

Pengaruh Aplikasi Kompos dan Asam Humat Terhadap Produktivitas Tanah Pasir dan Pertumbuhan Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.)

Effect of Application of Compost and Humic Acid on Sand Soil Productivity and Growth of Mustard Greens (Brassica juncea L.)

Endang Saptiningsih*, Ikhwan Zain Kurnianto, Sri Widodo Agung Suedy

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Jacob Rais, Tembalang, Semarang 50275

*Email: saptiningsihe@gmail.com

Diterima 6 Mei 2024 / Disetujui 3 Juni 2024

ABSTRAK

Tanah pasir adalah tanah tidak subur dengan retensi air dan hara rendah. Tujuan penelitian untuk mengkaji pengaruh aplikasi kompos dan asam humat terhadap produktivitas tanah pasir serta pertumbuhan dan produktivitas sawi hijau. Penelitian dilakukan secara eksperimental di greenhouse dengan menumbuhkan semai sawi hijau pada tanah pasir yang diberi perlakuan aplikasi pembenah tanah. Terdapat tiga perlakuan yaitu kontrol (P0), aplikasi kompos (P1), dan aplikasi asam humat (P2). Parameter produktivitas pasir yang diukur meliputi: deskripsi konsistensi struktur tanah dan kandungan air kapasitas lapang. Dilakukan pengukuran terhadap persentase peningkatan jumlah akar, panjang akar lateral, bobot kering akar, jumlah daun, luas daun, bobot kering daun dan kandungan pigmen fotosintesis (klorofil a, klorofil b dan karotenoid) untuk mengetahui respon pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Hasil penelitian menunjukkan terdapat perubahan struktur tanah pasir dari struktur lepas menjadi gembur dan lekat setelah aplikasi kompos, dan teguh setelah aplikasi asam humat. Aplikasi kompos dan asam humat menyebabkan peningkatan persentase kadar air kapasitas lapang. Persentase kadar air tanah P1 (52,6%) lebih tinggi dibanding P2 (10,7%) dan P0 (6,4%). Persentase pertumbuhan dan produktivitas tanaman sawi tertinggi terdapat pada P1 diikuti P2 dan P0 yaitu: 3,2%, 2,3%, 1,8% (panjang akar lateral), 59,4%, 47,2%, 33% (bobot kering akar), 21%, 19,6%, 14,5% (luas daun), 28,4%, 24,9%, 24% (bobot kering daun). Penurunan luas daun pada P2 dan P0 diimbangi dengan peningkatan kandungan pigmen fotosintesis untuk optimalisasi penyerapan cahaya. Secara umum aplikasi kompos dan asam humat dapat memperbaiki struktur tanah pasir. Aplikasi kompos lebih efektif meningkatkan retensi air dan pertumbuhan serta produktivitas tanaman herbaceous sawi hijau pada tanah pasir.

Kata kunci : Asam humat, retensi air , struktur tanah, tanah pasir, kompos

ABSTRACT

Sandy soil is inherently infertile and has low water and nutrient retention capabilities. This study aims to evaluate the impact of compost and humic acid application on the productivity of sandy soil and the growth and productivity of mustard plants. The research was conducted experimentally in a greenhouse, where mustard seedlings were grown in sandy soil treated with soil amendments. Three treatments were employed: control (P0), compost application (P1), and humic acid application (P2). Soil productivity parameters measured included soil structure consistency and field capacity water content. Growth and productivity responses of the plants were assessed by measuring the percentage increase in root mass, lateral root length, root dry weight, number of leaves, leaf area, leaf dry weight, and photosynthetic pigment content (chlorophyll a, chlorophyll b, and carotenoids). Results indicated that the soil structure of sandy soil changed from loose to crumbly and cohesive after compost application and to firm after humic acid application. Both compost and humic acid applications led to increased field capacity water content, with P1 showing a higher moisture percentage (52.6%) compared to P2 (10.7%) and P0 (6.4%). The highest growth and productivity percentages in mustard plants were observed in P1, followed by P2 and P0, respectively: 3.2%, 2.3%, 1.8% (lateral root length), 59.4%, 47.2%, 33% (root dry weight), 21%, 19.6%, 14.5% (leaf area), and 28.4%, 24.9%, 24% (leaf

dry weight). It increased photosynthetic pigment content to optimize light absorption and compensated for decreased leaf area in P2 and P0. Overall, applying compost and humic acid improved the structure of sandy soil, with compost being more effective in enhancing water retention and the growth and productivity of mustard plants on sandy soil.

Keywords: Humic acid, water retention, soil structure, sandy soil, compost

PENDAHULUAN

Tanah berpasir merupakan tanah yang memiliki tekstur kasar dan kandungan bahan organik rendah. Kondisi ini mengakibatkan kapasitas retensi air dan hara rendah. Tanah tersebut pada dasarnya tidak subur, sehingga sulit untuk mempertahankan pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Untuk mengatasi permasalahan ini, bahan tambahan seperti kompos dan asam humat biasanya diaplikasikan untuk meningkatkan produktivitas tanah pasir. Kompos adalah bahan organik dari dekomposisi tumbuhan dan hewan yang dapat meningkatkan retensi air dan memfasilitasi penyerapan unsur hara dengan membentuk agregat tanah. Asam humat adalah koloid organik hasil dekomposisi materi organik. Sebagai salah satu bahan amandemen yang dikenal juga karena kemampuannya dalam menyusun struktur dan meningkatkan kesuburan tanah melalui daya menahan air dan unsur hara ((Jayanudin et al., 2022; Shaltout et al., 2022)).

Masalah utama pada tanah berpasir adalah drainase yang cepat dan retensi air serta unsur hara yang terlarut didalamnya terbatas, sehingga menghambat pertumbuhan tanaman yang rentan terhadap air seperti sawi hijau (*B. juncea*). Penelitian ini berfokus pada penentuan efektivitas kompos dan asam humat dalam memperbaiki sifat fisik tanah berpasir, sehingga meningkatkan produktivitas dan daya dukungnya terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Hipotesis dalam penelitian ini menyatakan bahwa perubahan struktur tanah pasir akan meningkatkan kemampuan retensi air sehingga meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Budiyanto, 2020; Jayanudin et al., 2022)

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa penerapan bahan organik seperti kompos dapat secara signifikan meningkatkan kapasitas menahan air dan kandungan hara pada tanah berpasir. Kompos tidak hanya berfungsi untuk

meningkatkan retensi kelembaban tetapi juga untuk meningkatkan aktivitas mikroba dan siklus hara di dalam tanah. Hal ini menghasilkan peningkatan struktur dan kesuburan tanah, yang sangat penting untuk mendukung pertumbuhan tanaman (Fibrianty et al., 2022; Daldoum & Ameri, 2023). Di sisi lain, asam humat telah terbukti memfasilitasi pembentukan agregat tanah dan meningkatkan penyerapan unsur hara oleh tanaman, sehingga berperan penting dalam meningkatkan produktivitas tanah berpasir secara keseluruhan (El-Nahas et al., 2022; Stone et al., 2024)

Meskipun manfaat kompos dan asam humat telah terdokumentasi dengan baik, masih terdapat kesenjangan dalam memahami efektivitas komparatif penggunaan kompos dan asam humat terhadap perbaikan struktur tanah pasir dan kemampuan terhadap penyerapan air serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman. Selain itu, masih kurangnya studi komprehensif yang mengukur dampak perubahan tersebut terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman tertentu seperti *B. juncea* di tanah berpasir, yang akan dikaji dalam penelitian ini.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian kompos dan asam humat terhadap produktivitas tanah berpasir serta pertumbuhan dan produktivitas tanaman sawi hijau. Penelitian ini secara khusus akan mengkaji bagaimana aplikasi kompos dan asam humat tersebut mempengaruhi pembentukan struktur tanah, kemampuan penyerapan air, serta pertumbuhan tanaman. Dengan menggunakan desain eksperimen terkontrol, penelitian ini berupaya untuk mengisi kesenjangan pengetahuan yang ada mengenai optimalisasi strategi perbaikan tanah berpasir, khususnya dalam budidaya sawi hijau. Ruang lingkupnya mencakup respons tanah dan tanaman pada perlakuan kompos dan asam humat yang bertujuan untuk mengembangkan

rekomendasi praktis budidaya sawi hijau di lingkungan tanah berpasir.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Bahan Penelitian

Penelitian dilakukan secara eksperimental di greenhouse yang berlokasi di Desa Sekebrok, Ungaran Timur, Semarang dan Laboratorium Struktur dan Fungsi Tumbuhan, Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang. Bahan penelitian yang digunakan yaitu: benih sawi hijau (*Brassica juncea* L.), tanah pasir Muntilan, pupuk kompos dan asam humat.

Penyiapan Semai Sawi Hijau dan Penanaman di Media Perlakuan

Dipilih benih sawi hijau kemudian dikecambahkan. Selanjutnya dipilih benih yang berkecambah dengan baik dan ditanam pada polibag yang berisi media semai campuran pasir dan kompos (1:1/v:v). Setelah semai berdaun 4-5 helai, selanjutnya dipindah ke pot perlakuan. Pot perlakuan terdiri dari: pasir (P0), campuran pasir dan kompos (1:1/v:v) (P1), serta campuran pasir dan asam humat (500:1/w:w). Penyiraman semai atau tanaman sawi dilakukan setiap hari menggunakan volume air dibawah kapasitas lapang yaitu sekitar 50 ml/pot. Pemupukan dilakukan setiap 2 minggu menggunakan pupuk Grow-More 32-10-10 dengan konsentrasi 2g/L dan volume 50 ml/pot.

Pengukuran Variabel Penelitian

Penelitian diakhiri setelah tanaman memasuki fase vegetatif akhir (47 Hari Setelah Tanam/HST). Pengukuran variabel penelitian dilakukan pada fase vegetatif awal (27 HST) dan fase vegetatif akhir (47 HST). Pengukuran parameter pertumbuhan dan produktivitas tanaman meliputi: persentase peningkatan jumlah akar, panjang akar lateral, bobot kering akar, jumlah daun, luas daun, bobot kering daun dan kandungan pigmen fotosintesis (klorofil a, klorofil b dan karotenoid). Pengukuran persentase peningkatan pertumbuhan dan produktivitas tanaman menggunakan rumus:

$$P = \frac{N_{akhir} - N_{awal}}{N_{awal}} 100\%$$

P : persentase peningkatan pertumbuhan atau produktivitas

N awal : nilai pertumbuhan/produktivitas awal pada 27 HST

N akhir : nilai pertumbuhan/produktivitas akhir pada 47 HST

Pengukuran kandungan pigmen fotosintesis berdasarkan Wellburn (1994) dan Saptiningsih et al. (2023). Pengukuran produktivitas tanah pada masing-masing perlakuan meliputi: deskripsi konsistensi tanah dan persentase kadar air kapasitas lapang berdasarkan Roni dkk. (2015).

Desain Penelitian dan Analisis Data

Penelitian eksperimental ini menggunakan Rancangan Acak lengkap (RAL) dengan satu faktor yaitu perlakuan bahan organik (kompos dan asam humat). Data yang dihasilkan dianalisis dengan *One-Way Anava* dan Uji LSD taraf signifikansi 5% ($P < 0,05$). Program SPSS 16.0 dan Excell 2010 for Windows digunakan untuk keseluruhan analisis statistik.

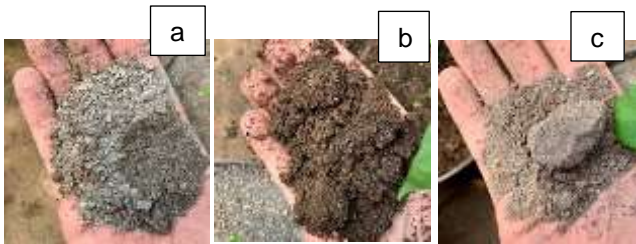
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi perubahan konsistensi tanah pasir setelah aplikasi kompos dan asam humat (Tabel 1). Konsistensi tanah pasir cenderung menjadi lekat, plastis, teguh dan gembur, serta membentuk agregat yang lunak hingga keras setelah pemberian kompos dan asam humat (Gambar 1).

Pemberian kompos dan asam humat meningkatkan secara signifikan kemampuan tanah pasir dalam menyerap air (Gambar 2). Persentase kadar air tertinggi yang mampu dijerap terdapat pada campuran pasir dan kompos sebesar 52,6% diikuti oleh campuran pasir dan asam humat sebesar 10,7%. Sementara media pasir tanpa aplikasi kompos dan asam humat mempunyai kemampuan terendah dalam menyerap air yaitu sebesar 6,4%.

Tabel 1. Deskripsi Konsistensi Tanah

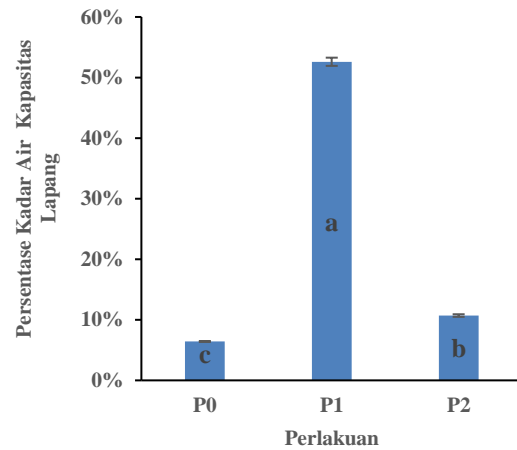
Perlakuan	Konsistensi Tanah			
	Kondisi Basah		Kondisi Lembab	Kondisi Kering
	Kelekatan	Plastisitas		
P0 (Kontrol)	Agak Lekat	Tidak Plastis	Lepas	Lepas
P1 (Kompos)	Lekat	Plastis	Gembur	Lunak
P2 (Asam Humat)	Agak Lekat	Agak Plastis	Teguh	Keras



Gambar 1. Konsistensi Tanah Pada Kondisi Lembab. (a).Tanah pasir perlakuan kontrol (P0), (b) campuran pasir dan kompos (P1), serta (c) campuran pasir dan asam humat (P2).

Pemberian kompos mampu mengisi ruang antar partikel-partikel pasir sehingga meningkatkan pembentukan pori-pori sedang. Hal ini akan menurunkan laju drainase dan meningkatkan retensi air pada tanah pasir. Peningkatan retensi air juga disebabkan oleh materi organik yang belum mengalami dekomposisi sempurna dan bersifat absorben air tinggi seperti karbohidrat. Proses dekomposisi kompos juga meningkatkan matriks ekstraseluler oleh mikrobia yang akan mempengaruhi pembentukan agregat tanah pasir dan meningkatkan retensi air. Selain itu, asam humat yang dihasilkan dari dekomposisi kompos mengikat molekul air melalui gugus fungsionalnya. Berbagai gugus fungsional tersebut mempunyai sifat hidrofilik sehingga mampu meningkatkan kemampuan retensi air pada asam humat (Guo *et al.*, 2019). Gugus fungsional tersebut antara lain: fenol, asam karboksilat, quinon, enolik dan ether. Penelitian oleh Esmaeil *et al.* (2021), melaporkan bahwa pemberian kompos meningkatkan pembentukan agregat tanah, ketersediaan air dan kelembaban tanah dibandingkan kontrol. Adugna (2016), melaporkan bahwa pemberian kompos dari 30 t/a hingga 120 t/a mampu meningkatkan kelembaban tanah dari 25% hingga 32% selama

periode musim kering. Głab *et al.* (2020), juga melaporkan bahwa pemberian kompos dari jerami jagung mampu meningkatkan volume pori dan kandungan air tersedia pada tanah dengan tekstur liat berpasir.

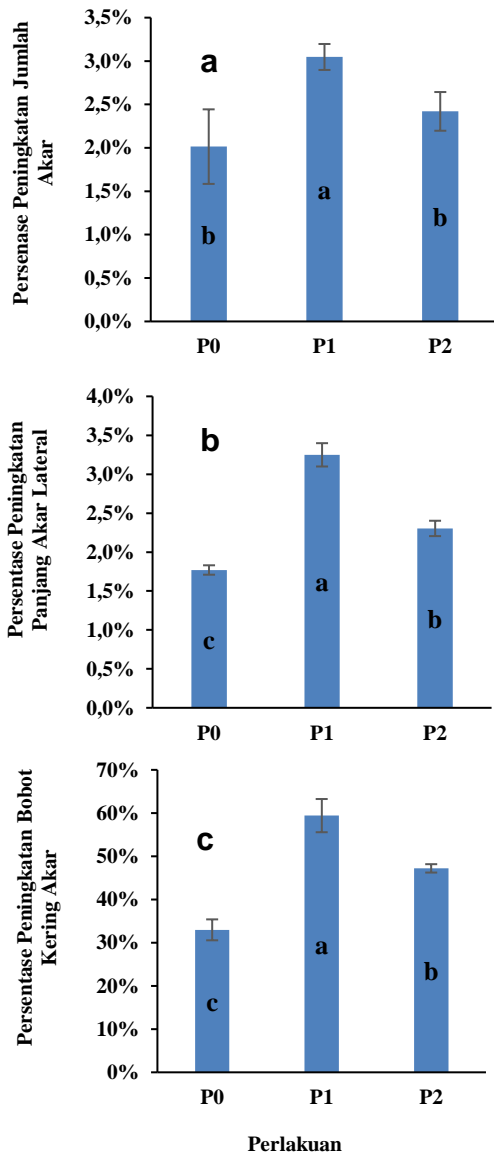


Gambar 2. Persentase kadar air kondisi kapasitas lapang pada tanah pasir (P0), campuran pasir dan kompos (P1), serta campuran pasir dan asam humat (P3). Data adalah mean \pm SE (n = 5). Huruf yang berbeda pada histogram menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$) diantara rerata data.

Sementara aplikasi asam humat murni akan merekatkan partikel-partikel tanah melalui gugus fungsional sehingga membantu pembentukan agregat pada tanah berpasir. Pembentukan agregat ini membantu kemampuan retensi air pada tanah pasir. Pemberian asam humat murni juga mempengaruhi retensi air melalui ikatan gugus fungsional dengan molekul-molekul air (El-sayed *et al.*, 2018), namun kapasitas retensi air tersebut masih lebih rendah dibandingkan dengan aplikasi kompos pada tanah pasir. Zhou *et al.* (2019) melaporkan bahwa pemberian asam humat sebesar 30 Mg ha⁻¹ di lahan berpasir mampu membentuk makroagregat dan meningkatkan kandungan air pada lapisan atas tanah. Penelitian tersebut mendukung penelitian aplikasi asam humat pada tanah pasir saat ini.

Pembentukan agregat dan struktur tanah akan meningkatkan volume pori sedang dan pori mikro pada tanah pasir. Peningkatan volume pori akan meningkatkan kemampuan retensi air atau

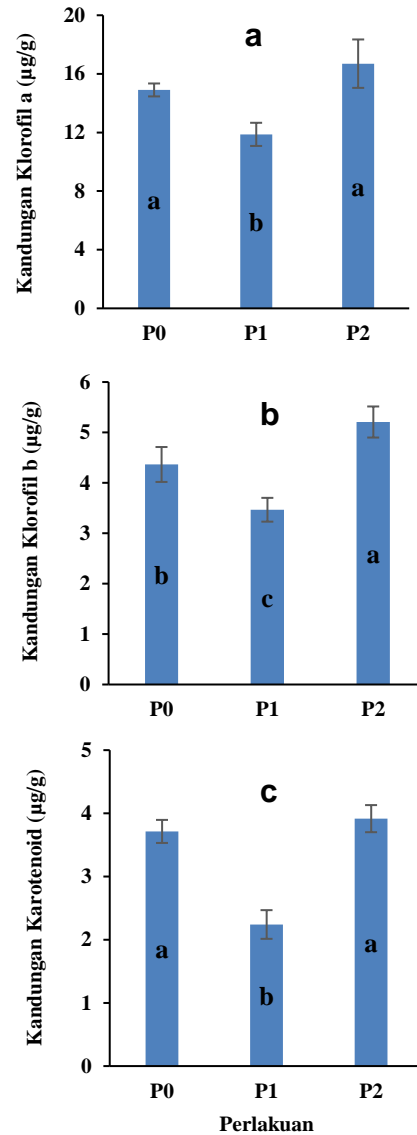
kemampuan tanah pasir dalam menyerab air. Hal ini juga didukung oleh Siedt et al. (2021), bahwa pemberian kompos dan materi humat akan memperbaiki struktur tanah, menstabilkan agregat, meningkatkan volume dan kestabilan pori tanah sehingga meningkatkan infiltrasi dan retensi air.



Gambar 3. Pertumbuhan dan Produktivitas Akar. Persentase peningkatan jumlah akar (a), panjang akar lateral (b), dan bobot kering akar (c). Data adalah mean \pm SE (n = 3). Huruf yang berbeda pada histogram menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$) diantara rerata data.

Aplikasi kompos dan asam humat pada tanah pasir secara signifikan ($P < 0,05$) meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas akar

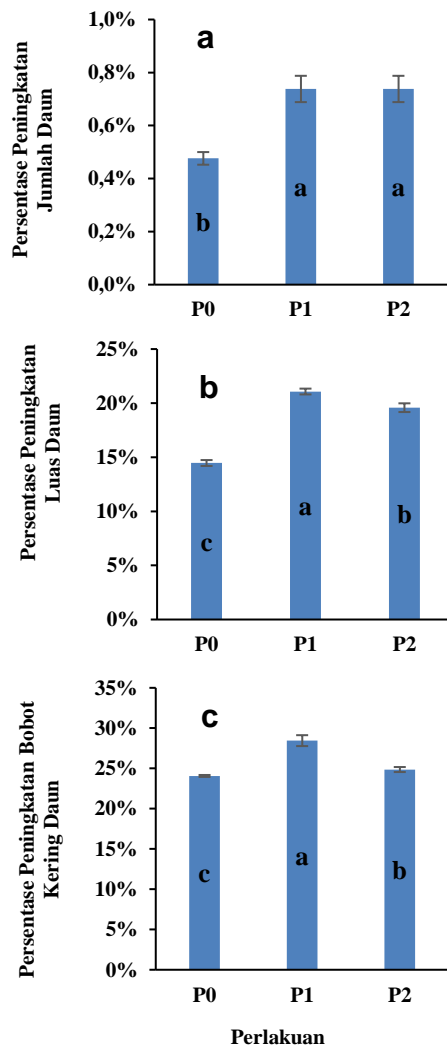
(Gambar 3). Jumlah akar meningkat sebesar 3% pada P1 diikuti oleh P2 sebesar 2,4% dan P0 sebesar 2%. Pada panjang akar lateral, persentase peningkatan tertinggi terdapat pada P1 diikuti oleh P2, dan persentase peningkatan terendah terdapat pada P0. Pola yang sama terdapat pada persentase peningkatan bobot kering akar



Gambar 4. Kandungan Pigmen Fotosintesis. Kandungan klorofil a (a), klorofil b (b), dan karotenoid (c). Data adalah mean \pm SE (n = 3). Huruf yang berbeda pada histogram menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$) diantara rerata data.

Kandungan pigmen fotosintesis secara signifikan dipengaruhi oleh aplikasi kompos dan asam humat. Kandungan klorofil a dan karotenoid tertinggi terdapat pada P2 dan P0 (Gambar 4).

Masing-masing sebesar 16,7 µg/g dan 14,9 µg/g untuk klorofil a, serta 3,9 µg/g dan 3,7 µg/g untuk karotenoid. Kandungan klorofil a dan karotenoid terendah terdapat pada P1 yaitu sebesar 11,9 µg/g dan 2,2 µg/g (Gambar 4). Sementara kandungan klorofil b tertinggi terdapat pada P2, kemudian mengalami penurunan pada P0, dan terendah terdapat pada P1 (Gambar 4).



Gambar 5. Pertumbuhan dan Produktivitas daun.

Persentase peningkatan jumlah daun (a), luas daun (b), dan bobot kering daun (c). Data adalah mean \pm SE (n = 3). Huruf yang berbeda pada histogram menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$) diantara rerata data.

Terjadi peningkatan secara signifikan ($P < 0,05$) terhadap pertumbuhan dan produktivitas daun (Gambar 5). Pada variabel persentase peningkatan luas daun dan bobot kering daun menunjukkan pola yang sama, yaitu persentase tertinggi terdapat pada P1, kemudian mengalami

penurunan pada P2, dan terendah terdapat pada P0. Sedangkan pada persentase peningkatan jumlah daun, nilai tertinggi terdapat pada P1 dan P2 selanjutnya mengalami penurunan pada P0.

Tanaman sawi hijau merupakan tanaman *herbaceous* yang rentan terhadap cekaman air (Kumar & Patel, 2022). Kondisi kekurangan air dapat mengakibatkan penurunan produktivitas. Sistem perakaran merupakan organ yang sebagian besar berperan dalam penyerapan air dan hara sehingga berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Sistem perakaran yang besar sangat dibutuhkan untuk mendukung penyerapan air yang lebih besar saat kondisi kekeringan (Ehdaie et al., 2012). Hasil penelitian lain melaporkan bahwa akar merupakan *sink* utama fotoasimilat sehingga pengurangan pertumbuhan dan biomassa akar akan meningkatkan pertumbuhan tajuk (Song et al., 2009). Pada penelitian ini menunjukkan bahwa kemampuan media campuran pasir dan kompos (P1) yang lebih tinggi dalam penyerapan air dibandingkan P2 dan P0 menghasilkan pertumbuhan dan produktivitas akar tertinggi. Sementara pada media pasir murni (P0) dengan kemampuan penyerapan air rendah menghasilkan pertumbuhan dan produktivitas akar rendah. Tanaman sawi hijau yang *herbaceous* dan rentan air pada penelitian ini memperlihatkan bahwa kecukupan air yang terdapat pada media P1 sangat mendukung pertumbuhan dan produktivitas sistem perakarannya meliputi jumlah akar, panjang akar lateral dan bobot kering akar. Hasil penelitian ini didukung oleh penelitian lain yaitu penggunaan arang organik yang berfungsi sama dengan kompos dalam penyerapan air dan hara pada media semai mangrove *Rhizophora mucronata* Lamk. meningkatkan secara signifikan pertumbuhan akar (Yuniantika et al., 2023).

Sistem perakaran memegang peranan penting dalam penyerapan air dan hara yang terlarut didalamnya sehingga berdampak pada laju fotosintesis, pertumbuhan dan produktivitas tajuk ((Fang et al., 2017). Tanaman sawi hijau merupakan tanaman yang sebagian besar tajuknya terdiri dari organ daun. Tingginya kandungan air pada media P1 dan P2 dibandingkan media P0 menghasilkan pertumbuhan dan produktivitas daun yang lebih tinggi pada P1 dan P2 dibanding P0. Peningkatan pertumbuhan dan produktivitas tanaman tersebut kemungkinan juga disebabkan oleh hara yang terlarut dalam air dan hara yang terjerab pada gugus fungsional partikel-partikel kompos dan koloid asam humat (Khan et al., 2018). Hal ini didukung oleh beberapa penelitian bahwa aplikasi kompos meningkatkan ketersediaan dan

penyerapan beberapa hara tanaman seperti hara N, P, dan K (Agegnehu et al., 2015; Ngo & Cavagnaro, 2018), serta menurunkan penggunaan pupuk NPK anorganik (Rady et al., 2016). Sementara aplikasi asam humat pada tanah bertekstur liat dan pasir dilaporkan meningkatkan kandungan unsur hara makro P dan K serta unsur hara mikro Fe daun tanaman *Triticum aestivum* L. (Khan et al., 2018). Aplikasi asam humat sebesar 100 g/m² juga meningkatkan penyerapan hara N, P, K, Mg dan Fe pada tanaman obat *Thymus vulgaris* L. (Noroozisharaf & Kaviani, 2018).

Hasil penelitian menunjukkan luas daun pada P2 dan P0 lebih rendah dibanding P1, namun penurunan luas daun ini diikuti dengan peningkatan kandungan pigmen fotosintesis. Luas daun berhubungan dengan daerah penyerapan energi foton cahaya yang digunakan dalam proses fotosintesis. Kemungkinan peningkatan pigmen fotosintesis pada P2 dan P0 berhubungan dengan strategi tanaman dalam mengoptimalkan penyerapan cahaya pada saat terjadinya penurunan luas daerah penyerapan foton. Pada tanaman padi genotip *NIAAB-IRRI-9* dan *Cucumis sativum* dengan perlakuan penyinaran blue-light juga menghasilkan pigmen fotosintesis tinggi dengan luas daun rendah (Ali et al., 2004; Wang et al., 2015).

KESIMPULAN

Secara umum aplikasi kompos dan asam humat mengubah sifat fisik tanah pasir melalui perlekatan partikel pasir dan pembentukan agregat tanah. Aplikasi kompos dan asam humat juga meningkatkan kemampuan tanah pasir dalam menyerap air dan retensi air tertinggi terdapat pada aplikasi kompos. Tingginya retensi air pada aplikasi kompos diikuti dengan peningkatan pertumbuhan dan produktivitas tanaman sawi hijau.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana atas dukungan dana dari Sumber Dana selain APBN Fakultas Sains dan Matematika UNDIP Tahun Anggaran 2023, Nomor: 24.I/UN7.F8/PP/II/2023

DAFTAR PUSTAKA

Adugna, G. (2016). *A review on impact of*

compost on soil properties, water use and crop productivity. Acad. Res. J. Agri. Sci. Res., 4(3), 93-104. <https://doi.org/10.14662/ARJASR2016.010>

Agegnehu, G., Bird, M. I., Nelson, P. N., & Bass, A. M. (2015). The ameliorating effects of biochar and compost on soil quality and plant growth on a Ferralsol. *Soil Research*, 53(1), 1–12. <https://doi.org/10.1071/SR14118>

Ali, Y., Aslam, Z., Ashraf, M. Y., & Tahir, G. R. (2004). Effect of salinity on chlorophyll concentration, leaf area, yield and yield components of rice genotypes grown under saline environment. In *International Journal of Environmental Science & Technology* (Vol. 1, Issue 3).

Budiyanto, G. (2020). The Application of Zeolite to Increase Nitrogen Use Efficiency in Corn Vegetative Growth in Coastal Sandy Soils. *Planta Tropika: Jurnal Agrosains (Journal of Agro Science)*, Vol 8 No. 1. <https://doi.org/10.18196/pt.2020.107.1-6>

Daldoum, D.M., & Ameri, H. (2023). Growth Performance of the Seedlings of Four Acacia Species Raised in Compost-Amended Sandy and Silty Soils. *University of Khartoum Journal of Agricultural Sciences*.

Ehdaie, B., Layne, A. P., & Wainnes, J. G. (2012). Root system plasticity to drought influences grain yield in bread wheat. *Euphytica*, 186(1), 219–232. <https://doi.org/10.1007/s10681-011-0585-9>

El-Nahas, H. A., Khafagi, M. S., El-Motasem, M. O., & Mohamed, M. S. (2022). Effect of some soil amendments and irrigation water salinity on wheat plant and some Soil Characteristics. In *Journal of Agricultural Research V* (Vol. 47, Issue 2).

Esmacil, M. A. ;, Elghany, S. H. A., & Khalil, H. M. (2021). Effect of Acid and Base Stimulation of Some Types of Compost on Some Soil Physical Properties. In *J. of Appl. Sci* (Vol. 36, Issue 1).

Fang, Y., Du, Y., Wang, J., Wu, A., Qiao, S., Xu, B., Zhang, S., Siddique, K. H. M., & Chen, Y. (2017). Moderate drought

- stress affected root growth and grain yield in old, modern and newly released cultivars of winter wheat. *Frontiers in Plant Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00672>
- Fibrianty, Maas, A., Hanudin, E., & Sudira, P. (2022). Improvement the Fertility of Sandy Soil Amended Using Bagasse and Different Type of Soil to the Yield of Shallot. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/985/1/012056>
- Głąb, T., Żabiński, A., Sadowska, U., Gondek, K., Kopec, M., Mierzwa-Hersztek, M., Tabor, S., & Stanek-Tarkowska, J. (2020). Fertilization effects of compost produced from maize, sewage sludge and biochar on soil water retention and chemical properties. *Soil and Tillage Research*, 197. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104493>
- Guo, X.X., Liu, H.T., & Wu, S.B. (2019). Humic substances developed during organic waste composting: Formation mechanisms, structural properties, and agronomic functions. In *Science of the Total Environment*, Vol. 662: 501–510. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.137>
- El-sayed, M.E.A., Soliman, G.M.M., & Ahmed, A.F. (2018). Impact of Silicon and Humic Acid Application under Water Stress Condition on some Bread Wheat Cultivars and Some Soil Properties. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, 49(4), 138–157. <https://doi.org/10.21608/ajas.2019.28885>
- Jayanudin, Lestari, R. S. D., Barleany, D. R., Pitaloka, A. B., Yulvianti, M., Prasetyo, D., Anggoro, D. V., & Ruhiatna, A. (2022). Chitosan-Graft-Poly (acrylic acid) Superabsorbent's Water Holding in Sandy Soils and Its Application in Agriculture. *Polymers*, 14(23), 1-14. <https://doi.org/10.3390/polym14235175>
- Khan, R. U., Khan, M. Z., Khan, A., Saba, S., Hussain, F., & Jan, I. U. (2018). Effect of humic acid on growth and crop nutrient status of wheat on two different soils. *Journal of Plant Nutrition*, 41(4), 453–460. <https://doi.org/10.1080/01904167.2017.1385807>
- Kumar, D., & Patel, S. V. (2022). Response of Select Mustard (*Brassica juncea* L.) Varieties to varying Irrigation Schedules based on IW/CPE Ratio. *Biological Forum-An International Journal*, 14(3): 1540-1545. <https://www.researchgate.net/publication/364118065>
- Ngo, H. T. T., & Cavagnaro, T. R. (2018). Interactive effects of compost and pre-planting soil moisture on plant biomass, nutrition and formation of mycorrhizas: A context dependent response. *Scientific Reports*, 8(1), 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18780-2>
- Roni, N.G.K., Witariadi, N.M, Budiasa, I.K.M, Trisnadewi, A.A.A.S., (2015). Penuntun Praktikum Ilmu Tanah dan pemupukan. Fakultas Peternakan Universitas Udayana, Bali.
- Noroozisharaf, A., & Kaviani, M. (2018). Effect of soil application of humic acid on nutrients uptake, essential oil and chemical compositions of garden thyme (*Thymus vulgaris* L.) under greenhouse conditions. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 24(3), 423–431. <https://doi.org/10.1007/s12298-018-0510-y>
- Rady, M. M., Semida, W. M., Hemida, K. A., & Abdelhamid, M. T. (2016). The effect of compost on growth and yield of *Phaseolus vulgaris* plants grown under saline soil. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 5(4), 311–321. <https://doi.org/10.1007/s40093-016-0141-7>
- Saptiningsih, E., Darmanti, S., & Setiari, N. (2023). Tolerance of *Capsicum frutescens* L. (Solanales: Solanaceae) to the duration of waterlogging and impact on the post-waterlogging and recovery periods. *Natural History Sciences*, 10(2), 3–14. <https://doi.org/10.4081/nhs.2023.641>
- Shaltout, N., Ibrahim, A., Abdel-Fattah, M. K., & Abdo, A. E. (2022). Effects of Mineral Fertilization, Biochar and

- Fulvic Acid on Sandy Soil Properties and Nutrients Uptake by Wheat Plants. *Al-Azhar Journal of Agricultural Research*: V, 47(2), 133-142. <https://doi.org/10.21608/zjar.2022.278245>
- Siedt, M., Schäffer, A., Smith, K. E. C., Nabel, M., Roß-Nickoll, M., & van Dongen, J. T. (2021). Comparing straw, compost, and biochar regarding their suitability as agricultural soil amendments to affect soil structure, nutrient leaching, microbial communities, and the fate of pesticides. In *Science of the Total Environment* (Vol. 751). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141607>
- Song, L., Li, F. M., Fan, X. W., Xiong, Y. C., Wang, W. Q., Wu, X. B., & Turner, N. C. (2009). Soil water availability and plant competition affect the yield of spring wheat. *European Journal of Agronomy*, 31(1), 51–60.
- Stone, W., Steytler, J., de Jager, L., Hardie, A., & Clarke, C. E. (2024). Improving crop growing conditions with water treatment residual and compost co-amendments: Soil–water dynamics. *Journal of Environmental Quality*, 53(2), 174–186. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20541>
- Wang, X. Y., Xu, X. M., & Cui, J. (2015). The importance of blue light for leaf area expansion, development of photosynthetic apparatus, and chloroplast ultrastructure of *Cucumis sativus* grown under weak light. *Photosynthetica*, 53(2), 213–222.
- Wellburn A. R., (1994). The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal of Plant Physiology*, 144 (3): 307-313.
- Yuniantika, S.E., Hastuti, E.D., & Saptiningsih, E., (2023). Respon Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Semai Bakau *Rhizophora mucronata* Lamk. Pada Komposisi Media Tanam yang Berbeda. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 8 (2), 138-145.
- Zhou, L., Monreal, C. M., Xu, S., McLaughlin, N. B., Zhang, H., Hao, G., & Liu, J. (2019). Effect of bentonite-humic acid application on the improvement of soil structure and maize yield in a sandy soil of a semi-arid region. *Geoderma*, 338, 269–280. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.12.014>