

Pengaruh Aplikasi Penyiraman Kalsium Klorida (CaCl_2) Pratanam Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil *Microgreen Wheatgrass* (*Triticum aestivum* L.) Segar

Effect of Pre-planting Calcium Chloride (CaCl_2) Application on Growth and Yield of Fresh Microgreen Wheatgrass (*Triticum aestivum* L.)

Isna Khofifah Assyfa¹, Siti Asmanayah Mardiyani¹, Siti Muslikah¹

¹Departemen Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Islam Malang
Jl. MT. Haryono No. 193 Malang 65144, Jawa Timur, Indonesia

*Korespondensi : asmaniyah@unisma.ac.id

ABSTRAK

Microgreen merupakan sayuran hijau yang dipanen ketika daun kotiledon baru muncul. *Microgreen* mengandung tingkat senyawa bioaktif yang jauh lebih tinggi dari pada bentuk tanaman dewasanya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi penyiraman kalsium klorida (CaCl_2) terhadap pertumbuhan dan hasil *microgreen wheatgrass* (*Triticum aestivum* L.) segar. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) sederhana dengan perlakuan aplikasi penyiraman konsentrasi CaCl_2 , terdiri dari 5 level yaitu konsentrasi 0% (C_0), konsentrasi 1,5% (C_1), konsentrasi 3% (C_2), konsentrasi 4,5% (C_3), dan konsentrasi 6% (C_4). Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh nyata perlakuan penyiraman konsentrasi CaCl_2 terhadap variabel bobot segar tunas dan bobot kering tunas. Penyiraman konsentrasi CaCl_2 3% memberikan rata-rata berat segar tunas tertinggi (38,95 gram) tidak berbeda nyata dengan penyiraman konsentrasi CaCl_2 0%, 1,5%, dan 4,5%, namun berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Penyiraman konsentrasi CaCl_2 3% memberikan rata-rata berat kering tunas tertinggi (12,57 gram) tidak berbeda nyata dengan penyiraman konsentrasi CaCl_2 1,5% namun berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Secara umum hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan penyiraman konsentrasi CaCl_2 3% merupakan perlakuan yang prospektif untuk dikembangkan dalam budidaya *microgreen wheatgrass*.

Kata kunci : *Microgreen*, *Wheatgrass*, Kalsium Klorida, Rancangan Acak Kelompok

ABSTRACT

Microgreens are green vegetables that are harvested when new cotyledon leaves appear. *Microgreens* contain much higher levels of bioactive compounds than their mature plant forms. This study aims to determine the effect of the application of calcium chloride (CaCl_2) watering on the growth and yield of fresh *microgreen wheatgrass* (*Triticum aestivum* L.). This study used a simple randomized block design (RBD) with CaCl_2 concentration watering application treatment, consisting of 5 levels, namely 0% concentration (C_0), 1.5% concentration (C_1), 3% concentration (C_2), 4.5% concentration (C_3), and 6% concentration (C_4). The results showed that there was a significant effect of the CaCl_2 concentration watering treatment on the fresh shoot weight and shoot dry weight variables.

Watering with 3% CaCl₂ concentration gave the highest average shoot fresh weight (38.95 gram) not significantly different from watering CaCl₂ concentrations of 0%, 1.5% and 4.5%, but significantly different from other treatments. Watering with a 3% CaCl₂ concentration gave the highest average dry weight of shoots (12.57 grams) not significantly different from watering with a 1.5% CaCl₂ concentration but significantly different from other treatments. In general, the results of this study indicate that the watering treatment with 3% CaCl₂ concentration is a treatment that can be developed in the cultivation of microgreen wheatgrass.

Keywords : Microgreen, Wheatgrass, Calcium Chloride, Randomized Group Design

PENDAHULUAN

Microgreen merupakan sayuran hijau yang dipanen ketika daun kotiledon baru muncul, yaitu 7 sampai 14 hari setelah masa semai sehingga memiliki kandungan nutrisi yang tinggi (Maulidiyah *et al.*, 2022). *Microgreen* dihasilkan dari biji sayuran. Ukuran panen *microgreen* antara 3 sampai 10 cm (Febriani *et al.*, 2019). *Microgreen* memiliki kandungan nutrisi dan vitamin 4 sampai 40 kali lebih banyak dari pada tumbuhan dewasa (Xiao *et.al.* 2012). *Microgreen* mengandung tingkat senyawa bioaktif (asam askorbat, *phyloquinone*, *tocopherols*, karotenoid, vitamin, mineral, dan antioksidan) yang jauh lebih tinggi dari pada bentuk tanaman dewasanya. Berbagai jenis sayuran bisa dibudidayakan dengan model *microgreen*, salah satunya yaitu *microgreen* gandum. *Microgreen* gandum biasa disebut rumput gandum atau *wheatgrass*. *Wheatgrass* mengandung senyawa bioaktif dan antioksidan yang lebih banyak dari pada biji-biji gandum. *Wheatgrass* telah terbukti memiliki aktivitas antikanker, antioksidan, membantu aliran darah, dan detoksifikasi tubuh (Huda, Mizanul, Linda Advinda, 2017).

Terdapat beberapa penelitian terdahulu telah meneliti terkait pemberian Kalsium Klorida (CaCl₂). Hasil Penelitian Yan *et al.* (2020), Kalsium Klorida (CaCl₂) efektif digunakan untuk menghambat penyakit pascapanen, mengurangi penurunan bobot tanaman, dan menunda pematangan pada buah segar. Hasil penelitian Anggreine *et al.* (2022), penyemprotan beberapa konsentrasi CaCl₂ berpengaruh terhadap pertumbuhan *microgreen* red radish. Selain itu Lu *et al* (2018), menyatakan bahwa CaCl₂ adalah senyawa yang efektif memperpanjang daya simpan *microgreen* broccoli. Hasil Penelitian Ianah *et al.*, (2022), pemberian

kalsium klorida pra panen berpengaruh nyata dalam meningkatkan tinggi tanaman *microgreen pea shoot*.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini lebih dikhususkan terhadap *microgreen wheatgrass*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi penyiraman kalsium klorida (CaCl_2) pra tanam terhadap pertumbuhan dan hasil *microgreen wheatgrass* (*Triticum aestivum* L.) segar.

BAHAN dan METODE

Penelitian dilakukan pada 31 Agustus sampai 16 November 2022. Bertempat di Rumah *Microgreen* Perumahan Alamsari, Jl. Joyo Agung, Malang dengan ketinggian tempat ± 625 mdpl Pada kondisi yang ternaungi dengan intensitas cahaya di pagi dan sore hari 10-100 lux dan siang hari 100-400 lux. Rata-rata kelembaban udara di pagi dan sore hari 80-90% dan di siang hari 60-70%. Suhu saat dilakukan penelitian sekitar 26-28°C

Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu sprayer, gelas ukur, gelas beaker, corong gelas, pipet tetes, erlenmeyer, mortar, buret, tabung reaksi, lampu spiritus, penyangga kaki tiga, termometer, kamera, alat tulis, *soil plant analysis development* (SPAD), refraktometer, amplop, spidol, staples, plastik, korek. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu benih gandum, cocopeat, air mineral, pupuk eco-enzyme, bubuk CaCl_2 *pro analysis*, aquades, larutan iodium 0,1 N, larutan amilum.

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Sederhana dengan perlakuan penyiraman konsentrasi CaCl_2 , terdiri dari 5 level yaitu konsentrasi 0% (C_0), konsentrasi 1,5% (C_1), konsentrasi 3% (C_2), konsentrasi 4,5% (C_3), dan konsentrasi 6% (C_4).

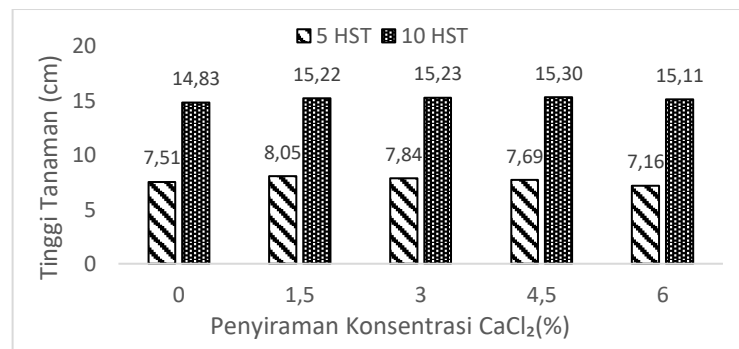
Penanaman dilakukan dengan meletakkan benih yang sudah direndam dan ditimbang pada kotak tanam yang sudah diberikan cocopeat sebagai media tanam. Konsentrasi CaCl_2 yang disemprotkan dicampurkan pada air penyiraman. Aplikasi CaCl_2 dilakukan setiap penyiraman pada 3, 6, dan 9 hari setelah tanam dengan cara menyemprotkan keseluruhan permukaan tanaman. Parameter yang diamati yaitu tinggi tanaman, bobot segar, bobot kering, klorofil ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$), vitamin C (mg), Total Padatan Terlarut (TPT) (brix°).

Dari hasil pengamatan pada setiap parameter diuji menggunakan analisis ragam (ANOVA) atau uji F dengan taraf 5% untuk mengetahui pengaruh perlakuan. Apabila hasil analisis ragam menunjukkan pengaruh nyata maka dilanjutkan uji lanjut BNT dengan taraf nyata 5% untuk mengetahui perbedaan pada setiap perlakuan.

HASIL dan PEMBAHASAN

Tinggi Tanaman

Hasil analisis ragam terhadap variabel tinggi tanaman menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh nyata perlakuan konsentrasi CaCl_2 pada *wheatgrass* umur pengamatan 5 dan 10 hst disajikan pada Gambar 1.

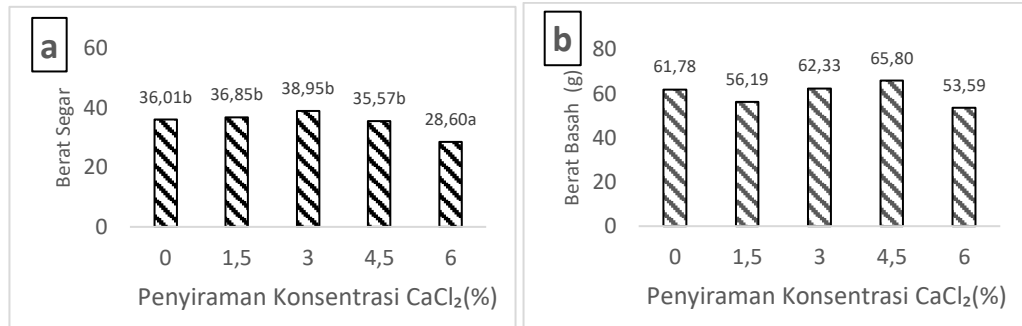


Gambar 1. Rerata Tinggi Tanaman *Wheatgrass* Akibat Perlakuan Penyiraman Konsentrasi CaCl_2

Hasil pengamatan menunjukan tidak ada pengaruh nyata penyiraman konsentrasi CaCl_2 terhadap tinggi tanaman. Hal ini sesuai dengan penelitian Kamalia *et al.* (2017), perlakuan penambahan CaCl_2 memberikan pengaruh yang tidak berbeda nyata pada parameter tinggi tanaman dan jumlah daun. Hal ini diduga pertumbuhan tinggi tanaman lebih banyak dipengaruhi genetik tanaman. Menurut Wicaksono *et al.* (2015), Perbedaan tinggi yang tidak berbeda nyata antar perlakuan kemungkinan akibat tinggi lebih banyak dipengaruhi oleh genetik tanaman.

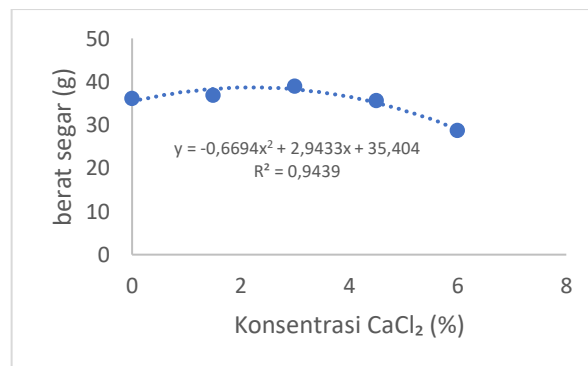
Bobot Segar

Hasil analisis ragam terhadap parameter bobot segar menunjukkan terdapat pengaruh nyata perlakuan konsentrasi CaCl_2 terhadap bobot segar tunas, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap bobot segar akar *microgreen wheatgrass*.



Gambar 2. Rerata Berat Segar *Wheatgrass* Akibat Perlakuan Penyiraman Konsentrasi CaCl_2 . a. berat segar tunas, b. berat segar akar

Hasil BNT 5% pada bobot segar tunas menunjukkan bahwa perlakuan penyiraman konsentrasi CaCl_2 3% menghasilkan *microgreen* dengan bobot tertinggi dengan rata-rata bobot segar 38,95 gram. Namun, tidak berbeda nyata dengan perlakuan penyiraman konsentrasi CaCl_2 0%, 1,5%, dan 4,5%. Sedangkan perlakuan konsentrasi CaCl_2 6% menghasilkan bobot tunas *microgreen* terendah dengan nilai rata-rata 28,60 berbeda nyata dengan semua perlakuan yang ada.



Gambar 3. Hasil Analisis Agresi Rerata Bobot Segar Tunas Perlakuan Penyiraman Konsentrasi CaCl_2

Uji regresi untuk menentukan titik optimum perlakuan penyiraman CaCl_2 pada bobot segar *Wheatgrass* terlihat pada. Hasil analisis regresi menunjukkan pola kuadratik dengan persamaan $y = -0,6694x^2 + 2,9433x + 35,404$ dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,944 yang artinya terjadi peningkatan nilai bobot segar sampai pada titik optimum lalu mengalami penurunan. Diperoleh besarnya titik optimum penyiraman CaCl_2 2,198% dengan nilai bobot segar 38,639 gram.

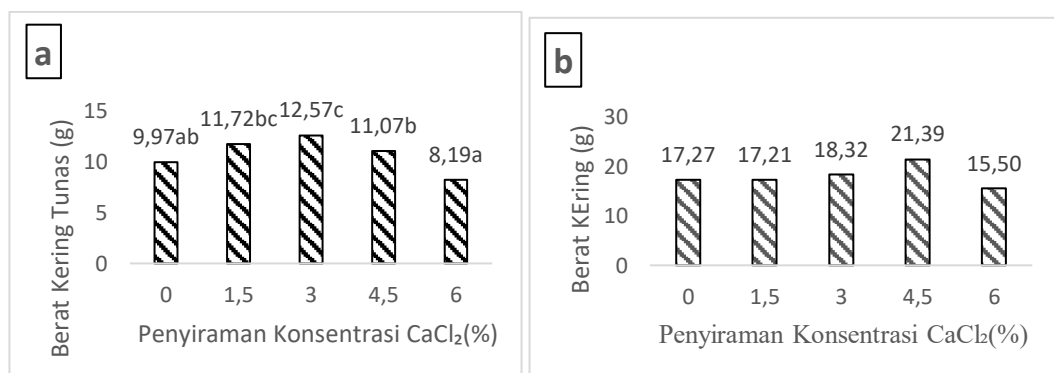
Penyiraman konsentrasi CaCl_2 berpengaruh nyata terhadap bobot segar tunas. Hal ini diduga karena CaCl_2 terdiri dari unsur-unsru Ca^{2+} dan Cl^- dimana unsur-unsur tersebut merupakan unsur hara yang penting bagi pertumbuhan tanaman. Kalsium diperlukan dalam proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman

(Aryandhita & Kastono, 2021). Menurut Hasmeda *et al.* (2021), Kalsium (Ca) memiliki manfaat bagi tanaman antara lain mempercepat pertumbuhan daun dan batang tanaman, meningkatkan hasil produksi tanaman, dan meningkatkan daya tahan tanaman terhadap serangan hama dan penyakit.

Penyiraman konsentrasi CaCl_2 diatas 3% mengalami penurunan pada bobot segar. Hal ini duga penyiraman CaCl_2 dengan konsentrasi 6% memberikan kelebihan unsur hara Cl^- pada tanaman. Konsentrasi Cl^- yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan membran yang kemudian menghambat enzim sehingga berpengaruh negatif pada proses fotosintesis (Purwaningrahyu, 2016). Proses fotosintesis berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman (Marheny, 2017). Selain itu kelebihan unsur Ca dapat menyebabkan tingginya pH tanah. pH tanah yang semakin rendah atau semakin tinggi dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman kurang optimal. Semakin tinggi pH tanah (basa) maka unsur hara yang ada di dalam tanah akan semakin sulit untuk diserap tanaman. Pemberian kalsium dapat menyebabkan tingginya pH tanah (Pratiwi *et al.*, 2020)

Bobot Kering

Hasil analisis ragam terhadap bobot kering menunjukkan terdapat pengaruh nyata perlakuan penyiraman konsentrasi CaCl_2 pada bobot kering tunas *microgreen wheatgrass*. Namun, perlakuan penyiraman konsentrasi CaCl_2 tidak berpengaruh nyata pada bobot kering akar *microgreen wheatgrass*

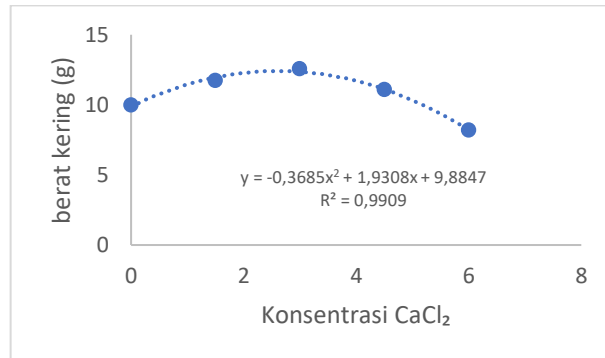


Gambar 4. Rerata Bobot Kering *Wheatgrass* Akibat Perlakuan Penyiraman

Konsentrasi CaCl_2 . a. bobot kering tunas, b. bobot kering akar

Hasil BNT 5% pada bobot kering menunjukkan bahwa perlakuan penyiraman konsentrasi CaCl_2 3% menghasilkan nilai tertinggi dengan rata-rata 12,57gram tidak berbeda nyata dengan perlakuan penyiraman konsentrasi CaCl_2 1,5%, namun

berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Sedangkan perlakuan penyiraman konsentrasi CaCl_2 6% menghasilkan nilai terendah dengan rata-rata 8,19gram. Namun, tidak berbeda nyata dengan perlakuan 0% dengan nilai rata-rata 9,97gram.



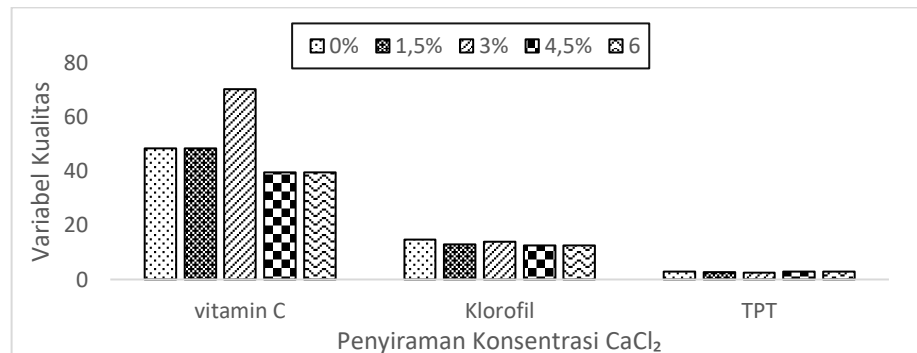
Gambar 5. Hasil Analisis Agresi Rerata Bobot Kering Tunas Perlakuan Penyiraman Konsentrasi CaCl_2

Uji regresi untuk menentukan titik optimum perlakuan penyiraman CaCl_2 pada bobot kering tunas *Wheatgrass* terlihat pada gambar 5. Hasil analisis regresi menunjukkan pola kuadratik dengan persamaan $y = -0,3685x^2 + 1,9308x + 9,8847$ Dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,9909 yang artinya terjadi peningkatan nilai bobot segar sampai pada titik optimum lalu mengalami penurunan. Diperoleh besarnya titik optimum penyiraman CaCl_2 2,620% dengan nilai bobot kering tunas 12,414 gram.

Penyiraman konsentrasi CaCl_2 memiliki pengaruh nyata terhadap bobot kering tunas. Hal ini diduga penyiraman kalsium memberikan pengaruh terhadap metabolime dan pertumbuhan pada tanaman. Purnama *et al.* (2021), menyatakan bahwa perhitungan bobot kering tanaman digunakan untuk melihat metabolisme tanaman. Pertambahan bobot kering berfungsi sebagai indikator pertumbuhan tanaman. Semakin meningkatnya bobot kering maka menunjukkan pertumbuhan tanaman semakin baik pula. Selain itu CaCl_2 mengandung unsur Kalsium (Ca^{2+}) dan klor (Cl^-). Menurut Hasmeda *et al.* (2021), Kalsium (Ca) memiliki manfaat bagi tanaman antara lain mempercepat pertumbuhan daun dan batang tanaman. Sedangkan menurut Purba *et al.* (2021) klor berperan dalam meningkatkan hasil kering tanaman seperti tembakau, kapas, kentang, dan tanaman sayuran.

Variabel kualitas

Hasil analisis ragam terhadap variabel kualitas menunjukkan tidak ada pengaruh nyata penyiraman konsentrasi CaCl_2 terhadap kandungan vitamin C, klorofil, dan total padatan terlarut *microgreen wheatgrass*



Gambar 6. Rerata Variabel Kualitas *Wheatgrass* Akibat Perlakuan Penyiraman Konsentrasi CaCl_2 .

Perlakuan penyiraman CaCl_2 tidak memiliki pengaruh nyata pada kandungan vitamin C. Hal ini diduga perlakuan penyiraman CaCl_2 dan suhu penyimpanan tidak memberi pengaruh pada kandungan vitamin C. Hal ini sesuai dengan pendapat AL-Malikshah (2019) yang menyatakan bahwa pemberian CaCl_2 tetap memberikan penurunan signifikan terhadap presentase asam karbonat, keasaman, dan pigmen karoten.

Perlakuan penyiraman CaCl_2 tidak memiliki pengaruh nyata pada kandungan klorofil. Hal ini diduga pemberian konsentrasi penyiraman CaCl_2 memiliki pengaruh yang sama terhadap kandungan klorofil pada *microgreen wheatgrass*. Pemberian konsentrasi CaCl_2 0% dan 3% memberikan klorofil lebih banyak dari pada perlakuan lain. Hal ini sesuai dengan Penelitian Wicaksono *et al.* (2013) menyebutkan bahwa penambahan kalsium klorida dan asam salisilat pada konsentrasi tertentu dapat meningkatkan jumlah klorofil.

Perlakuan penyiraman CaCl_2 tidak memiliki pengaruh nyata pada total padatan terlarut. Hal ini diduga penggunaan klor (Cl) tidak menghambat proses metabolisme sehingga proses respirasi masih berjalan secara normal. Hal ini sesuai dengan pendapat Desai & Park (2005) di dalam Arsana *et al.* (2022) penggunaan air kran, klor, electrolyzed water tidak dapat menghambat proses metabolisme sehingga tanaman dapat melakukan proses respirasi dengan normal.

KESIMPULAN

Perlakuan konsentrasi penyiraman CaCl_2 berpengaruh nyata terhadap variabel pertumbuhan dan hasil tanaman. Perlakuan konsentrasi penyiraman CaCl_2 berpengaruh terhadap parameter bobot segar tunas (38,953 gram), serta parameter bobot kering tunas (12,567), tetapi tidak terdapat pengaruh pada variabel dan parameter lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- AL- Malikshah, Z. R. J. 2019. Influence of CaCl_2 , mellow-falcs and yeast on some characteristics of vegetative and fruits of local pear trees. *Plant Archives*, 19(2), 2454–2458.
- Arsana, D. A., Sukewijaya, I. M., & Sugiarta, A. A. G. 2022. Pengaruh larutan klorin dan kemasan plastic film terhadap perubahan fisiko-kimia tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) selama penyimpanan. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika ISSN*, 2301, 6515.
- Aryandhita, M. I., & Kastono, D. 2021. Pengaruh pupuk kalsium dan kalium terhadap pertumbuhan dan kualitas hasil sawi hijau (*Brassica rapa* L.). *Vegetalika*, 10(2), 107.
- Desai, K. G. H., & Park, H. J. 2005. Encapsulation of vitamin C in tripolyphosphate cross-linked chitosan microspheres by spray drying. *Journal of Microencapsulation*, 22(2), 179–192.
- Febriani, V., Nasrika, E., Munasari, T., Permatasari, Y., & Widiatningrum, T. 2019. analisis produksi *microgreens* brassica oleracea berinovasi urban gardening untuk peningkatan mutu pangan nasional. *Journal of Creativity Student*, 2(2), 58–66.
- Hasmeda, M., Sari, I., Munandar, M., Ammar, M., & Gustiar, F. 2021. Respon pertumbuhan dan hasil pada tanaman bayam (*Amaranthus* sp) terhadap biofortifikasi unsur hara kalsium (Ca) dan besi (Fe) dengan sistem hidroponik DFT (*Deep Flow Technique*). *Sustainable Urban Farming Guna Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat Di Era Pandemi*, cm, 721–733.
- Huda, Mizanul, Linda Advinda, E. Y. 2017. Respon pertumbuhan tanaman rumput gandum (*Triticum aestivum* L.) pada berbagai konsesntrasi nutrisi larutan hidroponik. *Journal Biosains*, 1, 106–113.
- Ianah, D. (2022). Pengaruh Perendaman Benih Pra Tanam dengan Berbagai Konsentrasi CaCl_2 dan Penyirama Beberapa Jenis Air terhadap Pertumbuhan, Hasil dan Kualitas Microgreen Peashoot (*Pisum sativum* L.).
- Kamalia, S., Dewanti, P., & Soedradjad, R. 2017. Teknologi hidroponik sistem sumbu pada produksi selada lollo rossa (*Lactuca sativa* L.) dengan

- penambahan CaCl_2 sebagai nutrisi hidroponik. *Jurnal Agroteknologi*, 11(1), 96.
- Lu, Y., Dong, W., Alcazar, J., Yang, T., Luo, Y., Wang, Q., & Chen, P. 2018. Effect of preharvest CaCl_2 spray and postharvest UV-B radiation on storage quality of broccoli *microgreens*, a richer source of glucosinolates. *Journal of Food Composition and Analysis*, 67(September 2017), 55–62.
- Marheny. L. 2017. Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Terhadap. *Prosiding Sentrinov 2017*, 3, 209–220.
- Maulidiyah, I., Lestari, M. W., & Mardiyani, S. A. (2022). Pengaruh Aplikasi Perendaman Berbagai Jenis Media Tanam dengan Beberapa Pupuk Cair Terhadap Kualitas dan Tingkat Kesukaan Konsumen *Microgreen Wheatgrass* (*Triticum aestivum* L.). *Folium : Jurnal Ilmu Pertanian*, 6(2), 118.
- MS, A. P., Mutakin, J., & Nafia'ah, H. H. 2021. Pengaruh berbagai konsentrasi pupuk organik cair (POC) azolla pinnata dan jarak tanam terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.). *JAGROS : Jurnal Agroteknologi Dan Sains (Journal of Agrotechnology Science)*, 6(1), 65.
- Muslikah, S., Sunawan, Zamarudah, Z., & Mardiyani, S. A. 2022. Peningkatan kualitas tanaman kenikir melalui aplikasi kalsium klorida CaCl_2 dan ragam teknik budidaya. *J. Folium*, 6(1), 48–57.
- Pratiwi, H., Sari, K. P., & Kuntastyuti, H. 2020. Pengaruh pemupukan kalsium dan varietas terhadap pertumbuhan, hasil, dan ketahanan hama kacang tanah. *Prosiding Seminar Nasional ...*, 4(1), 615–621.
- Purba, T., Situmeang, R., & Rohman, H. F. 2021. Pemupukan dan Teknologi Pemupukan. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Purwaningrahyu, R. D. 2016. Karakter Morfofisiologi dan Agronomi Kedelai Toleran Salinitas. *Iptek Tanaman Pangan*, 11(1), 35–48.
- Wicaksono, F. Y., Irwan, A. W., Wahyudin, A., & Setianingrum, L. W. 2015. Pertumbuhan dan hasil gandum (*Triticum aestivum* L.) yang diberi asam salisilat dan kalsium klorida dengan selang waktu yang berbeda di dataran medium Jatinangor. *Kultivasi*, 14(2), 29–35.
- Yan, Z., Shi, J., Gao, L., Wang, Q., & Zuo, J. 2020. The combined treatment of broccoli florets with kojic acid and calcium chloride maintains post-harvest quality and inhibits off-odor production. *Scientia Horticulturae*, 262(August 2019), 109019.