

PENGARUH FOSFOR DAN ZEOLIT TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL SAWI PAGODA (*Brassica narinosa* L.)

Victor Bintang Panunggul^{1*}, Idhata Nurbaiti²

¹ Program Studi Agribisnis, Universitas Perwira Purbalingga

² Program Studi Magister Pendidikan Matematika, Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Purwokerto

*victorbintang92@gmail.com

Abstrak

Penggunaan fosfor dan zeolit dapat menjadi pilihan untuk meningkatkan kesuburan tanah dan nutrisi bagi tanaman sawi pagoda. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fosfor dan zeolit terhadap pertumbuhan dan hasil sawi pagoda. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah fosfor, terdiri dari tiga taraf: F_0 (kontrol), F_1 (60 g/polibag), dan F_2 (100 g/polibag). Faktor kedua adalah pupuk zeolit yang terdiri dari tiga taraf: L_0 (kontrol), L_1 (50 g/polibag), dan L_2 (90 g/polibag). Kedua faktor tersebut, dihasilkan sembilan kombinasi perlakuan. Kombinasi dari kedua faktor tersebut berjumlah sembilan perlakuan, yang kemudian diulang tiga kali, sehingga menghasilkan 27 unit percobaan. Variabel pengamatan berupa tinggi tanaman, jumlah daun, berat segar tanaman, berat segar akar serta panjang akar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara aplikasi fosfor dan zeolit terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pagoda. Penambahan pupuk fosfor tidak berpengaruh nyata terhadap semua variabel pengamatan pada penelitian ini. Penambahan pupuk zeolit menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap variabel jumlah daun, berat segar tanaman, dan berat segar akar dimana perlakuan L_2 (90 g/polibag) menunjukkan pengaruh yang paling tinggi.

Kata kunci: entisol, fosfor, sawi pagoda, zeolite

Abstract

The use of phosphorus and zeolite can be an option to improve soil fertility and nutrients for pagoda mustard plants. This study aims to determine the effect of phosphorus and zeolite on the growth and yield of pagoda mustard. This study used a factorial completely randomised design with three replications. The first factor is phosphorus, consisting of three levels: F_0 (control), F_1 (60 g/polybag), and F_2 (100 g/polybag). The second factor is zeolite fertiliser, consisting of three levels: L_0 (control), L_1 (50 g/polybag), and L_2 (90 g/polybag). The two factors resulted in nine treatment combinations. The combination of the two factors totalled nine treatments, which were then repeated three times, resulting in 27 experimental units. The observation variables were plant height, number of leaves, plant fresh weight, root fresh weight and root length. The results showed that there was no interaction between phosphorus and zeolite application on the growth and yield of pagoda mustard plants. The addition of phosphorus fertiliser did not significantly affect all observation variables in this study. The addition of zeolite

fertiliser showed a significant effect on the variable number of leaves, plant fresh weight, and root fresh weight where treatment L_2 (90 g/polybag) showed the highest effect.

Keywords: entisol soils, phosphorus, pagoda mustard, zeolite

Pendahuluan

Sawi pagoda (*Brassica rapa* L. ssp. *Narinosa*) adalah salah satu varietas sawi yang paling populer di banyak tempat, terutama di Asia (Sun, 2015). Karakteristik sawi pagoda daunnya yang lebar dan berwarna hijau cerah dan rasanya yang renyah dan segar (Guntara *et al.*, 2021). Dibandingkan dengan jenis sawi lainnya, sawi pagoda masih kurang dikenal masyarakat. Namun, prospek budidaya sawi pagoda sangat bagus untuk memenuhi kebutuhan makanan konsumen. Tanaman sawi pagoda memiliki kandungan gizi seperti alkaloid, kalium dan iodium (Jayati & Susanti, 2019), serta kalsium, asam folat, dan magnesium (Hidayat *et al.*, 2017).

Di Indonesia, produksi sawi mengalami produksi yang fluktuatif. Tahun 2016 dengan luas 60.600 ha menghasilkan 601,200 ton. Kemudian, tahun 2017, hasilnya meningkat menjadi 627.598 ton dengan luas tanah 61,133 ha, dan pada tahun 2018, hasilnya turun menjadi 635,988 ton sawi dengan luas tanah 61,047 ha. Data ini menunjukkan bahwa kendala dalam produksi sawi di Indonesia adalah berkurangnya luas lahan. (Badan Pusat Statistik, 2024).

Upaya yang dilakukan untuk meningkatkan hasil tanaman sawi pagoda, para petani menggunakan pemeliharaan kesuburan tanah sebagai komponen budidaya. Salah satu dampak dari penurunan kesuburan tanah adalah penurunan jumlah fosfor yang ada di dalam tanah, yang menyebabkan penurunan serapan fosfor oleh tanaman (Zhu *et al.*, 2018). Salah satu upaya untuk meningkatkan ketersediaan unsur fosfor dalam tanah dapat dikombinasikan dengan fosfor dan zeolite (Jarosz *et al.*, 2022).

Media tanam yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan tanah Entisol. Tanah

entisol kurang menguntungkan pertumbuhan tanaman, sehingga diperlukan jalan pemupukan untuk meningkatkan produktivitasnya. Tanah entisol terbentuk dari endapan lumpur yang biasanya dibawa oleh aliran sungai (Regassa *et al.*, 2023). Tanah entisol memiliki konsistensi tingkat agregasi rendah, peka terhadap erosi, dan memiliki jumlah bahan organik dan hara yang rendah (Ghosh & Benbi, 2023). Jenis tanah ini kurang memiliki bahan organik dan unsur hara, terutama nitrogen (Ishak *et al.*, 2024). Oleh karena itu, untuk mengelolanya, perlu menambah unsur hara N melalui pemupukan dan juga bahan organik untuk memperbaiki struktur tanah yang porus.

Fosfor bermanfaat bagi tanaman hal ini dikarenakan, fosfor terdapat dalam sel tanaman berbentuk nukleotida berperan sebagai penyusun RNA dan DNA dalam sel tanaman (Malhotra *et al.*, 2018). Disamping itu, Ion fosfat, terutama H_2PO_4^- dan HPO_4^- , yang ditemukan dalam larutan tanah, diserap oleh tanaman dari tanah (Cheng *et al.*, 2023). Penambahan zeolit ke dalam pupuk P dapat meningkatkan efisiensi pemupukan pupuk (Pandya *et al.*, 2024). Struktur kerangka zeolit terdiri dari unit tetrahedral $(\text{AlO}_4)^-5$ dan $(\text{SiO}_4)^-4$, yang saling berikatan melalui atom oksigen untuk membentuk pori-pori zeolite (Yahaya *et al.*, 2023).

Zeolit adalah mineral dengan struktur kristal alumino silikat yang berbentuk rangka (rangka) tiga dimensi dengan rongga dan saluran Bahrani *et al.*, 2021; Jha & Singh, 2016; Khaleque *et al.*, 2020). Zeolit juga mengandung molekul air serta ion natrium, kalium, magnesium, kalsium, dan besi (Krstić, 2021). Zeolit secara positif mempengaruhi sifat fisik, kimia, dan biologi tanah secara langsung atau tidak langsung yang pada gilirannya meningkatkan dinamika hara serta kapasitas retensi hara (Soltys *et al.*, 2020). Zeolit meminimalkan laju pelepasan unsur hara dari pupuk organik dan anorganik dan memungkinkan ketersediaan unsur hara yang lebih baik selama tahap pertumbuhan tanaman (Shahsavari *et al.*, 2014). Peningkatan berbagai macam tanaman agronomi dan hortikultura dalam hal pertumbuhan, hasil dan sifat kualitas dengan aplikasi zeolit telah dilaporkan dengan baik oleh berbagai peneliti (Chen *et al.*, 2017; Zheng *et al.*, 2018). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk fosfor dan zeolit terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pagoda. Hasil riset diharapkan dapat membantu kesuburan tanah, dan hasil tanaman sayuran di dataran rendah terutama di wilayah Banyumas.

Bahan dan Metode

Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan di lahan pekarangan ukuran 2 m² x 6 m² berlokasi di Desa Pegalongan Banyumas pada bulan Juli 2024 – September 2024.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa polibag ukuran 30 cm x 30 cm, benih sawi pagoda varietas sawi F1 *Ta ke Cai*, pupuk kandang kambing, pupuk SP-36 non subsidi, pupuk zeolit, bekatul, terpal ukuran 2 m x 3 m, *effective microorganisme* – 4 (EM-4) serta tanah entisol. Peralatan yang digunakan dalam penelitian berupa alat tulis, cangkul, timbangan analitik, *thermohygrometer*, pancung.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan rancangan faktorial dalam Rancangan Acak Lengkap Faktorial dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah pupuk fosfor (F), yang terdiri dari tiga taraf: F₀ (kontrol), F₁ (60 g/polibag), dan F₂ (100 g/polibag). Faktor kedua adalah zeolit, yang terdiri dari tiga taraf: L₀ (kontrol), L₁ (50 g/polibag), dan L₂ (90 g/polibag). Kedua faktor tersebut, dihasilkan sembilan kombinasi perlakuan. Kombinasi dari kedua faktor tersebut berjumlah sembilan perlakuan, yang kemudian diulang tiga kali, sehingga menghasilkan 27 unit percobaan.

Prosedur kerja

Tahapan fermentasi pupuk kotoran kambing, dimulai dengan menyiapkan wadah fermentasi berupa terpal. Pastikan terpal bersih agar proses fermentasi tidak terganggu. Pupuk kandang kambing dan bahan tambahan dedak harus dicampur dalam rasio 1:1. Untuk menjaga kelembapan, tambahkan air secukupnya, tetapi jangan terlalu banyak. Starter fermentasi berupa *effective microorganisms* (EM-4) harus dilarutkan dengan air sebelum ditambahkan ke campuran pupuk kotoran kambing. Aduk bahan-bahan dengan benar. Untuk membuat lingkungan *anaerob*, tutup botol dengan rapat. Biarkan campuran fermentasi selama dua minggu, campurkan dengan pupuk kotoran kambing lalu diaduk hingga merata. Kemudian tutup rapat terpal yang sudah dicampurkan larutan dan pupuk kandang kambing hingga rapat. Selama proses, setiap lima hingga tujuh hari, aduk campuran untuk memastikan oksigen masuk. Setelah dua minggu periksa kombinasi warna dan aroma yang khas yaitu aroma wangi. Proses fermentasi berakhir ketika sudah berwarna gelap dan memiliki aroma yang baik.

Tahapan berikutnya mempersiapkan polibag bersih dan bebas dari hama atau sisa tanaman.

Ukuran polibag 30 cm x cm. Kemudian gunakan pupuk kandang kambing yang sudah difermentasi. Pupuk kandang kambing dan tanah entisol serta dicampur bekatul lalu diaduk hingga merata. Tuangkan campuran tanah dan pupuk yang sudah tercampur rata ke dalam polibag dengan rasio sekitar 1:1:1. Pastikan campuran mencapai 2/3 bagian dari polibag. Proses selanjutnya buatlah lubang kecil di tengah campuran tanah-pupuk untuk menampung akar bibit sawi pagoda. Kemudian tanam benih sawi pagoda var. sawi F1 *Ta ke Cai* dengan hati-hati dan tutup kembali dengan campuran tanah. Aplikasi zeolit dan pupuk kotoran kambing diaplikasikan sesuai perlakuan pada setiap ulangan dan dilakukan setiap satu minggu sekali.

Analisa Data

Tinggi tanaman, jumlah daun, berat segar dan berat kering panen adalah variabel pertumbuhan dan hasil tanaman yang menjadi objek pengamatan. Data dianalisis menggunakan aplikasi olah data DSASTAT 1.1. Data dianalisa menggunakan sidik ragam uji *Analysis of Varians* (Anova) serta hasil analisa pada perlakuan apabila berbeda nyata dapat dianalisa uji lanjut menggunakan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf kepercayaan 95%.

Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa hanya parameter pengamatan tinggi tanaman dan panjang akar tidak berbeda nyata terhadap perlakuan pupuk fosfor dan zeolit. Pemberian pupuk fosfor tidak berpengaruh terhadap variabel pengamatan pertumbuhan dan hasil tanaman. Perlakuan zeolit berpengaruh terhadap jumlah daun, berat segar tanaman, dan berat segar akar (Tabel 1), serta tidak berpengaruh terhadap tinggi tanaman dan panjang akar. Perlakuan pupuk fosfor dan zeolit tidak memberikan dampak interaksi pada tanaman (Tabel 1).

a. Tinggi tanaman

Berdasarkan Tabel 2, terlihat pengaruh pupuk fosfor belum berpengaruh terhadap tinggi tanaman. Komponen penting untuk pertumbuhan tanaman

a. Tinggi tanaman

termasuk keseimbangan nutrisi, kondisi tanah, faktor genetik, kondisi lingkungan, waktu dan teknik aplikasi. Peningkatankadar fosfor mungkin tidak menunjukkan pengaruh nyata pada tinggi tanaman, sehingga penting untuk mempertimbangkan semua faktor dalam praktik budidaya. Tinggi tanaman merupakan ukuran pertumbuhan yang paling mudah diamati, pertumbuhan tanaman fase vegetatif, di mana pembelahan dan pembesaran sel terjadi dalam jaringan khusus yang disebut meristem (Hilty *et al.*, 2021; Krishnamurthy *et al.*, 2015), digunakan sebagai indikator pertumbuhan untuk mengukur Tabel 1. Hasil analisis varian perlakuan fosfor dengan zeolit pada pertumbuhan serta sawi pagoda

Keterangan: tn:tidak nyata; n:nyata; sn:sangat nyata. F: fosfor; L:zeolit.

pengaruh lingkungan atau perlakuan yang diterapkan (Nurmala, 2018). Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa pemberian dosis pupuk fosfor 2,5 g tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman sebesar 314,38 cm bibit *Mucuna bracteata* (Amelia *et al.*, 2021).

Perlakuan zeolit berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman (Tabel 2). Kandungan dan sifat unik dari pupuk zeolit membantu tanaman sawi tumbuh lebih tinggi. Zeolit membantu tanaman tumbuh lebih tinggi dan lebih sehat karena meningkatkan ketersediaan nutrisi, mengatur kelembapan tanah, dan memperbaiki struktur tanah. Jika digunakan dalam budidaya sawi, pupuk zeolit dapat meningkatkan hasil dan kualitas tanaman secara keseluruhan. Zeolit berfungsi sebagai mineral dari senyawa aluminosilikat terhidrasi dengan struktur berongga dan mengandung kationkation alkali yang dapat dipertukarkan. Selain itu, ia melakukan fungsi penjerap, penukar kation, dan katalisator, yang sangat penting untuk keberadaan unsur hara di tanah (Bhaskoro *et al.*, 2015).

Jumlah daun

Perlakuan pupuk fosfor tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun tanaman (Tabel 2). Tanaman sangat membutuhkan pupuk fosfor (P), hara makro kedua setelah N. Bahan induk tanah, serta faktor lain yang mempengaruhi, menentukan ketersediaan fosfat dalam tanah (Chen *et al.*, 2017).

Tabel 1. Hasil analisis varian perlakuan fosfor dengan zeolit pada pertumbuhan serta sawi pagoda

No	Variabel pengamatan	Perlakuan		
		F	L	F x L
1	Tinggi tanaman (cm)	tn	tn	tn
2	Jumlah daun (helai)	tn	n	tn
3	Berat segar tanaman (g)	tn	n	tn
4	Berat segar akar (g)	tn	n	tn
5	Panjang akar (cm)	tn	tn	tn

Keterangan: tn:tidak nyata; n:nyata; sn:sangat nyata. F: fosfor; L:zeolit.

Fosfor membantu pertumbuhan tunas dan akar tanaman dan meningkatkan aktifitas unsur hara lainnya seperti nitrogen dan kalium untuk menjaga kebutuhan tanaman seimbang (Khan *et al.*, 2023). Studi penelitian sebelumnya pemberian pupuk fosfor 10 g/tanaman memberikan jumlah daun sebesar 8,33 helai tanaman sawi (Ardiyanto *et al.*, 2016).

Perlakuan pupuk zeolit berpengaruh nyata terhadap jumlah daun tanaman (Tabel 2). Zeolit, media tanam anorganik, dapat menyimpan air dan molekul organik yang diperlukan tumbuhan karena sifatnya sebagai penyerap yang selektif dan penukar ion serta aktivitas katalisis yang tinggi. Jumlah daun dipengaruhi oleh tinggi tanaman; semakin tinggi tanaman, semakin banyak daun yang dibentuk. Daun membantu pertumbuhan tanaman dengan menghasilkan karbohidrat dan energi melalui proses fotosintesis. Pada fase vegetatif, jumlah daun terus meningkat dan sangat bergantung pada hara media tanam (Ullah *et al.*, 2019)(Ardiyanto *et al.*, 2016). Zeolit memiliki kemampuan untuk mengubah fosfat yang tidak tersedia menjadi fosfat yang tersedia dengan mengurangi daya fiksasi fosfat terhadap kation besi dan aluminium. Akibatnya, serapan hara tanaman meningkat. Disamping itu, aplikasi pupuk P dan zeolit dapat meningkatkan efisiensi pemupukan pada tanaman (Arafat *et al.*, 2016).

c. Berat segar tanaman

Perlakuan pupuk fosfor tidak berpengaruh nyata terhadap berat segar tanaman (Tabel 2). Hasil analisis sidik ragam menjelaskan bahwa pemberian dosis F2 (100 g/polibag) memberikan berat segar tanaman rerata tertinggi. Tingkat kecukupan hara memengaruhi biomassa tanaman karena pentingnya unsur hara sebagai sumber energi. Berat basah

tanaman diukur setelah panen sebelum tanaman layu akibat kekurangan air (Alikhani-Koupaei *et al.*, 2018). Fosfor berperan dalam proses perkembangan sel dan fisiologi tanaman. Serapan air yang lebih besar di sel-sel tanaman dan peningkatan laju fotosintesis menyebabkan berat segar meningkat (Karthika *et al.*, 2018). Peningkatan laju fotosintesis juga akan meningkatkan pembentukan karbohidrat dan zat makanan lainnya. Untuk meningkatkan berat segar tanaman, zat makanan ini akan membantu pertumbuhan organ-organ tanaman, terutama tunas, akar, dan daun (Zhao *et al.*, 2023).

Perlakuan zeolit berpengaruh nyata terhadap berat segar tanaman. Pemberian zeolit dengan dosis 90 g/polibag memberikan berat segar rerata 53,88 g. Pertumbuhan dan perluasan jaringan suatu tanaman, yang terdiri dari jumlah daun, ukuran daun, dan tinggi tanaman, dipengaruhi oleh jumlah air dan unsur hara yang terkandung dalam sel penyusun jaringannya sehingga menghasilkan berat tanaman. Berat basah tanaman yang optimal menunjukkan bahwa tanaman dapat menyerap hara dan air dari media tanam dan menyusun bagian biomassa tanaman (Alvernia *et al.*, 2018). Zeolit berperan mampu meningkatkan serapan P dalam tanah yang dihasilkan oleh hara P-tersedia (Affendi & Berd, 2023). Besarnya serapan fosfor terdapat dalam tanaman tergantung tersedianya fosfor dalam tanah. Sehingga zeolit mampu meningkatkan serapan P yang terdapat pada jaringan tanaman (Idim *et al.*, 2024).

d. Berat segar akar

Perlakuan pupuk fosfor tidak berpengaruh pada berat segar akar (Tabel 2). Pemberian pupuk fosfor dosis F2 memberikan berat segar akar rerata 8,10 g. Fosfor adalah komponen inti sel yang

Tabel 2. Hasil analisis ragam pengaruh P dan zeolit terhadap pertumbuhan hasil sawi pagoda

Perlakuan	Variabel				
	Tinggi tanaman (cm ²)	JD (helai)	BST (g)	BSA (g)	PjA (g)
Fosfor (F) (g/polibag)					
F ₀ (Kontrol)	12,26 a	10,89 a	52,81 a	7,88 a	13,03 a
F ₁ (60 g/polibag)	12,33 a	11,18 a	53,12 a	7,98 a	13,45 a
F ₂ (100 g/polibag)	13,15 a	11,31 a	53,22 a	8,10 a	13,62 a
KK (%)	2,24	6,12	1,59	12,71	1,49
Zeolit (L) (g/polibag)					
L ₀ (Kontrol)	12,13 a	10,98 a	52,29 a	7,88 a	13,00 a
L ₁ (50 g/polibag)	13,34 a	11,08 b	53,46 b	8,11 b	13,14 a
L ₂ (90 g/polibag)	13,67 a	11,48 c	53,88 c	8,42 c	13,26 a
KK (%)	2,24	6,12	1,59	12,71	1,49

Keterangan: JD: jumlah daun; BST: berat segar tanaman; BSA: berat segar akar; PjA: panjang akar. Uji Duncan 5% menunjukkan bahwa angka yang diikuti oleh beberapa huruf berbeda dalam satu kolom memiliki perbedaan nyata.

berperan atas prose pembelahan sel jaringan meristem. Unsur hara membantu proses metabolisme tanaman berjalan dengan baik, yang memungkinkan peningkatan pembentukan pati, protein, dan karbohidrat, yang akan menjadi cadangan makanan untuk tanaman. Pemberian pupuk fosfor dengan 60 g/polibag tidak berpengaruh nyata pada berat akar segar tanaman lamtoro sebesar 3,88 g (Hasibuan *et al.*, 2022).

Perlakuan zeolit berpengaruh nyata terhadap berat segar akar (Tabel 2). Aplikasi zeolit dengan dosis L2 90 g/polibag menunjukkan rerata sebesar 8,22 g sampai 8,42 g berat segar akar. Zeolit dapat berperan sebagai bahan pembenah tanah serta memiliki kemampuan untuk menahan air dan nutrisi supaya dapat diserap tanaman dengan baik. Mekanisme zeolit dalam tanah dapat menyerap unsur N, P, dan K. Disamping itu, tanaman ketika menyerap unsur hara zeolit akan melepaskan secara perlahan sehingga tanaman dapat menyerap nutrisi dengan optimal. Kapasitas adsorpsi zeolit untuk ion-ion ini ditentukan oleh isoterm dan kinetika dan sifat adsorpsi ini digunakan untuk berbagai tujuan seperti pengolahan air limbah, penghilangan logam berat. Klinoptilolit umumnya menunjukkan selektivitas yang tinggi untuk ion NH_4^+ , memiliki KTK teoritis 2,16 cmol (+) kg⁻¹ (Mondal *et al.*, 2021).

e. Panjang akar

Perlakuan pupuk fosfor tidak berpengaruh pada panjang akar (Tabel 2). Pemberian pupuk fosfor dosis F2 memberikan panjang akar rerata sebesar 8,10 g sampai 13,62 g. Mineral yang diserap akar tanaman berperan dalam mensuplai fotosintat dari daun, fosfor membantu tanaman meningkatkan pertumbuhan akar. Hasil fotosintat dipergunakan untuk memperluas zona perkembangan akar dan mendorong pertumbuhan akar primer baru. Suhu tanah, aerasi, ketersediaan air, dan ketersediaan unsur hara adalah beberapa komponen yang memengaruhi pola penyebaran akar (Heydari *et al.*, 2019). Disamping itu fosfor berperan untuk merespon perkembangan dan pertumbuhan akar, terutama akar lateral dan akar rambut (Khan *et al.*, 2023). Unsur hara P tanah mempengaruhi struktur akar dan perpanjangan akar secara langsung dan tidak langsung (Khoso *et al.*, 2024). Dengan demikian, berat akar kering menurun secara signifikan dan panjang total akar tanaman meningkat secara signifikan dalam kondisi kekurangan P (Heydari *et al.*, 2019).

Perlakuan zeolit tidak berpengaruh nyata terhadap berat segar akar (Tabel 2). Aplikasi zeolit dengan dosis L2 90 g/polibag menunjukkan rerata sebesar 13,26 cm. Hal ini menyebabkan aplikasi zeolit dapat menyerap unsur hara secara selektif (Jarosz *et al.*, 2022) dan dapat digunakan sebagai penukar ion dan mempunyai daya katalis yang tinggi sehingga akar dapat menyimpan air dan

molekul organik serta penyerapan hara secara maksimal. Pemberian zeolit dapat memberikan panjang akar sawi hidroponik sebesar 28 cm (Sugianti *et al.*, 2019).

Kesimpulan

1. Hasil penelitian disimpulkan bahwa penambahan pupuk fosfor tidak berpengaruh nyata terhadap semua parameter pengamatan.
2. Penambahan pupuk zeolit menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap variabel jumlah daun, berat segar tanaman, dan berat segar akar dimana perlakuan L₂ (90 g/polibag) menunjukkan pengaruh yang paling tinggi.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada para mentor dan anggota Magang dan Studi Independen (MSIB) Batch 6 posisi PTBTA Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian Kota Surabaya atas dukungan dan bantuan yang diberikan selama proses penelitian ini, dari awal hingga akhir. Penulis juga sangat menghargai fasilitas yang disediakan oleh Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian Kota Surabaya, yang telah berkontribusi signifikan terhadap kelancaran penelitian ini. Tanpa bantuan dan dukungan tersebut, penelitian ini tidak akan dapat terlaksana dengan baik.

Daftar Pustaka

- Affendi, S., & Berd, I. (2023). The Role of Zeolite and NPK Fertilizer on Maize (*Zea mays* L.) Growth in Inceptisol, Southern Solok District. *Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 9(4), 95–103. <https://doi.org/10.9734/AJSSPN/2023/v9i4195>
- Alvernia, P., Minardi, S., & Suntoro. (2018). Zeolite and Organic Fertilizer Application To The Improvement Of Available P And Soybean (*Glycine Max* L) Seed Yield In Alfisols. *Sains Tanah*, 14(2), 83–89. <https://doi.org/10.15608/stjssa.v14i2.839>
- Amelia, E., Setyawati, E. R., & Putra, D. P. (2021). Pengaruh Pemberian Pupuk Fosfor dan Dolomit Terhadap Pertumbuhan Legum *Mucuna bracteata*. *Jurnal Agromast*, 6(2), 2–7.
- Arafat, Y., Kusumarini, N., & Syekhfani. (2016). Pengaruh Pemberian Zeolit Terhadap Efisiensi Pemupukan Fosfor dan Pertumbuhan Jagung Manis di Pasuruan,

- Jawa Timur. Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan, 3(1), 319–327.
- Ardiyanto, D. D., Serang, V. D. A. P., Prasetyo, A., & Haryuni. (2016). Pengaruh Dosis PupukOrganik Cair dan Fosfor Terhadap Jumlah Daun dan Berat Brangkasan Segar Tanaman Sawi (*Brassica Juncea* L.). Agrineca, 16(2), 1–12.
- Badan Pusat Statistik. (2024). Produksi Tanaman Sayuran. Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NjEjMg==/produksi-tanaman-sayuran.html>
- Bhaskoro, A. W., Kusumarini, N., & Syekhfani. (2015). Efisiensi Pemupukan Nitrogen Tanaman Sawi Pada Inceptisol Melalui Aplikasi Zeolit Alam. Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan, 2(2), 219–226.
- Chen, T., Xia, G., Wu, Q., Zheng, J., Jin, Y., Sun, D., Wang, S., & Chi, D. (2017). The Influence of Zeolite Amendment on Yield Performance , Quality Characteristics , and Nitrogen Use Efficiency of Paddy Rice. Crop Science, 57, 1–11. <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.04.0228>
- Cheng, Y., Narayanan, M., Shi, X., Chen, X., Li, Z., & Ma, Y. (2023). Phosphate-solubilizing bacteria: Their agroecological function and optimistic application for enhancing agro-productivity. Science of The Total Environment, 901, 166468. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166468>
- Ghosh, S., & Benbi, D. K. (2023). Impacts of Cropping Systems on Soil Aggregates and Associated Carbon and Nitrogen Storage in Four Entisols of Different Antecedent Carbon Levels. Eurasian Soil Science, 56(3), 371–386. <https://doi.org/10.1134/S1064229322601524>
- Guntara, R., Isnaeni, S., & Rosmala, A. (2021). Growth and yield of pagoda (*Brassica narinosa* L) with concentration and watering interval of fermented rabbit urine on hydroponic system IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 672. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/672/1/012100>
- Hasibuan, H. G., Rafli, M., Handayani, R. S., Kunci, K., Pembahasan, H., Tanaman, T., & Batang, D. (2022). Respon Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma Cacao* L .) Akibat Pemberian Pupuk Organik Cair Lamtoro dan Pupuk Fosfor Pendahuluan Metode Penelitian. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroekoteknologi, 1(3), 68–72.
- Heydari, M. M., Brook, R. M., & Jones, D. L. (2019). The role of phosphorus sources on root diameter, root length and root dry matter of barley (*Hordeum vulgare* L.). Journal of Plant Nutrition, 42(1), 1–15. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1509996>
- Hidayat, N., Salusu, H. D., & Beze, H. (2017). Pertumbuhan dan Produksi Sawi Pagoda Hidroponik dengan Konsentrasi Ab Mix dan Monitoring Berbasis Android Growth and Production of Hydroponics Chinese Flat Cabbage With Ab Mix Concentration and Android Based Monitoring. Jurnal Penelitian Pertanian Terapan Timbangan, 21(3), 270–277.
- Hilty, J., Muller, B., & Leuzinger, S. (2021). Plant growth : the What , the How , and the Why. New Phytologist. <https://doi.org/10.1111/nph.17610>
- Idim, K. S., Marzi, M., Oyeyiola, A., & Hossein, K. (2024). Enhancing Composting Efficiency and Nutrient Retention through Zeolite Amendment: Implications for Sustainable Soil Management and Plant Growth. ACS Sustainable Resource Management, 1(7), 1340–1349. <https://doi.org/10.1021/acssusresmgmt.3c00130>
- Ishak, L., Teapon, A., Hindersah, R., & Hartati, T. M. (2024). The relationships between soil compaction and soil physical-chemical-biological characteristics : A case study from volcanic agricultural soils of Entisol and Ultisol in North Maluku Province of Indonesia. 11(3), 6049–6058. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2024.113.6049>
- Jarosz, R., Szerement, J., Gondek, K., & Mierzwa-Hersztek, M. (2022). The use of zeolites as an addition to fertilisers – A review. Catena, 213, 106125. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106125>
- Jayati, R. D., & Susanti, I. (2019). Perbedaan Pertumbuhan dan Produktifitas Tanaman Sawi Pagoda Menggunakan Pupuk Organik Cair dari Eceng Gondok dan Limbah Sayur. Jurnal Biosilampari : Jurnal Biologi, 1(2), 73–77. <https://doi.org/10.31540/biosilampari.v1i2.246>

- Karthika, K. S., Rashmi, I., & Parvathi, M. S. (2018). Biological Functions, Uptake and Transport of Essential Nutrients in Relation to Plant Growth BT - Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance. In M. Hasanuzzaman, M. Fujita, H. Oku, K. Nahar, & B. Hawrylak-Nowak (Eds.), Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance (pp. 1–49). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8_1
- Khan, F., Siddique, A. B., Shabala, S., & Zhou, M. (2023). Phosphorus Plays Key Roles in Regulating Plants ' Physiological Responses to Abiotic Stresses. Plants, 12, 1–29.
- Khoso, M. A., Wagan, S., Alam, I., Hussain, A., Ali, Q., Saha, S., Poudel, T. R., Manghwar, H., & Liu, F. (2024). Impact of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on plant nutrition and root characteristics: Current perspective. Plant Stress, 11, 100341. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100341>
- Krishnamurthy, K. V, Bahadur, B., John Adams, S., & Venkatasubramanian, P. (2015). Meristems and Their Role in Primary and Secondary Organization of the Plant Body BT - Plant Biology and Biotechnology: Volume I: Plant Diversity, Organization, Function and Improvement. In B. Bahadur, M. Venkat Rajam, L. Sahijram, & K. V Krishnamurthy (Eds.), Plant Biology and Biotechnology (pp. 113–151). Springer India. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2286-6_4
- Krstić, V. (2021). Chapter 14 - Role of zeolite adsorbent in water treatment. In B. Bhanvase, S. Sonawane, V. Pawade, & A. B. T.-H. of N. for W. T. Pandit (Eds.), Micro and Nano Technologies (pp. 417–481). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821496-1.00024-6>
- Malhotra, H., Vandana, Sharma, S., & Pandey, R. (2018). Phosphorus Nutrition: Plant Growth in Response to Deficiency and Excess BT - Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance. In M. Hasanuzzaman, M. Fujita, H. Oku, K. Nahar, & B. Hawrylak-Nowak (Eds.), Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance (pp. 171–190). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8_7
- Mondal, M., Biswas, B., Garai, S., Sarkar, S., Banerjee, H., Brahmachari, K., Bandyopadhyay, P. K., Maitra, S., Brestic, M., Skalicky, M., Ondrisik, P., & Hossain, A. (2021). Zeolites enhance soil health, crop productivity and environmental safety. Agronomy, 11(3). <https://doi.org/10.3390/agronomy11030448>
- Nurmala, T. (2018). Pengaruh pupuk hayati majemuk dan pupuk fosfor terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai di inceptisol Jatiningor Effect of compound-biological-fertilizers and phosphor on growth and yield of soybean on Inceptisols Jatiningor Pendahuluan. Jurnal Kultivasi, 17(3), 750–759.
- Pandya, T., Patel, S., Kulkarni, M., & Raj, Y. (2024). Heliyon Zeolite-based nanoparticles drug delivery systems in modern pharmaceutical research and environmental remediation. Heliyon, 10(16), e36417. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36417>
- Regassa, A., Assen, M., Ali, A., & Gessesse, B. (2023). Major Soil Types BT - The Soils of Ethiopia. In S. Beyene, A. Regassa, B. B. Mishra, & M. Haile (Eds.), Springer (pp. 77–110). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-17012-6_6
- Shahsavari, N., Jais, H. M., & H, S. R. A. (2014). Responses of canola oil quality characteristics and fatty acid composition to zeolite and zinc fertilization under drought stress Responses of canola oil quality characteristics and fatty acid composition to zeolite and zinc fertilization under drought st. International Journal of AgriScience Vol., 4(1), 49–59.
- Soltys, L. M., Mironyuk, I. F., Tatarchuk, T. R., & Tsinurchyn, V. I. (2020). Zeolite-based Composites as Slow Release Fertilizers (Review). Physics and Chemistry of Solid State, 21(1), 89–104.
- Sugiartini, E., Oktaviana, G., Harmailis, & Waryat. (2019). Pengaruh Penggunaan Berbagai Macam Media Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Cbai (*Brassica Juncea* L) dengan Hidroponik System DFT di DKI Jakarta. Buletin Pertanian Perkotaan, 9(1).
- Sun, R. (2015). Economic/Academic Importance of Brassica rapa BT - The *Brassica rapa* Genome. In X. Wang & C. Kole (Eds.), Springer (pp. 1–15). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-47901-8_1

- Ullah, H., Santiago-Arenas, R., Ferdous, Z., Attia, A., & Datta, A. (2019). Chapter Two - Improving water use efficiency, nitrogen use efficiency, and radiation use efficiency in field crops under drought stress: A review. In D. L. B. T.-A. in A. Sparks (Ed.), *Advances in Agronomy* (Vol. 156, pp. 109–157). Academic Press.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/bs.agron.2019.02.002>
- Zhao, Y., Tao, S., Liu, S., Hu, T., Zheng, K., Shen, M., & Meng, G. (2023). Research advances on impacts micro/nanoplastics and their carried pollutants on algae in aquatic ecosystems: A review. *Aquatic Toxicology*, 264, 106725.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2023.106725>
- Zheng, J., Chen, T., Wu, Q., Yu, J., Chen, W., Chen, Y., Siddique, K. H. M., Meng, W., Chi, D., & Xia, G. (2018). Effect of zeolite application on phenology, grain yield and grain quality in rice under water stress. *Agricultural Water Management*, 206, 241–251.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.05.008>
- Zhu, J., Li, M., & Whelan, M. (2018). Science of the Total Environment Phosphorus activators contribute to legacy phosphorus availability in agricultural soils : A review. *Science of the Total Environment*, 612, 522–537.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.095>