et al.*, 2019). Oleh sebab itu, penambahan silika pada POC dengan tingkat cekaman air 75% KL telah mampu berpengaruh terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun, meskipun tanpa menunjukkan interaksi.

Pemberian POC dan silika pada tanaman tercekam kekeringan dapat mempertahankan keseimbangan air dalam tanaman dan meningkatkan penyerapan air sehingga ketersediaan air di jaringan tanaman meningkat. Kadar air relatif daun akan meningkat seiring dengan peningkatan ketersediaan air pada jaringan karena laju penyerapan air oleh akar lebih besar dibanding laju transpirasinya (Aziza *et al.*, 2022; Nisa & Rahayu, 2022). Meningkatnya ketersediaan air akan menurunkan kadar ABA dan resistensi stomata, sehingga stomata akan terbuka (Taiz & Zeiger, 2002). Peningkatan ketersediaan air di jaringan juga berakibat pada pemanjangan dinding sel yang berdampak pada peningkatan kerapatan stomata (Naafi & Rahayu, 2019). Pada parameter kerapatan stomata dan kadar air relatif daun menunjukkan bahwa pemberian POC dengan penambahan silika 2 gram/L pada tingkat cekaman 75% KL berpengaruh signifikan terhadap kerapatan stomata tertinggi sebesar 314,07/mm², namun tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar air relatif daun.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa kerapatan stomata semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kapasitas lapang air. Hal ini dikarenakan penyerapan zat hara berlangsung lancar, sehingga fotosintesis berjalan baik. Kapasitas fotosintesis yang tinggi akan menghasilkan materi organik lebih banyak yang selanjutnya digunakan untuk pembelahan sel. Meningkatnya kerapatan stomata turut meningkatkan proses fotosintesis karena terjadi peningkatan transpirasi sehingga kapasitas pengambilan gas CO₂ sebagai bahan reaksi fotosintesis pada reaksi gelap untuk menghasilkan karbohidrat juga ikut meningkat. Pemberian POC dengan penambahan silika menunjukkan kerapatan stomata yang lebih tinggi dibanding tanpa penambahan silika. Meskipun kerapatan stomata meningkat, tetapi tidak akan mengakibatkan tanaman kehilangan air berlebih, karena silika pada tanaman tercekam kekeringan dapat mengurangi laju transpirasi air berlebih dengan mengurangi diameter lubang stomata dan menginduksi enzim antioksidan sebagai pertahanan pertama dalam melawan cekaman kekeringan (Sapre & Vakharia, 2016). Silika dapat mempertahankan status air tanaman tercekam kekeringan dengan mengurangi terjadinya transpirasi pada daun melalui kutikula. POC yang mengandung unsur K berperan dalam mengatur aktivitas air, fungsi aquaporin, dan mengatur buka tutup stomata untuk mempertahankan kandungan air pada jaringan (Asghar & Bashir, 2020; Kovacs *et al.*, 2022). Meningkatnya kandungan K juga akan menurunkan kadar ABA akibat terjadinya akumulasi K⁺ pada sel penjaga, sehingga terjadi penyerapan air secara osmotik, meningkatkan turgor sel penjaga, dan terbukanya stomata.

Berdasarkan hasil penelitian, perlakuan penambahan silika pada POC dapat meningkatkan toleransi tanaman sawi pada kondisi kekeringan. Penambahan silika 2 gram/L pada POC kulit pisang dan eceng gondok dan tingkat cekaman air 75% KL memberikan hasil tertinggi terhadap biomassa basah, panjang akar, dan kerapatan stomata. Pemberian silika sebesar 2 gram/L pada tingkat air 75% KL juga memberikan nilai tertinggi terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, dan kadar air relatif daun meskipun hasil analisis ANOVA dua arah tidak menunjukkan adanya signifikansi, tetapi berdasarkan hasil analisis dan pembahasan menunjukkan adanya pengaruh dari ketiga parameter tersebut terhadap parameter lainnya. Parameter tinggi tanaman dan jumlah daun mempengaruhi parameter biomassa basah karena kedua parameter ini berbanding lurus dengan biomassa basah, yaitu semakin besar biomassa basah, maka semakin tinggi tanaman dan semakin banyak jumlah daunnya. Sementara parameter kadar air relatif daun akan mempengaruhi parameter kerapatan stomata daun. Meskipun tingkat cekaman air 75% KL merupakan perlakuan yang memberikan hasil terbaik, namun penambahan silika 2 gram/L pada POC ini juga direkomendasikan pada tingkat cekaman air 50% dan 25% KL karena tetap memberikan hasil yang terbaik dibanding perlakuan POC tanpa silika.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian tahap I diperoleh kualitas hara POC berbahan kulit pisang dan eceng gondok yang tergolong kriteria sangat tinggi yaitu N 1,24%; P 1,03%; K 1,22%, dan rasio C/N bernilai 10 yang termasuk rendah. Berdasarkan hasil penelitian tahap II, dapat disimpulkan bahwa perlakuan

cekaman air yang berbeda berpengaruh signifikan terhadap biomassa basah, panjang akar, kerapatan stomata, kadar klorofil, serta kadar air relatif daun. Konsentrasi silika pada POC berpengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman, biomassa basah, panjang akar, kerapatan stomata, kadar klorofil total, dan kadar air relatif daun. Sedangkan, interaksi antara konsentrasi silika pada POC dengan tingkat cekaman air berbeda berpengaruh signifikan terhadap parameter biomassa basah sebesar 20,67 gram, panjang akar sebesar 14,53 cm, kerapatan stomata sebesar 314,07/mm², dan kadar klorofil sebesar 21,865 mg/L. Adapun perlakuan yang menunjukkan hasil terbaik yaitu POC dengan penambahan silika 2 gram/L pada tingkat cekaman air 75% KL. Meskipun demikian, tingkat cekaman 50% dan 25% KL juga direkomendasikan, tetapi dilakukan pemberian POC dengan penambahan silika 2 gram/L.

DAFTAR PUSTAKA

- Abuk V, 2021. Pengaruh Kompos dan Takaran Teh Kompos terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) di Lahan Kering. *Savana Cendana*; 6(3): 49-53.
- Aminah RI, Marlina N, dan Idrus MD, 2021. Uji Pupuk Organik Cair dan Nitrogen Pada Sawi Pakcoy (*Brassica rapa* L.) di Lahan Kering. *Klorofil*; XVI(1): 27-32.
- Anggraini N, Faridah E, dan Indrioko S, 2015. Pengaruh Cekaman Kekeringan terhadap Perilaku Fisiologis dan Pertumbuhan Bibit Black Locust (*Robinia pseudoacacia*). *Jurnal Ilmu Kehutanan*; 9(1): 40-56.
- Asghar MG dan Bashir A, 2020. Protagonist of Mineral Nutrients in Drought Stress Tolerance of Field Crops. In S. Fahad, S. Saud, Y. Chen, C. Wu, & D. Wang (Eds.), *Abiotic Stress in Plants*. IntechOpen.
- Ashari S, 2006. *Hortikultura Aspek Budidaya*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Aziza I, Rahayu YS, dan Dewi SK, 2022. Pengaruh Pupuk Organik Cair dengan Penambahan Silika dan Cekaman Air terhadap Tanaman Kedelai. *LenteraBio*; 11(1): 183-191.
- Badan Pusat Statistik, 2022. Produksi Tanaman Sayuran. Diakses melalui <https://www.bps.go.id/indicator/55/61/1/produksi-tanaman-sayuran.html>. Diakses pada 23 September 2022.
- Darmawati, 2015. Efektivitas Berbagai Bioaktivator terhadap Pembentukan Kompos dari Limbah Sayur dan Daun. *Jurnal Dinamika Pertanian*; XXX(2): 93-100.
- Duaja MD, Gusniwati, Gani ZF, dan Salim, H, 2012. Pengaruh Jenis Pupuk Organik Cair terhadap Pertumbuhan dan Hasil Dua Varietas Selada (*Lactuca sativa* L.). *Jurnal Bioplantae*; 1(3): 154-160.
- Febrianna M, Priyono S, dan Kusumarini N, 2018. Pemanfaatan Pupuk Organik Cair untuk Meningkatkan Serapan Nitrogen serta Pertumbuhan dan Produksi Sawi (*Brassica juncea* L.) Pada Tanah Berpasir. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*; 5(2): 1009-1018.
- Gong H dan Chen K, 2012. The Regulatory Role of Silicon on Water Relations, Photosynthetic Gas Exchange, and Carboxylation Activities of Wheat Leaves in Field Drought Conditions. *Acta Physiol Plant*; 34: 1589-1594.
- Hardjowigeno S, 2003. *Ilmu Tanah*. Jakarta: Akademika Pressindo.
- Ibrahim Y dan Tanaiyo R, 2018. Respon Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) terhadap Pemberian Pupuk Organik Cair (POC) Kulit Pisang dan Bonggol Pisang. *Jurnal Agropolitan*; 5(1): 63-69.
- Kharisun, Noorhidayah R, dan Cahyani MA, 2019. Pengaruh Pemupukan Silika (Si) dan Kondisi Stres Air terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) pada Tanah Inceptisol. *Prosiding Seminar Nasional LPPM Unsoed "Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan IX"*, (pp. 306-319), Purwokerto, 20 November.
- Kovacs S, Kutasy E, dan Csajbok J, 2022. The Multiple Role of Silicon Nutrition in Alleviating Environmental Stresses in Sustainable Crop Production. *Plants*; 11(9): 1223.
- Lakitan B, 2013. *Fisiologi Tumbuhan dan Perkembangan Tanaman*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Machrodania, Yuliani, dan Ratnasari E, 2015. Pemanfaatan Pupuk Organik Cair Berbahan Baku Kulit Pisang, Kulit Telur dan *Gracillaria gigas* terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai var Anjasmoro. *LenteraBio*; 4(3): 168-173.
- Mardiyah S, Budi LS, Puspitawati IR, dan Nurwantara MP, 2021. Pengaruh Pupuk Organik Cair dan Media Tanam terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Ilmiah Hijau Cendekia*; 6(1): 30-36.
- Marsha ND, Aini N, dan Sumarni T, 2014. Pengaruh Frekuensi dan Volume Pemberian Air pada Pertumbuhan Tanaman *Crotalaria mucronata* Desv. *Jurnal Produksi Tanaman*; 2(8): 673-678.
- Moctava MA, Koesriharti, dan Dawam M, 2013. Respon Tiga Varietas Sawi (*Brassica rapa* L.) terhadap Cekaman Air. *Jurnal Produksi Tanaman*; 1(2): 90-98.
- Naafi TN dan Rahayu YS, 2019. The Effect of Local Micro Organism and Mycorrhizal Fungi on Anatomical and Morphological Responses of Red Chili (*Capsicum annum* L.) at Different Soil Water Level. *J. Phys.: Conf. Ser.*; 1417 012036. doi:10.1088/1742-6596/1417/1/012036
- Nisa FK dan Rahayu YS, 2022. Pengaruh Pupuk Organik Cair Nabati dan Silika terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai yang Mengalami Cekaman Air. *LenteraBio*; 11(1): 80-88.
- Nur T, Noor AH, dan Elma M, 2016. Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Sampah Organik Rumah Tangga dengan Penambahan Bioaktivator EM4 (*Effective Microorganisms*). *Konversi*; 5(2): 5-12.

- Nurjanaty N, Linda R, dan Mukarlina, 2019. Pengaruh Cekaman Air dan Pemberian Pupuk Daun terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.). *Protobiont*; 8(3): 6-11.
- Pereira TS, Lobato AK da, Silva MHL da, Lobato EMSG, Costa DV da, Uchoa EB, Ferreira R do N, Pereira E dos S, Filho BG dos S, Costa RCL, Neto CF de O, dan Okumura RS, 2015. Differential Responses Produced by Silicon (Si) on Photosynthetic Pigments In Two Pepper Cultivars Exposed to Water Deficiency. *AJCS*; 9(12): 1265-1270.
- Pramushinta IAK, 2018. Pembuatan Pupuk Organik Cair Limbah Kulit Nanas dengan Enceng Gondok pada Tanaman Tomat (*Lycopersicon esculentum* L.) dan Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L.) Aureus. *Journal of Pharmacy and Science*; 3(2): 37-40.
- Rahmawati L, Salfina, dan Agustina E, 2017. Pengaruh Pupuk Organik Cair Kulit Pisang terhadap Pertumbuhan Selada (*Lactuca sativa*). Prosiding Seminar Nasional Biotik V 2017.
- Rosawanti P, 2016. Pengaruh Cekaman Kekeringan terhadap Kandungan Klorofil dan Prolin Daun Kedelai. *Anterior Jurnal*; 15(2): 172-179.
- Sapre SS dan Vakharia DN, 2016. Role of Silicon Under Water Deficit Stress in Wheat: (Biochemical Perspective): A Review. *Agricultural Reviews*; 37(2): 109-116.
- Selvakumar G, Panneerselvam P, Ganeshamurthy AN, 2012. Bacterial Mediated Alleviation of Abiotic stress in Crops. In Maheshwari DK (ed), *Bacteria in Agrobiolgy: Stress Management* (205-224). Springer, Berlin, Heidelberg, Germany.
- Setiawan CK, 2016. Pengaruh Konsentrasi Pupuk Organik Cair Diperkaya Rhizobacteri Osmotoleran terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Padi pada Kondisi Cekaman Kekeringan. *Planta Tropika Journal of Agro Science*; 4(2): 65-74.
- Silva ON, Lobato AKS, Avila FW, Costa RCL, Oliveira Neto CF, Santos Filho BG, Martins Filho AP, Lemos RP, Pinho JM, Medeiros MBCL, Cardoso MS, dan Andrade IP, 2012. Silicon-Induced Increase in Chlorophyll is Modulated by The Leaf Water Potential in Two Water-Deficient Tomato Cultivars. *Plant Soil Environ*; 58(11): 481-486.
- Taiz L dan Zeiger E, 2002. *Plant Physiology* (3rd ed.). Sunderland: Sinauer.
- van Alfen NK, 2014. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems* (2nd edition ed.). Amsterdam: Academic Press.
- Verma KK, Song XP, Zeng Y, Li DM, Guo DJ, Rajput VD, Chen GL, Barakhov A, Minkina T M, dan Li YR, 2020. Characteristics of Leaf Stomata and Their Relationship with Photosynthesis in *Saccharum officinarum* Under Drought and Silicon Application. *ACS Omega*; 5(37): 24145-24153.
- Wasilah QA, Winarsih, dan Bashri A, 2019. Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair Berbahan Baku Limbah Sisa Makanan dengan Penambahan Berbagai Bahan Organik terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.). *LenteraBio*; 8(2): 136-142.
- Widarti BN, Wardhini WK, dan Sarwono E, 2015. Pengaruh Rasio C/N Bahan Baku pada Pembuatan Kompos dari Kubis dan Kulit Pisang. *Jurnal Integrasi Proses*; 5(2): 75-80.
- Widiyanti NM, Baga LM, dan Suwarsinah HK, 2016. Kinerja Usahatani dan Motivasi Petani dalam Penerapan Inovasi Varietas Jagung Hibrida pada Lahan Kering di Kabupaten Lombok Timur. *Jurnal Penyuluhan*; 12(1): 31-42.

Article History:

Received: 3 April 2023

Revised: 22 Mei 2023

Available online: 26 Mei 2023

Published: 31 Mei 2023

Authors:

Adelia Dwi Susanto, Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Jalan Ketintang Gedung C3 Lt. 2 Surabaya 60231, Indonesia, e-mail: adeliadwi54@gmail.com

Yuni Sri Rahayu, Program Studi 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

How to cite this article:

Susanto AD dan Rahayu YS, 2023. Pengaruh Cekaman Air dan Konsentrasi Silika pada POC terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.). *LenteraBio*; 12(2): 229-238.