

Pertumbuhan Luas Daun dan Kandungan Klorofil Pakcoy (*Brassica rapa* L.) pada Media *Soilless Culture System* (SCS) yang Diberi Kompos Bromelain dengan Induksi Inokulum *Aspergillus* sp.

NABELA HARFIANI^{1*}, BAMBANG IRAWAN^{1**}, MAHFUT¹, ENDANG NURCAHYANI¹

¹Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, Bandar Lampung

Diterima: 3 Maret 2024 - Disetujui: 22 September 2024
© 2024 Jurusan Biologi FMIPA Universitas Cenderawasih

ABSTRACT

The impact of drought on agricultural production is currently a major problem. Efforts to increase agricultural productivity are with modern agricultural systems that are efficient in the use of water, such as *Soilless Culture System* (SCS). This study was intended to identify the effectiveness and optimal dose of SCS planting media with the addition of bromelain compost induced by *Aspergillus* sp. to increase the growth of pakcoy (*Brassica rapa* L.) plants. This study used a completely randomized design method involving 4 SCS media treatments. The treatments applied involved the use of SCS media consisting of husks, vermicompost, and compost in the ratio of 3:2:1. Each treatment was differentiated by the addition of bromelain compost, namely P0= control (soil), P1= 3:2:1:2, P2= 3:2:1:3, and P3= 3:2:1:4, which had also been enriched with 1% *Aspergillus* sp. fungal inoculum. This study was conducted using 6 replications and involved 24 polybags with a volume of 1 kg/polybag. Parameters measured included leaf area and chlorophyll content. The findings of this study showed that bromelain compost induced by *Aspergillus* sp. inoculum had a significant impact on leaf area and leaf chlorophyll. The best result was P3 (3:2:1:4) treatment of 400 g/polybag which was better than other treatments on leaf area and leaf chlorophyll parameters.

Key words: *Aspergillus* sp.; compost; pakcoy; *Soilless Culture System* (SCS); growing media.

PENDAHULUAN

Dampak dari kekeringan yang terjadi saat ini dapat merugikan produksi pertanian yang mempengaruhi kualitas, kuantitas, dan kesehatan hasil tanaman. Peningkatan produktivitas dan kualitas produk pertanian perlu dilakukan, salah satunya dengan penerapan sistem budidaya modern seperti *Soilless Culture System* (SCS) dan hidroponik (Putra & Yulianto, 2015). SCS lebih efisien daripada hidroponik, terutama dalam kondisi kekeringan, karena meminimalisir

penggunaan air dalam proses budidaya (Aji & Widyawati, 2019). SCS merupakan metode budidaya tanaman tanpa menggunakan tanah sebagai media pertumbuhan (Savvas *et al.*, 2013). SCS efisien dalam penggunaan air, cocok untuk kondisi kekeringan, dan dapat menjadi alternatif untuk tanah yang tidak subur. SCS juga dapat mengurangi risiko penularan penyakit dari tanah ke tanaman, karena tidak melibatkan tanah sebagai media pertumbuhan (Aji & Widyawati, 2019). SCS mampu menjadi alternatif pada lahan terbatas dengan membudidayakannya di rumah kaca untuk meningkatkan pertumbuhan pakcoy. Kelebihan lain SCS terletak pada sifat heterogen media yang menggunakan beberapa bahan organik (Savvas & Gruda, 2018) dan mengurangi risiko penyakit yang dapat menghambat

* *Alamat korespondensi:*

Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Lampung. Jl. Prof. Soemantri Brodjonegoro, No 1, Bandar Lampung 35145.
E-mail: nabelaharfiani@gmail.com;
bambang.irawan@fmipa.unila.ac.id

pertumbuhan tanaman. Namun, kekurangan SCS memerlukan biaya tinggi dan tenaga kerja dengan keterampilan khusus (Savvas *et al.*, 2013).

Inovasi dalam pengembangan teknologi pengomposan dapat menjadi alternatif untuk menanggulangi masalah sampah dan berpotensi meningkatkan kesuburan tanaman (Irawan *et al.*, 2019). Limbah nanas dapat dimanfaatkan untuk membuat kompos padat dengan menggunakan serat bromelain (Haura *et al.*, 2021). Modifikasi metode Haura *et al.* (2021) menunjukkan bahwa penerapan serat bromelain dalam kompos padat dengan dosis optimal 2% (200 g) efektif dalam meningkatkan laju pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun. Kompos yang berasal dari limbah pertanian diuraikan oleh fungi selulolitik dan diubah menjadi kompos kaya akan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman untuk pertumbuhan dan perkembangan (Septitasari *et al.*, 2021). Salah satu fungi yang memiliki kemampuan selulolitik adalah *Aspergillus* sp. Pengomposan yang diinduksi oleh inokulum fungi dapat mempercepat proses degradasi bahan organik menjadi nutrisi, yang kemudian meningkatkan tingkat kesuburan tanaman (Irawan *et al.*, 2019).

Masyarakat Indonesia aktif mengonsumsi sayuran, dan salah satu yang paling diminati adalah pakcoy. Pakcoy sangat diminati karena kandungan nutrisinya tinggi, seperti vitamin dan mineral, yang dapat menjaga tubuh tetap sehat dan melindungi dari risiko penyakit (Damayanti *et al.*, 2019). Permintaan pakcoy di pasar Indonesia terus meningkat dari tahun ke tahun. Data dari Badan Pusat Statistik menunjukkan peningkatan produksi pakcoy dari tahun 2019 hingga 2021 (Badan Pusat Statistik, 2021). Meskipun demikian, produksi pakcoy menghadapi tantangan akibat keterbatasan lahan dan semakin terbatasnya media tanam. Hal ini memberikan dampak negatif pada pertumbuhan yang tidak optimal dan mengakibatkan penurunan kualitas produksi (Damayanti *et al.*, 2019).

Budidaya pakcoy melalui metode SCS di rumah kaca mengalami perkembangan pesat dan meraih popularitas tinggi di pasar modern, dengan nilai jual yang tinggi. Penggunaan bahan organik merupakan solusi terhadap tanah yang

kurang subur (Damayanti *et al.*, 2019). Salah satu jenis bahan organik yang dapat dimanfaatkan dalam penelitian ini adalah serat bromelain yang diinduksi jamur selulolitik *Aspergillus* sp. Tujuan dari pengomposan serat bromelain yang diinduksi jamur selulolitik *Aspergillus* sp. adalah untuk mempercepat proses dekomposisi. Pada akhirnya dapat merangsang mikroba lain untuk membantu dalam proses dekomposisi, dan meningkatkan ketersediaan unsur hara yang bermanfaat bagi tanaman. Berdasarkan konsep ini, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengevaluasi apakah kombinasi media SCS yang terdiri dari sekam, vermikompos, kompos, dan penambahan kompos serat bromelain dapat meningkatkan pertumbuhan pakcoy.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan September 2023 hingga Januari 2024. Kegiatan penelitian berlangsung di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Lampung, *Rooftop* Kost di Bandar Lampung, dan Laboratorium Botani, Jurusan Biologi, FMIPA Universitas Lampung.

Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan erlenmeyer, cawan petri, tabung reaksi, botol gepeng, bunsen, neraca analitik, *laminar air flow*, *autoclave*, inkubator, jarum ose, *hot plate* dan *magnetic stirrer*, gelas beaker, keranjang sampah, oven, gayung, ember, batang pengaduk, dan gelas ukur. Sementara itu, bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi isolat jamur *Aspergillus* sp. (BIOGGP 3) (koleksi Prof. Dr. Bambang Irawan, M.Sc.), varietas pakcoy nauli F1, kentang, dekstroza, agar, jagung, aquades, CaSO_4 4%, CaCO_3 2%, kloramfenikol 100 mg, alkohol 70%, spiritus, serat bromelain kering (sumber dari PT. Great Giant Pineapple), kotoran sapi, polybag, tanah, kompos, vermikompos, sekam, serta kardus dan koran.

Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan di antaranya pembuatan media PDA untuk peremajaan isolat fungi *Aspergillus* sp. (BIOGGP 3) dan diinkubasi selama 7 hari. Setelah itu, dilakukan pembuatan inokulum *Aspergillus* sp. dengan modifikasi metode Giand *et al.* (2009) yaitu dengan menimbang 60 g jagung yang dimasukan ke dalam botol gepeng steril setelah itu ditambahkan larutan CaCO_3 dan CaSO_4 sebanyak 13 ml, dan diinokulasikan 1 ose isolat *Aspergillus* sp. setelah itu diinkubasi selama 14 hari.

Pengaplikasian inokulum fungi *Aspergillus* sp. pada serat bromelain berdasarkan modifikasi Ustuner *et al.* (2009) yaitu 1 kg serat bromelain + 0,5 kg kotoran sapi dan 1% inokulum (15 g) pengomposan dengan menggunakan metode *Takakura Home Method* yaitu memasukan 1 kg serat bromelain dan 0,5 kg kotoran sapi ke dalam keranjang sampah yang telah dilapisi kardus secara berlapis-lapis. Kemudian memasukan 15 g inokulum *Aspergillus* sp ke dalam keranjang yang berisi campuran serat bromelain dan kotoran sapi secara berlapis-lapis serta dibasahi dengan air. Setelah itu ditutup dengan koran. Setiap 5 hari sekali kompos dibalik agar tidak ada air yang mengendap di bagian bawah kompos. Kompos dinyatakan matang setelah 40 hari.

Pembuatan media tanam SCS berdasarkan modifikasi hasil praktik kerja lapangan di PT. Great Giant Pineapple yang terdiri dari sekam, vermikompos, kompos dengan perbandingan 3:2:1. Penambahan kompos bromelain berdasarkan modifikasi Haura *et al.* (2021) yaitu P0 (tanah; kontrol), P1 dengan perbandingan 3:2:1:2, P2 dengan perbandingan 3:2:1:3, P3 dengan perbandingan 3:2:1:4.

Penyemaian pakcoy dilakukan menggunakan media kompos dan vermikompos dengan perbandingan 2:1. Setelah 14 hari dilakukan pindah tanam ke dalam polybag yang berisi media tanam SCS dengan penambahan kompos bromelain. Setelah itu dilakukan penyiraman tanaman setiap hari pada pagi dan sore hari (Damayanti *et al.*, 2019).

Parameter yang diukur pada penelitian ini yaitu luas daun dan kandungan klorofil daun. Pengukuran luas daun menggunakan modifikasi metode Munar *et al.* (2018) yaitu dengan mengukur panjang dan lebar daun kemudian dimasukan ke dalam rumus $p \times l \times k$ (konstanta) dengan nilai konstanta 0,6825. Pengukuran luas daun dilakukan pada pakcoy umur 7, 14, 21, 28 dan 35 hari setelah tanam (HST).

Pengukuran parameter kandungan klorofil daun dilakukan pada tanaman pakcoy berumur 35 HST menggunakan modifikasi metode Huda *et al.* (2021), dengan cara menimbang 0,1 g daun pakcoy kemudian dihaluskan menggunakan mortar dan alu. Selanjutnya dilarutkan dengan menggunakan ethanol 96% dan disaring menggunakan kertas saring. Setelah itu dimasukan ke dalam tabung falkon dan ditutup. Kemudian diambil 1 ml larutan sampel dan 1 ml larutan standar (ethanol 96%) kemudian dimasukan ke dalam kuvet. Selanjutnya dilakukan pembacaan hasil menggunakan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 648 dan 664 nm.

Untuk penghitungan kandungan klorofil dilakukan berdasarkan Agustrina *et al.* (2019):

$$\text{Klorofil a} = (13,36 \times \lambda 664) - (5,19 \times \lambda 648) \quad (V / W \times 1000)$$

$$\text{Klorofil b} = (27,43 \times \lambda 648) - (8,12 \times \lambda 664) \quad (V / W \times 1000)$$

$$\text{Klorofil total} = 5,24 (\lambda 664) + 22,24 (\lambda 648) \quad (V / W \times 1000)$$

Dimana:

$\lambda 664$ = nilai absorbansi pada panjang gelombang 664 nm

$\lambda 648$ = nilai absorbansi pada panjang gelombang 648 nm

V = volume ethanol

W = berat daun yang diekstrak

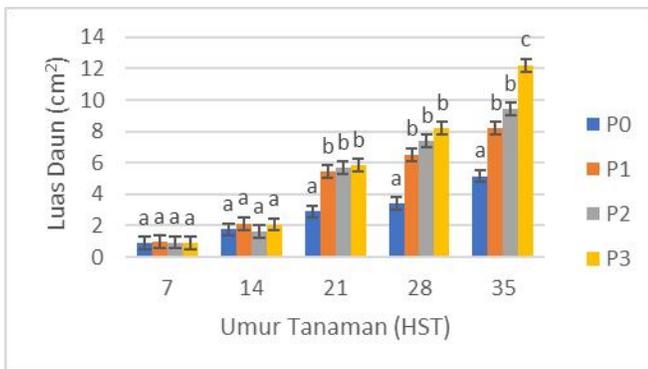
Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini menggunakan *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) dengan metode *Analysis of Variance* (ANOVA). Apabila terdapat beda nyata dilanjutkan dengan Uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) $\alpha = 5\%$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan Luas Daun

Berdasarkan analisis varians (ANOVA), diketahui bahwa penggunaan media SCS dengan penambahan serat bromelain yang diinduksi oleh jamur selulotik *Aspergillus* sp. memberikan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan tanaman pakcoy pada minggu ketiga, keempat, dan kelima. Namun, pada minggu pertama dan kedua, tidak terdapat pengaruh signifikan pada pertumbuhan pakcoy. Hasil terbaik pertumbuhan pakcoy pada media SCS dengan penambahan serat bromelain yang diinduksi oleh *Aspergillus* sp. dalam hal luas daun terjadi pada perlakuan P3, di mana rasio komposisinya adalah 3:2:1:4 dengan penambahan 400 g kompos bromelain per polybag (Gambar 1).



Gambar 1. Luas daun tanaman pakcoy pada media SCS dengan penambahan serat bromelain yang diinduksi inokulum *Aspergillus* sp.

Penerapan media SCS dengan penambahan serat bromelain yang diinduksi oleh inokulum jamur selulotik *Aspergillus* sp., khususnya pada perlakuan P3 dengan dosis 400 g/polybag, efektif meningkatkan luas daun tanaman pakcoy. Penambahan kompos serat bromelain terbukti mendukung pertumbuhan tanaman dengan baik, hal tersebut sesuai dengan penelitian Irawan *et al.* (2019). Diketahui bahwa media tanam *Soilless Culture System* (SCS) dengan penambahan serat bromelain terbukti kaya akan unsur hara N, P, dan K yang dibutuhkan oleh tanaman. Kemampuan akar tanaman untuk menyerap unsur hara

nitrogen secara efisien, yang memiliki peran penting dalam pembentukan daun dan berkontribusi pada peningkatan luas daun (Syifa *et al.*, 2020).

Kandungan nitrogen dalam media tanam memainkan peran penting dalam memengaruhi luas daun, karena nitrogen merupakan nutrisi mendasar untuk produksi klorofil dan perkembangan daun secara keseluruhan. Nitrogen meningkatkan ekspansi daun dengan meningkatkan kapasitas fotosintesis, yang mendorong pertumbuhan lebih kuat. Kandungan nitrogen dalam media tanam memiliki pengaruh positif terhadap luas daun tanaman. Hal ini disebabkan oleh peran nitrogen dalam mendukung sintesis protein, yang penting untuk pembelahan dan perluasan sel di daun. Proses ini secara langsung mempengaruhi ukuran daun dan kepadatan klorofil, yang pada akhirnya meningkatkan efisiensi fotosintesis dan mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih baik (Waring *et al.*, 2023).

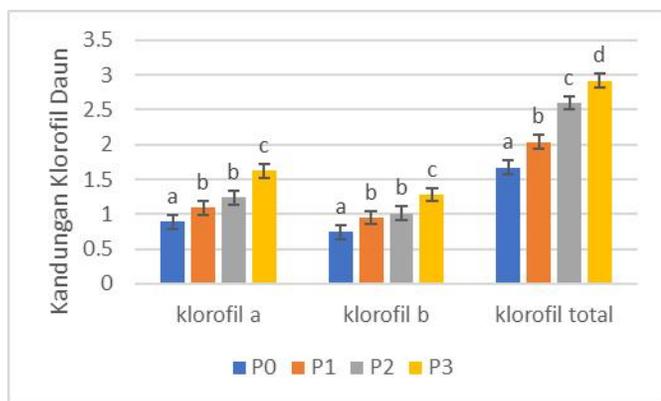
Jika tanaman menyerap jumlah nitrogen yang tinggi, proses konversi karbohidrat menjadi protein, yang dibutuhkan untuk pembentukan dinding sel tanaman akan berlangsung dengan cepat (Syarif, 2015). Penyerapan nitrogen yang tinggi berdampak pada peningkatan luas daun. Tanaman akan meningkatkan laju pertumbuhan daun untuk menangkap sinar matahari secara optimal, serta memastikan bahwa proses fotosintesis di daun berjalan efisien (Puspita *et al.*, 2015).

Luas daun memiliki hubungan langsung dengan kemampuan tanaman dalam menangkap cahaya untuk proses fotosintesis. Semakin besar luas daun, semakin banyak cahaya yang dapat diserap, yang mendukung efisiensi fotosintesis dan pertumbuhan tanaman. Luas daun yang lebih besar dapat memaksimalkan laju fotosintesis karena memiliki lebih banyak kloroplas yang terpapar cahaya (Niinemets & Keenan, 2019). Kondisi lingkungan seperti intensitas cahaya, suhu, dan ketersediaan air mempengaruhi luas daun. Tanaman yang tumbuh di tempat teduh, cenderung memiliki luas daun yang lebih besar dan tipis untuk menangkap cahaya sebanyak

mungkin. Sebaliknya, dalam kondisi cahaya yang berlimpah, tanaman akan menghasilkan daun yang lebih kecil untuk mengurangi evaporasi berlebih (Weraduwege, 2015). Lebih dari itu, luas daun yang optimal dapat membantu tanaman mengatur kehilangan air melalui transpirasi, terutama pada tanaman di daerah dengan intensitas cahaya dan suhu tinggi (Field & Mooney, 2015).

Kandungan Klorofil Daun

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan media SCS dengan penambahan serat bromelain yang diinduksi oleh jamur selulotik *Aspergillus* sp. memiliki dampak signifikan pada tingkat klorofil a, klorofil b, dan total klorofil pada tanaman pakcoy. Hasil terbaik kandungan klorofil a, klorofil b, dan total klorofil tanaman pakcoy terlihat pada perlakuan P3 dengan rasio 3:2:1:4, sebagaimana tergambar dalam grafik batang yang menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya (Gambar 2).



Gambar 2. Kandungan klorofil pada daun tanaman pakcoy pada media SCS dengan penambahan serat bromelain yang diinduksi oleh inokulum *Aspergillus* sp.

Penggunaan media SCS dengan penambahan serat bromelain yang diinduksi oleh inokulum fungi selulotik *Aspergillus* sp., terutama pada perlakuan P3 dengan dosis 400 g/polybag dapat meningkatkan kandungan klorofil a, klorofil b, dan klorofil total tanaman pakcoy secara efektif

dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal ini disebabkan oleh kemampuan tanaman pada perlakuan P3 untuk menyerap unsur N, P, dan K, yang berperan dalam pembentukan klorofil. Dalam proses tersebut, tanaman membutuhkan unsur hara makro, khususnya nitrogen (N). Nitrogen berperan sebagai komponen utama dalam sintesis protein, klorofil, asam nukleat, dan senyawa organik (Sumiyannah & Imam, 2018). Nitrogen sangat penting untuk produksi klorofil, yang secara langsung mempengaruhi fotosintesis dan pertumbuhan tanaman secara keseluruhan. Peningkatan kadar nitrogen meningkatkan sintesis klorofil, yang mampu meningkatkan efisiensi fotosintesis tanaman, menghasilkan luas daun yang lebih besar, biomassa yang lebih tinggi, dan peningkatan hasil panen (Castell *et al.*, 2014). Penelitian Purbajanti & Setyowati (2020) telah menunjukkan bahwa suplai nitrogen dapat meningkatkan konsentrasi klorofil di daun pakcoy yang mampu meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Fosfor (P) diperlukan untuk pembelahan sel, sedangkan kalium (K) berfungsi sebagai aktivator enzim esensial dalam proses fotosintesis dan respirasi (Sadak & Bakry, 2020).

Optimalnya penyerapan unsur hara oleh tanaman, terutama N, P, dan K, mempengaruhi laju pertumbuhan tanaman (Marginingsih *et al.*, 2018). Tingginya kadar nitrogen akan meningkatkan produksi klorofil (Raisyadiaskara *et al.*, 2022), sejalan dengan penelitian Arifiansyah *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa unsur N dan P mempengaruhi pembentukan daun dan berperan dalam pembentukan klorofil dan asam amino. Nitrogen adalah elemen penting dalam sintesis klorofil, karena nitrogen membentuk bagian dari molekul klorofil itu sendiri. Kekurangan nitrogen dapat mengurangi kandungan klorofil, yang menyebabkan klorosis (menguningnya daun) dan kapasitas fotosintesis yang lebih rendah. Sebaliknya, nitrogen yang cukup dapat meningkatkan produksi klorofil, terutama klorofil a dan b yang berperan penting dalam penyerapan panjang gelombang cahaya yang berbeda, sehingga mengoptimalkan fotosintesis di bawah kondisi cahaya yang bervariasi.

Daun memiliki peran penting dalam struktur tanaman karena menjadi tempat utama untuk fotosintesis (Nurjanah *et al.*, 2022). Klorofil adalah pigmen utama dalam proses fotosintesis yang memungkinkan tanaman menyerap cahaya dan mengubahnya menjadi energi untuk pertumbuhan. Klorofil, khususnya klorofil a dan b, memainkan peran penting dalam penyerapan cahaya. Cahaya yang diserap ini digunakan dalam proses fotosintesis untuk menghasilkan gula dan senyawa organik lainnya yang mendukung pertumbuhan dan akumulasi biomassa tanaman (Li *et al.*, 2018). Proses fotosintesis terjadi ketika pigmen klorofil di daun menangkap energi dari sinar matahari dan menggunakan energi tersebut untuk mengubah karbon dioksida dan air menjadi glukosa dan oksigen (Nurjanah *et al.*, 2022). Dengan jumlah klorofil yang lebih banyak, proses fotosintesis akan berjalan lebih efisien, menghasilkan dan menyimpan lebih banyak cadangan makanan (Marginingsih *et al.*, 2018). Sebaliknya, penyerapan nitrogen yang rendah dapat menghambat aktivitas metabolisme, mengganggu proses fotosintesis, dan mengakibatkan hasil fotosintesis yang rendah (Raisyadiaskara *et al.*, 2022).

Faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi kandungan klorofil meliputi ketersediaan nitrogen, dan kondisi lingkungan (seperti: suhu, kelembaban dan kondisi tanah). Nitrogen yang cukup akan mendukung sintesis klorofil dan meningkatkan kapasitas fotosintetik daun. Sebaliknya, kekurangan nitrogen dapat menyebabkan penurunan klorofil yang berujung pada penurunan efisiensi fotosintesis dan gejala klorosis (menguningnya daun) (Wang *et al.*, 2021).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa kombinasi media tanam *Soilless Culture System* (SCS) perlakuan P3 dengan komposisi 3:2:1:4 merupakan dosis terbaik untuk meningkatkan parameter luas daun dan kandungan klorofil tanaman pakcoy.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustrina, R., B. Irawan, dan V. Novitasari. 2019. Pertumbuhan vegetatif tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) dari benih lama yang diinduksi kuat medan magnet 0, 1 mT, 0, 2 mT, dan 0, 3 mT. *Jurnal Biologi Indonesia*. 15(2): 219-225.
- Aji, I.F.T., dan N. Widyawati. 2019. Pengaruh beberapa jenis media tanam terhadap produksi bunga *Petunia grandiflora* (*Petunia grandiflora* Juss.) dalam sistem *Soilless Culture*. *Agrosains: Jurnal Penelitian Agronomi*. 21(2): 25-28.
- Alkobaisy, J.S., E.T.A. Ghani, N.A. Mutlagadn A.S.A. Lafi. 2021. Effect of vermicompost and vermicompost tea on the growth and yield of broccoli and some soil properties. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1(761):1-6.
- Arifiansyah, S., R. Nurjasmil dan R. Ruswadi. 2020. Pengaruh pupuk organik terhadap pertumbuhan dan kandungan klorofil wheatgrass (*Triticum aestivum* L.). *Jurnal Ilmiah Respati*. 11(2): 82-92.
- Castell, A.P., E. Tyystjärvi, J. Atherton, C.V.D. Tol, J.E. Flexas, and Pfündel. 2014. Linking chlorophyll a fluorescence to photosynthesis for remote sensing applications: mechanisms and challenges. *Journal of Experimental Botany*. 65(15): 4065-4095.
- Damayanti, N.S., D.W. Widjajanto, dan S. Sutarno. 2019. Pertumbuhan dan produksi tanaman sawi Pakcoy (*Brassica rapa* L.) akibat dibudidayakan pada berbagai media tanam dan dosis pupuk organik. *Journal of Agro Complex*. 3(3): 142-150.
- Field, C.B., and H.A. Mooney. 2015. Ecophysiological strategies in response to environment: leaf area and biomass distribution. *Journal of Experimental Botany*. 66(12): 3423-3432.
- Gaind, S., L. Nain, and V.B. Patel. 2009. Quality evaluation of co-composted wheat straw, poultry droppings and oil seed cakes. *Biodegradation*. 20: 307-317.
- Haura, J., B. Irawan, B. Farisi, and Yulianty. 2021. Application of bromelain solid compost induced by ligninolitik *Trichoderma* sp. fungus towards number of leaves and chlorophyll content chili plants (*Capsicum annum* L.) *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati (J-BEKH)*. 8(1): 54-60.
- Huda, S.C., B. Irawan, and F. Salman. 2021. Bromelain waste tea compost induced by ligninolytic inoculum of *Trichoderma* sp. on the growth of leaf number and chlorophyll content of chili (*Capsicum annum* L.). *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati (J-BEKH)*. 8(1): 46-53.
- Irawan, B., Z. Zulkifli, T.T. Handayani, and S. Hadi. 2019. Effect of induced compost by cellulolytic (*Aspergillus fumigatus*) and ligninolytic (*Geotrichum* sp.) fungi inoculum application on vegetative growth of red chili (*Capsicum annum* L.). *Journal of Pure and Applied Microbiology*. 13(2): 815-821.
- Li, Y., N. He, J. Hou, L. Xu, C. Liu, J. Zhang, and Q. Wang. 2018. Factors influencing leaf chlorophyll content in

- natural forests at the bome scale. *Frontliners in Ecology and Evolution*. 6: 64.
- Marginingsih, R.S., A.S. Nugroho, dan M.A. Dzakiy. 2018. Pengaruh substitusi pupuk organik cair pada nutrisi AB mix terhadap pertumbuhan caisim (*Brassica juncea* L.) pada hidroponik drip irrigation system. *Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*. 5(1): 44-51.
- Munar, A., I.H. Bangun, dan E. Lubis. 2018. Pertumbuhan sawi pakchoi (*Brassica rapa* L.) pada pemberian pupuk bokashi kulit buah kakao dan POC kulit pisang kepok. *AGRIUM: Jurnal Ilmu Pertanian*. 21(3): 243-253.
- Niinemets, Ü., and T.F. Keenan. 2019. Photosynthetic capacity and its relationship with leaf area and biomass. *Plant Physiology*. 181(3): 913-934.
- Nurjanah, C., A. Rosmala, dan S. Isnaeni. 2022. Pengaruh pupuk kandang ayam dan plant growth promoting *Rhizobacteria* terhadap pertumbuhan, hasil, dan kalitas hasil sawi pagoda. *Jurnal Holtikultura Indonesia*. 13(2): 57-63.
- Purbajanti, E.D., and S. Setyowati. 2020. Organic fertilizer improve the growth, physiological characters and yield of pakchoy. *Agrosains: Jurnal Penelitian Agronomi*. 22(2): 83-87.
- Puspita, P.B., S. Sitawati, dan M. Santoso. 2015. Pengaruh biourine spi dari berbagai dosis N terhadap tanaman kailan (*Brassica oleraceae* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 3(1): 1-8.
- Putra, P.A. and H. Yuliando. 2015. Soilless culture system to support water use efficiency and product quality: A review. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 3: 283-288.
- Raisyadikara, F., B. Irawan, S. Farisi, dan Y. Yulianty. 2022. Pemberian kompos bahan sampah serat bromelain yang diinduksi inokulum fungi selulolitik *Aspergillus* sp. pada pertumbuhan vegetatif cabai (*Capsicum annuum* L.). *Jurnal Biologi Papua*. 14(1): 65-71.
- Sadak, M.S., and B.A. Bakry. 2020. Zinc-oxide and nano ZnO oxide effects on growth, some biochemical aspects, yield quantity, and quality of flax (*Linum uitatissimum* L.) in absence and presence of compost under sandy soil. *Bulletin of the National Research Centre*. 44: 1-12.
- Sarif, P., A. Hadid, dan I. Wahyudi. 2015. Pertumbuhan dan hasil tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) akibat pemberian berbagai dosis pupuk urea. *E- Journal Agrotekbis*. 3(5): 585-591.
- Savvas, D., and N. Gruda. 2018. Application of soilless culture technologies in the modern greenhouse industry- A review. *Eur. J. Hortic. Sci*. 83(5): 280-293.
- Savvas, D., G. Gianquinto, Y. Tuzel, and N. Gruda. 2013. *Soilless culture*. FAO plant production and protection. Paper No. 217: Good Agricultural Practices for Greenhouse Vegetable Crops.
- Septitasari, A.W., B. Irawan, R. Agustrina, E. Nurcahyani, dan S. Wahyuningsih. 2021. Aplikasi teh kompos dan media serbuk kelapa dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.). *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 21(1): 73-77.
- Sumiyannah, S., dan I. Sunkawa. 2019. Pengaruh pemangkasan pucuk dan pupuk nitrogen terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycyne max*. L. Merrill) varietas Anjasmoro. *Jurnal Agrosuagarti*. 6(1): 693-709.
- Syifa, T., S. Isnaeni, dan A. Rosmala. 2020. Pengaruh jenis pupuk anorganik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pagoda (*Brassicae narinosa* L.). *Journal of Applied Agricultural Sciences*. 2(1): 21-33.
- Ustuner, O.S., V. Wininger, H. Gadkar, M. Badani, N. Raviv, S. Dudai, Medina, and Y. Kapulnik. 2009. Evaluation of different compost amendments with an fungal inoculum for optimal growth of chives. *Compost Science and Utilization*. 17(4): 257-265.
- Wang, S., K. Guan, Z. Wang, E.A. Ainsworth, T. Zheng, P.A. Townsend, and K. Li. 2021. Unique contributions of chlorophyll and nitrogen to predict crop photosynthetic capacity from leaf spectroscopy. *Journal of Experimental Botany*. 72(2): 341-354.
- Waring, E.F., E.A. Perkowski, and N.G. Smith. 2023. Soil nitrogen fertilization reduces relative leaf nitrogen allocation to photosynthesis. *Journal of Experimental Botany*. 74(17): 5166-5180.
- Weraduwege, S.M. 2015. The relationship between leaf area growth and biomass accumulation in *Arabidopsis thaliana*. *Frontiers in Plant Science*. 6: 167.