

Effect of Zeolite Addition on Urea Fertilization Efficiency in Mustard Greens (*Brassica juncea* L.)

Elin Diatna¹, Aida Muspiah^{1*}, Baiq Farista²

¹Program Studi Biologi, Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia;

²Program Studi Ilmu Lingkungan, Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia;

Article History

Received : November 16th, 2024

Revised : December 10th, 2024

Accepted : December 28th, 2024

*Corresponding Author: **Aida Muspiah**, Program Studi Biologi, Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia; Email: muspiahaida@gmail.com

Abstract: Leaching of nitrogen nutrients in urea fertilizer application is a common problem in vegetable cultivation, including mustard greens (*Brassica juncea* L.). To address this problem, zeolite is added to the urea fertilizer to maximize the nutrient absorption by plants. This study aims to determine the effect of zeolite addition at various urea fertilizer concentrations on the growth of mustard greens and its effect on the efficiency rate of nutrient adsorption. This research is conducted on March up to May 2023 by using a completely randomized design (CRD) with 8 treatments, namely P0 (control, without urea and without zeolite), P1 (2 gr urea + 200 gr zeolite), P2 (4 gr urea + 200 gr zeolite), P3 (6 gr urea + 200 gr zeolite), P4 (8 gr urea + 200 gr zeolite), P5 (2 gr urea), P6 (4 gr urea), P7 (6 gr urea), and P8 (8 gr urea). Each treatment was repeated three times and put inside a greenhouse. The results showed that the combination of urea and the addition of zeolite to the planting medium gave higher values on leaf area, number of leaves, wet weight and dry weight of mustard plants compared to the treatment of urea fertilizer without zeolite and also the control. The P4 treatment gave the largest leaf area (81.61 cm²) and the largest number of leaves (10.33). The P4 treatment also showed the highest results in wet weight and dry weight, namely 115 grams of wet weight and 9.3 grams of dry weight. The absorption efficiency was higher in the combination treatment of urea fertilizer and the addition of zeolite compared to the treatment of urea fertilizer and without zeolite or with the control. Meanwhile, the highest efficiency was found in the P4 treatment at 56.45%. This finding indicates that the addition of zeolite into the fertilizer can promote the growth of the mustard green.

Keywords: Cation exchange capacity, urea, growth, zeolite.

Pendahuluan

Efisiensi penggunaan pupuk urea, menjadi salah satu tantangan utama dalam kegiatan budidaya tanaman sayuran. Sebagian besar pupuk urea yang diaplikasikan sering kali hilang melalui pencucian (*leaching*). *Leaching* dapat terjadi melalui proses drainase dan air limpasan, yang menyebabkan nitrogen larut dalam air hilang dari zona akar tanaman (Mangardi & Sinaga, 2023). Kehilangan ini tidak hanya berdampak pada peningkatan biaya produksi, tetapi juga menimbulkan dampak negatif

terhadap lingkungan, seperti pencemaran air tanah (Saggar et al., 2023; Bibi, et al., 2016), serta mengakibatkan pertumbuhan tanaman yang tidak optimal setelah pemupukan. Unsur hara yang dapat dengan mudah mengalami *leaching*, menyebabkan kerugian finansial dan menyebabkan pemborosan penggunaan pupuk (Bimantio & Saragih, 2018). Oleh sebab itu, diperlukan strategi untuk meningkatkan efisiensi pemupukan urea agar lebih efektif diserap oleh tanaman, termasuk pada tanaman sayuran seperti sawi (*Brassica juncea* L.) mengingat sawi memiliki nilai ekonomi tinggi dan permintaan

pasar yang terus meningkat.

Upaya yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan *leaching* pada media tanam adalah dengan meningkatkan efisiensi tanaman dalam melakukan penyerapan nutrisi yang berasal dari pupuk. Dalam hal ini, zeolite bahan alami yang dapat ditambahkan sebagai pendamping pupuk. Zeolit dapat memperlambat pelepasan nitrogen dari urea sehingga berpotensi meningkatkan efisiensi pupuk. Zeolit juga memiliki kapasitas tukar kation yang tinggi yaitu sebesar 120-180 meq/100 gram (Setyawan & Suminarti, 2018). Hal ini menyebabkan zeolit mampu menyerap ion amonium dan mengurangi pelepasan nitrat dan amonia sehingga retensi nitrogen dalam tanah meningkat (Latifah, Ahmed, & Majid, 2017; Cataldo *et al.*, 2021; de Campos Bernardi *et al.*, 2016). Selain itu, penambahan zeolit berfungsi untuk membantu akar menyerap nutrisi yang bebas dalam air sehingga dapat dimanfaatkan dengan maksimal oleh tanaman (Nabiela & Yamika, 2019).

Media tanam dengan campuran zeolite dapat meningkatkan pertumbuhan pada tanaman jagung (Widyanto *et al.*, 2013). Zeolit sebagai campuran kompos juga mampu meningkatkan produksi cabai dengan berat dan ukuran buah yang lebih besar sehingga dapat mengurangi jumlah pupuk buatan yang digunakan (Cahyono, 2015). Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Akbari *et al.*, (2021) menunjukkan bahwa penggunaan pupuk organik dan zeolit yang dikombinasikan dengan pupuk kimia dapat meningkatkan hasil panen pada tanaman kanola dan gandum. Adapun penelitian mengenai efektivitas penambahan zeolit pada pupuk untuk budidaya tanaman sawi hijau secara konvensional pada media tanah belum dilakukan. Penelitian ini sangat diperlukan mengingat sebagian besar petani di Indonesia masih melakukan kegiatan bercocok tanam secara konvensional pada media tanah di sawah dan ladang mereka.

Sawi (*Brassica juncea* L.) merupakan salah satu jenis sayuran yang populer di Indonesia karena nilai gizinya yang tinggi serta perannya dalam memenuhi kebutuhan pangan masyarakat. Sawi biasanya dikonsumsi oleh masyarakat dalam berbagai bentuk, baik sebagai pelengkap dalam berbagai masakan maupun

sebagai bahan baku untuk produk industri makanan (Herwanda *et al.*, 2017).

Ketersediaan nitrogen dalam tanah menjadi faktor penting yang mempengaruhi produktivitas sawi. Pertumbuhan tanaman yang buruk seringkali disebabkan oleh pemupukan yang tidak efisien. Oleh sebab itu, penambahan zeolit ke dalam proses pemupukan, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penyerapan nitrogen, yang sehingga produksi tanaman sawi dapat ditingkatkan. Penelitian ini memiliki dua tujuan, yaitu untuk mengetahui pengaruh pemberian zeolit pada berbagai konsentrasi pupuk urea terhadap pertumbuhan tanaman sawi dan mengetahui pengaruh pemberian zeolit terhadap efisiensi pemupukan urea pada tanaman sawi dengan asumsi potensi terjadinya *leaching* di dalam setiap polybag pengamatan adalah sama. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi bagi Masyarakat, khususnya petani sayur, dalam meningkatkan produksi sayur yang mendorong pada menggunakan pupuk secara tidak berlebihan dan lebih efisien.

Bahan dan Metode

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret hingga Mei 2023. Penanaman dan pemeliharaan benih sawi (*Brassica juncea* L.) selama penelitian dilakukan di dalam *greenhouse* untuk menghindari faktor luar yang tidak diinginkan di dalam hasil percobaan.

Metode penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari sembilan perlakuan dan tiap perlakuan diulang tiga kali sehingga didapat 27 unit percobaan. Unit percobaan berupa polybag berukuran 30 x 35 cm setiap polybag diisi dengan 4 kg media tanah. Kode perlakuan terhadap media tanam disajikan pada tabel 1. Tahapan penelitian terdiri atas penyemaian bibit sawi, persiapan media dasar tanam, pembuatan media dasar tanam, penanaman dan pengukuran awal, pemberian pupuk urea, pemeliharaan, pengukuran hasil pertumbuhan dan analisis data. Masing-masing polybag ditanami satu bibit sawi, kemudian diberi perlakuan (Tabel 1). Pengamatan pertumbuhan tanaman sawi dilakukan mulai 1 minggu setelah tanam (MST) hingga 5 MST.

Bibit sawi yang digunakan adalah bibit yang telah berumur 2 minggu setelah semai dan memiliki 4 daun.

Tabel 1. Perlakuan dalam Penelitian

Kode	Perlakuan
P0	Tanpa pemupukan dan zeolit
P1	2 gr urea + 200 gr zeolit
P2	4 gr urea + 200 gr zeolit
P3	6 gr urea + 200 gr zeolit
P4	8 gr urea + 200 gr zeolit
P5	2 gr urea
P6	4 gr urea
P7	6 gr urea
P8	8 gr urea

Pemupukan dilakukan setelah 2 MST dengan cara membenamkan pupuk urea ke dalam tanah dengan jarak 5 cm dari batang (Sunarjono, 2013). Pengamatan parameter pertumbuhan sawi berupa luas dan jumlah daun dilakukan setiap minggu selama 5 MST. Parameter lainnya yaitu berat basah dan berat kering bibit sawi diukur setelah panen. Selain itu diukur juga kandungan N tanah saat dilakukan pemupukan dan setelah panen untuk mengetahui efisiensi serapan N. Nilai efisien serapan N dihitung menggunakan persamaan 1.

$$\text{Efisiensi Serapan N (\%)} = \left(\frac{N_1 - N_2}{N_2} \right) \times 100 \quad (1)$$

dimana: N1 adalah kandungan N tersedia saat pemupukan yang menunjukkan kandungan nitrogen di tanah sebelum tanam, ditambah nitrogen dari pupuk urea yang diaplikasikan; sedangkan N2 adalah kandungan N tersedia sebelum panen yang menunjukkan kandungan nitrogen di tanah yang diukur sesaat sebelum panen, nilai ini mencerminkan sisa nitrogen setelah sebagian diserap oleh tanaman.

Analisis data

Data yang telah didapat selanjutnya dianalisa dengan uji *one way Analysis of Variance* (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) menggunakan software IBM SPSS 23 dengan taraf 5% dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh pemberian zeolit pada berbagai taraf pupuk urea terhadap pertumbuhan tanaman sawi

Pertumbuhan tanaman sawi dinilai berdasarkan beberapa parameter yaitu luas daun, jumlah daun, berat basah dan berat kering

Luas Daun

Luas daun salah satu parameter untuk menilai pertumbuhan vegetatif tanaman. Luas daun berperan penting dalam penyerapan cahaya, yang secara langsung memengaruhi pertumbuhan dan fotosintesis tanaman. Luas daun yang lebih besar umumnya memungkinkan intersepsi cahaya yang lebih besar, yang berpotensi meningkatkan kapasitas fotosintesis (Heim *et al.*, 2023; Van Der Meer *et al.*, 2021). Hasil analisis sidik ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi pupuk urea dan penambahan zeolit memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap peningkatan luas daun. Perlakuan kombinasi pemupukan urea dan penambahan zeolit menghasilkan luas daun yang lebih besar dibandingkan dengan tanpa zeolit.

Tabel 2. Pertumbuhan rata-rata luas daun

Perlakuan	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST
P0 (kontrol)	5.21a	11.07a	27.58a	36.53a	46.27a
P1	6.37a	12.36ab	54.07c	92.90d	115.49d
P2	6.74a	13.24ab	55.80c	94.78d	129.26e
P3	7.17a	15.29ab	78.92d	130.83e	143.57f
P4	6.94a	19.34b	81.61d	138.14e	147.43f
P5	5.40a	8.85a	34.64a	51.38b	66.78b
P6	5.64a	8.75a	34.39a	52.03b	67.47b
P7	5.52a	11.77ab	44.72b	64.68c	70.81b
P8	6.49a	12.10ab	54.02c	94.72d	84.57c

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan taraf 5%, angka dalam satuan cm².

Hasil uji DMRT pada pengamatan 5 MST menunjukkan bahwa rata-rata luas daun tertinggi ditemukan perlakuan P4 (81.61 cm²). P4 memiliki rata-rata luas daun yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya (P0, P1, P2, P5, P6, P7 dan P8) namun tidak berbeda nyata dengan P3.. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan P3 dan P4 telah mencapai luas daun optimal. Peningkatan dosis pupuk urea tidak lagi memberikan

tambahan yang signifikan terhadap luas daun. Pemberian pupuk pada dosis tertentu dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, tetapi setelah mencapai dosis optimal, penambahan pupuk lebih lanjut tidak memberikan peningkatan yang signifikan (Hardiyanti *et al.*, 2022; Kogoya *et al.*, 2018).

Penambahan zeolite pada media tanam dapat meningkatkan penyerapan urea karena zeolite dapat meningkatkan kapasitas tukar kation pada media tanam. Zeolit memiliki kapasitas tukar kation (KTK) yang tinggi (Sangeetha & Baskar, 2016; Suryaningtyas *et al.*, 2023). KTK zeolit yang tinggi memungkinkannya untuk secara efektif mempertahankan dan menukar kation hara di dalam tanah (Azhar *et al.*, 2023). Karakteristik ini khususnya bermanfaat bagi ion amonium (NH_4^+), yang dihasilkan dari hidrolisis urea di dalam tanah. Afinitas zeolit terhadap ion amonium membantu mengurangi pencucian nitrogen dan meningkatkan ketersediaannya bagi tanaman (Sariffuddin & Darmayanti, 2023). Suwardi, (2009) juga menjelaskan bahwa penambahan zeolit dapat mengurangi kehilangan hara dan tanaman mampu menyerap hara dengan optimal. Zeolit menyerap amonium dan melepaskannya kembali ke dalam larutan tanah saat tanaman membutuhkan nutrisi tersebut. Proses ini memungkinkan tanaman untuk menyerap hara dengan lebih optimal, sehingga mendukung pertumbuhan vegetatif yang lebih baik, termasuk peningkatan luas daun (Estiaty *et al.*, 2005).

Jumlah Daun

Jumlah daun mencerminkan kemampuan tanaman untuk menghasilkan organ fotosintetik baru selama fase pertumbuhan vegetatif. Semakin banyak jumlah daun yang dimiliki tanaman, semakin besar kapasitasnya untuk melakukan fotosintesis (Fahrinda *et al.*, 2024). Hasil analisis ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa perlakuan zeolit dan tanpa zeolit pada berbagai dosis urea memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap peningkatan jumlah daun dibandingkan dengan perlakuan kontrol (Tabel 2). Perlakuan penambahan zeolit pada berbagai dosis pupuk urea memberikan hasil jumlah daun yang lebih banyak dibandingkan tanpa penambahan zeolit. Hasil Uji DMRT pada pengamatan 5 MST menunjukkan rata-rata

jumlah daun tertinggi ditemukan pada perlakuan P4. Perlakuan P4 tidak berbeda nyata dengan perlakuan P3, namun perlakuan P4 berbeda nyata dengan semua perlakuan (P0, P1, P2, P5, P6, P7 dan P8).

Banyaknya jumlah daun pada perlakuan P3 dan P4 menunjukkan kemampuan tanaman tersebut mendapatkan nutrisi yang optimal. Kombinasi perlakuan dosis urea dan penambahan zeolit pada perlakuan P3 dan P4 merupakan kombinasi yang optimal. Pertumbuhan yang lebih baik dicapai pada perlakuan P3 dan P4, yang ditunjukkan oleh jumlah daun yang lebih banyak dan luas daun yang lebih besar. Akibatnya, perlakuan ini meningkatkan hasil fotosintesis secara keseluruhan (Fahrinda *et al.*, 2024). Lebih lanjut dijelaskan bahwa, jika nitrogen diberikan ke tanaman dalam jumlah yang tepat, maka dapat meningkatkan ukuran dan jumlah daun (Nurlenawati *et al.*, 2007). Selain itu, penambahan zeolit dapat membantu proses penyerapan nutrisi, sehingga tanaman dapat memanfaatkan unsur hara secara lebih efisien. Zeolit berfungsi sebagai media penyimpan air dan nutrisi, yang mendukung pertumbuhan akar dan meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman (Putri *et al.*, 2017).

Tabel 3. Pertumbuhan rata-rata jumlah daun

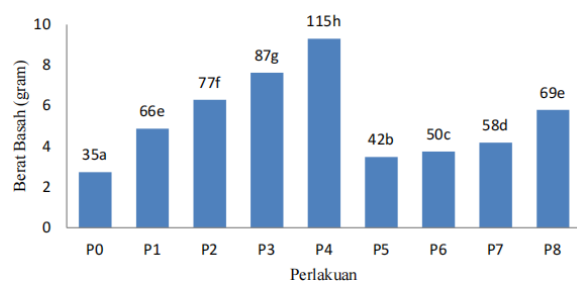
Perlakuan	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST
P0	3.66a	5.33a	5.66a	6.66a	7.00a
P1	3.33a	5.00a	5.66a	7.00a	7.66ab
P2	3.33a	5.33a	6.00a	7.66a	8.00ab
P3	3.33a	6.00a	6.33a	8.00a	9.00bc
P4	4.00a	5.33a	6.66a	8.33a	10.33c
P5	3.66a	4.66a	5.00a	7.00a	7.00a
P6	3.33a	4.66a	5.33a	7.33a	7.33a
P7	3.66a	5.33a	5.66a	7.00a	7.66ab
P8	3.33a	5.00a	6.00a	7.33a	8.66ab

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada taraf 5%

Berat Basah

Berat basah merupakan indikator langsung dari akumulasi biomassa tanaman, termasuk kandungan air dalam jaringan tanaman. Berat basah yang lebih tinggi menunjukkan tanaman yang tumbuh dalam kondisi optimal. Semakin

baik pertumbuhan vegetatifnya, semakin besar pula berat basah yang dihasilkan (Zulkifli *et al.*, 2022). Hasil analisis sidik ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa perlakuan penambahan zeolit dan tanpa zeolit pada berbagai dosis urea memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap peningkatan berat basah tanaman sawi. Perlakuan pemupukan urea pada berbagai dosis dengan penambahan zeolit menunjukkan hasil berat basah yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanpa zeolit. Berat basah tertinggi diperoleh pada perlakuan P4. Hasil Uji DMRT menunjukkan bahwa perlakuan P4 memiliki berat basah tertinggi dan berbeda nyata dengan semua perlakuan (Gambar 1).



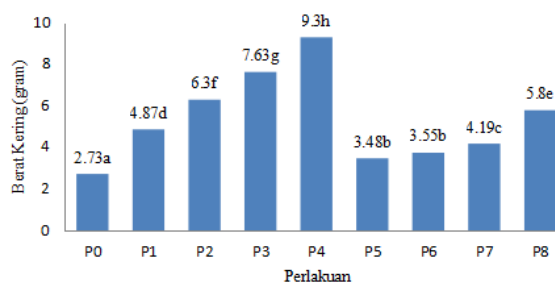
Gambar 1. Berat basah pada 5 MST. Angka yang diikuti dengan huruf sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan taraf 5%.

Berat Kering

Berat kering memberikan gambaran tentang efisiensi fotosintesis dan penggunaan nutrisi oleh tanaman. Berat kering merupakan hasil dari akumulasi biomassa yang dihasilkan melalui proses fotosintesis. Semakin tinggi berat kering, semakin banyak fotosintat yang dihasilkan, yang menunjukkan efisiensi fotosintesis yang baik (Kiswanto *et al.*, 2012). Ketersediaan unsur hara yang cukup memungkinkan tanaman untuk melakukan fotosintesis secara optimal, menghasilkan lebih banyak asimilat yang akan terakumulasi sebagai berat kering (Dewi *et al.*, 2021).

Hasil analisis sidik ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa perlakuan zeolit dan tanpa zeolit pada berbagai dosis urea memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap peningkatan berat kering tanaman sawi. Perlakuan penambahan zeolit pada berbagai taraf dosis pemupukan urea memberikan hasil berat kering yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanpa penambahan zeolit. Hasil uji DMRT menunjukkan bahwa perlakuan P4

memiliki berat kering tertinggi dan berbeda nyata dengan semua perlakuan (Gambar 2).



Gambar 2. Berat kering tanaman pada 5 MST. Angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan taraf 5%.

Parameter berat basah dan berat kering menunjukkan bahwa perlakuan P4 memiliki nilai berat basah dan berat kering yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Bila dibandingkan dengan perlakuan dosis pupuk yang sama pada P8 (perlakuan 8 gr urea dan tanpa zeolite), terlihat perbedaan yang signifikan. Bahkan, jika dibandingkan dengan perlakuan dosis urea yang lebih rendah yaitu P2 (urea 4 gr dan 200 gr zeolite), berat basah dan kering P8 tetap lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan zeolite dalam kombinasi dengan urea pada dosis tertentu dapat meningkatkan efektivitas pemupukan, sehingga memberikan hasil pertumbuhan tanaman yang lebih optimal.

Pengaruh pemberian zeolit terhadap efisiensi pemupukan urea pada tanaman sawi (*Brassica juncea* L.).

Efisiensi pemupukan mengacu pada perbandingan antara jumlah unsur hara yang diserap oleh tanaman dan jumlah pupuk yang diberikan. Efisiensi ini menunjukkan seberapa efektif nitrogen dari pupuk urea digunakan oleh tanaman untuk meningkatkan biomassa dan hasil. Hasil perhitungan efisiensi serapan N menunjukkan bahwa perlakuan penambahan zeolit memiliki nilai efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan tanpa penambahan zeolit (Tabel 4). Perlakuan P4 memiliki nilai efisiensi serapan hara Nitrogen tertinggi yaitu sebesar 56.45%.

Zeolite berperan dalam meningkatkan ketersediaan nitrogen atau efisiensi serapan nutrisi oleh tanaman. Zeolit memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi pemupukan nitrogen (N) karena zeolit mengikat kation,

seperti NH₄⁺, sehingga mengurangi kehilangan nitrogen akibat pencucian dan volatilitas. Hal ini memungkinkan tanaman mendapatkan lebih banyak nitrogen, meningkatkan serapan, dan meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk (Zulkifli *et al.*, 2022).

Tabel 4. Kandungan N Tanah dan Efisiensi Serapan N

Perlakuan	Kand. N Saat pemupukan (mg)	Kand. N Sebelum panen (mg)	Efisiensi Serapan (%)
P0	8	7	12.50
P1	16	9	43.75
P2	33	18	45.45
P3	48	26	45.83
P4	62	27	56.45
P5	18	12	33.33
P6	32	20	37.50
P7	48	30	37.50
P8	61	40	34.42

Zeolit telah terbukti dapat meningkatkan ketersediaan Nitrogen tanah. Akbari *et al.*, (2021) melaporkan bahwa penggabungan zeolit ke dalam sistem manajemen pupuk terpadu menghasilkan penyerapan nitrogen yang lebih tinggi dan hasil panen yang lebih baik. Efisiensi pemulihan nitrogen meningkat dari 11,7% tanpa zeolit menjadi 30% dengan zeolit dalam percobaan rumput gandum (Antoniadis *et al.*, 2012). Zeolit membantu mengefisiensikan pemupukan karena zeolit mampu menyerap unsur hara pada pupuk (Bimantio, 2018). Zeolit mengikat nutrisi dan melepaskannya perlahan sehingga dapat dimanfaatkan oleh tanaman (Hikmah, 2006)

Kesimpulan

Penambahan zeolit pada media tanam dapat meningkatkan penyerapan Nitrogen pada pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica juncea* L.). Hasil tertinggi diperoleh pada perlakuan dengan dosis 8 gr urea dan 200 gr zeolit yang ditunjukkan dengan nilai rata-rata luas daun (147.43 cm²), berat basah (115 gr) dan berat kering (9.3 gr) dibandingkan dengan perlakuan Kontrol dan tanpa penambahan Zeolit. Efisiensi serapan Nitrogen pada tanaman sawi lebih tinggi pada perlakuan dengan penambahan zeolit dibandingkan tanpa zeolit.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada segenap pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penelitian dan penyusunan artikel ini.

Referensi

- Akbari, H., Modarres-Sanavy, S. A. M., & Heidarzadeh, A. (2021). Fertilizer systems deployment and zeolite application on nutrients status and nitrogen use efficiency. *Journal of Plant Nutrition*, 44(2), 196–212. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1806299>
- Antoniadis, V., Damalidis, K., & Koutroubas, S. D. (2012). Nitrogen and phosphorus availability to ryegrass in an acidic and limed zeolite-amended soil. *Agrochimica*, 56(6), 309–318. Retrieved from https://scholar.google.com/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=Nitrogen+and+phosphorus+availability+to+ryegrass+in+an+acidic+and+limed+zeolite-amended+soil&btnG=
- Azhar, F. H., Sazali, N., Harun, Z., Paramasivam, M. R. A., Hussin, R., Kamdi, Z., ... Khadijah, S. (2023). Simple Approach in Measuring the Synthesized Zeolite from Kaolin as Nutrient Retention for Mung Bean Growth. *Emerging Advances in Integrated Technology*, 3(2), 52–59. <https://doi.org/10.30880/emait.2022.03.02.005>
- Bibi, S., Saifullah, S., Naeem, A., & Dahlawi, S. (2016). Environmental Impacts of Nitrogen Use in Agriculture, Nitrate Leaching and Mitigation Strategies. In *Soil Science: Agricultural and Environmental Prospectives* (pp. 131–157). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-34451-5>
- Bimantio, Mohammad Prasanto, & Saragih, D. P. (2018). Benefisiasi Prarancangan Proses Pengolahan Pupuk Granul. *Prosiding Seminar Instiper Tahun 2018*, (19 September), 103–115. Retrieved from
- Bimantio, Muhammad Prasanto. (2018). Effect of Grain Size and Activation Time of Zeolite To Adsorption and Desorption of

- Nh₄Oh and Kcl As Model of Fertilizer-Zeolite Mix. *Konversi*, 6(2), 21. <https://doi.org/10.20527/k.v6i2.4758>
- Cahyono, O. (2015). Kompos Pada Budidaya Tanaman Cabai (*Capsicumfrutescens*) Application of Natural Fertilizer Made From Zeolite and Compost on Chili Pepper. *Jurnal Ilmiah AGRINECA*, 15(1). <https://doi.org/10.36728/afp.v15i1.346>
- Cataldo, E., Salvi, L., Paoli, F., Fucile, M., Masciandaro, G., Manzi, D., ... Mattii, G. B. (2021). Application of zeolites in agriculture and other potential uses: A review. *Agronomy*, 11(8), 1–14. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081547>
- de Campos Bernardi, A. C., Polidoro, J. C., de Melo Monte, M. B., Pereira, E. I., de Oliveira, C. R., & Ramesh, K. (2016). Enhancing Nutrient Use Efficiency Using Zeolites Minerals—A Review. *Advances in Chemical Engineering and Science*, 06(04), 295–204. <https://doi.org/10.4236/aces.2016.64030>
- Dewi, R. S., Sumarsono, & Fuskhah, E. (2021). Pengaruh Pembenh Tanah Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tiga Varietas Padi Pada Tanah Asal Karanganyar Berbasis Pupuk Organik Bio-Slurry. *Jurnal Buana Sains*, 21(1), 2527–5720. <https://doi.org/10.33366/bs.v21i1.2759>
- Estiati, L. M., Suwardi, Yuiana, I., Fatimah, D., & Suherman, D. (2005). Pengaruh Zeolit Terhadap Efisiensi Unsur Hara pada Pupuk Kandang dalam Tanah. *Zeolit Indonesia*, 4(2), 62–69. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Suwardi-Suwardi/publication/369021675_Pengaruh_Zeolit_Terhadap_Efisiensi_Unsur_Hara_pada_Pupuk_Kandang_dalam_Tanah/links/6405628857495059456a86f2/Pengaruh-Zeolit-Terhadap-Efisiensi-Unsur-Hara-pada-Pupuk-Kandang-dalam-Tanah.pdf
- Fahrinda, F. R., Suyanti, S., & Purwanti, S. (2024). Sifat Daun , Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung Hibrida pada Berbagai Dosis Pupuk N. *Biofarm Jurnal Ilmiah Pertanian*, 20(1), 65–71.
- Hardiyanti, R. A., Hamzah, H., & Andriani, A. (2022). Pengaruh Pemberian Pupuk NPK Terhadap Pertambahan Bibit Merbau Darat (intsia palembanica) DI Pembibitan. *Jurnal Silva Tropika*, 6(1), 15–22. <https://doi.org/10.22437/jsilvtrop.v6i1.20845>
- Heim, R. J., Iturrate-Garcia, M., Reji Chacko, M., Karsanaev, S., Maximov, T. C., Heijmans, M. M. P. D., & Schaeppman-Strub, G. (2023). Deciduous Tundra Shrubs Shift Toward More Acquisitive Light Absorption Strategy Under Climate Change Treatments. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 128(9), 1–14. <https://doi.org/10.1029/2023JG007657>
- Herwanda, R., Murdiono, W. E., & Koesriharti, K. (2017). The Application of Nitrogen and Foliar Fertilizer to Growth and Yield of Shallots (*Allium cepa* L. var. *ascalonicum*). *Jurnal Produksi Tanaman*, 5(1), 46–53.
- Hikmah, N. (2006). *Peranan Zeolit Dalam Pelepasan Nitrogen Dari Pupuk Tersedia Lambat (Slow Release Fertilizers)*. tidak dipublikasikan. Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Kiswanto, Indradewa, D., & Putra, E. T. S. (2012). Pertumbuhan Dan Hasil Jagung (*Zea mays* L.), Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.), Dan Jahe (*Zingiber officinale* var. *officinale*) Pada Sistem Agroforestri Jati Di Zona Ledok Wonosari, Gunung Kidul. *Vegetalika*, 1(3), 1–17. <https://doi.org/10.22146/veg.1359>
- Kogoya, T., Dharma, I. P., & Sutedja, I. N. (2018). Pengaruh Pemberian Dosis Pupuk Urea terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam Cabut Putih (*Amaranthus tricolor* L.). *Agroekoteknologi Tropika*, 7(4), 575–584. Retrieved from <https://ojs.unud.ac.id/index.php/JAT575>
- Latifah, O., Ahmed, O. H., & Majid, N. M. A. (2017). Enhancing nitrogen availability from urea using clinoptilolite zeolite. *Geoderma*, 306(July), 152–159. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.07.012>
- Mangardi, M., & Sinaga, M. (2023). Pengaruh Jenis Dan Dosis Biochar Terhadap Pencucian Dan Serapan Nitrogen Pada Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L.). *Piper*, 19(2), 153–160. <https://doi.org/10.51826/piper.v19i2.925>

- Nabiela, J., & Yamika, W. S. D. (2019). Pengaruh Komposisi Berbagai Macam Media Tanam Hidroponik Substrat terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Melon (*Cucumis Melo L.*). *Produksi Tanaman*, 7(12), 2352–2357. Retrieved from <https://protan.studentjournal.ub.ac.id/index.php/protan/article/view/1308>
- Nurlenawati, N., Mahmud, Y., & Feriyani, E. D. (2007). Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Caisim (*Brassica juncea L.*) Terhadap Kombinasi Dosis Pupuk Nitrogen dan Pupuk Organik Granular. *Solusi*, 7(12). Retrieved from <https://lppmunsika.wordpress.com/solusi-vol-7-no-12/respon-pertumbuhan-dan-hasil-tanaman-caisim-brassica-juncea-l-terhadap-kombinasi-dosis-pupuk-nitrogen-dan-pupuk-organik-granular/>
- Putri, Y. A., Sebayang, H. T., Nur, D., Suminarti, E., Budidaya, J., & Fakultas, P. (2017). Pengaruh Pengurangan Jumlah Dan Posisi Daun Pada Tanaman Sorgum Effect Reduction of the Number and Position Leaves on Sorghum Plants. *Jurnal Produksi Tanaman*, 5(10), 1716–1723.
- Saggar, S., Bolan, N., Singh, J., & Blard, A. (2023). Economic and environmental impacts of increased nitrogen use in grazed pastures and role of inhibitors in mitigating nitrogen losses. *New Zealand Science Review*, 62(3), 69–74. <https://doi.org/10.26686/nzsr.v62.8911>
- Sangeetha, C., & Baskar, P. (2016). Zeolite and its potential uses in agriculture : A critical review. *Agricultural Reviews*, 37(of), 101–108. <https://doi.org/10.18805/ar.v0iof.9627>
- Sarifuddin, & Darmayanti. (2023). Effect of zeolite and neem oil on N-soil form and efficiency of urea fertilization in rice fields. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1241(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1241/1/012022>
- Setyawan, S. F. D., & Suminarti, N. E. (2018). Respon tanaman sorgum (*Sorghum bicolor L.*) varietas Super 1 pada pemberian zeolit dan pupuk N. *Plantropica Journal of Agricultural Science*, 3(1), 44–53. Retrieved from <https://jpt.ub.ac.id/index.php/jpt/article/viewFile/160/151>
- Sunarjono, H. (2013). *Bertanam 36 Jenis Sayur*. Jakarta.: Penebar Swadaya.
- Suryaningtyas, D. T., Nur Fatiha, Y. G., Oktariani, P., & Suwardi. (2023). Zeoponic, a plant growing medium from zeolite mineral. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1133(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1133/1/012020>
- Suwardi. (2009). Teknik aplikasi zeolit di bidang pertanian sebagai bahan pembenah tanah. *Jurnal Zeolit Indonesia*, 8(1), 33–39. Retrieved from <https://media.neliti.com/media/publication/s/219453-none.pdf>
- Van Der Meer, M., De Visser, P. H. B., Heuvelink, E., & Marcelis, L. F. M. (2021). Row orientation affects the uniformity of light absorption, but hardly affects crop photosynthesis in hedgerow tomato crops. *In Silico Plants*, 3(2), 1–10. <https://doi.org/10.1093/insilicoplants/diab025>
- Zulkifli, Z., Mulyani, S., Saputra, R., & Pulungan, L. A. B. (2022). Hubungan Antara Panjang Dan Lebar Daun Nenas Terhadap Kualitas Serat Daun Nenas Berdasarkan Letak Daun Dan Lama Perendaman Daun. *Jurnal Agrotek Tropika*, 10(2), 247. <https://doi.org/10.23960/jat.v10i2.5461>