

Pengaruh Pembena Tanah Diperkaya Asam Amino Terhadap KTK, N-Total, Serapan-N, Dan Hasil Padi Sawah Di Inceptisols

Emma Trinurani Sofyan^{1)*}, Rija Sudirja¹⁾, Ania Citraresmini¹⁾, Fiky Yulianto Wicaksono²⁾, Najma Fashally Desev³⁾

¹⁾ Staf Pengajar Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

²⁾ Staf Pengajar Departemen Budidaya, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

³⁾ Mahasiswa Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

*Corresponding Author: emma.trinurani@unpad.ac.id

Received April 10, 2026; revised Mei 04, 2026; accepted Mei 06, 2026

ABSTRAK

Tanah Inceptisol memiliki kendala kesuburan berupa rendahnya kandungan bahan organik, kapasitas tukar kation (KTK), dan nitrogen. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dosis optimal bahan pembena tanah (kompos eceng gondok, biochar jerami, dan asam humat) yang diperkaya asam amino terhadap sifat kimia tanah dan hasil panen padi (*Oryza sativa* L.) di rumah kaca pada tanah Inceptisol Jatianangor. Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan tujuh perlakuan, mulai dari kontrol, dosis tunggal NPK, hingga kombinasi bahan pembena tanah dengan berbagai dosis NPK ($\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, dan 1 dosis yang direkomendasikan). Parameter yang diukur meliputi Kapasitas Tukar Kation (KTK) tanah, nitrogen total, penyerapan nitrogen, dan berat gabah kering giling (GKG). Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi bahan pembena tanah yang diperkaya asam amino secara signifikan meningkatkan komponen hasil panen. Kombinasi bahan pembena tanah dengan $\frac{1}{2}$ hingga $\frac{3}{4}$ dosis NPK yang direkomendasikan mampu menghasilkan GKG yang setara dengan dosis NPK penuh. Hal ini menunjukkan bahwa bahan pembena tanah dapat meningkatkan efisiensi penyerapan nitrogen dan memperbaiki retensi nutrisi pada tanah Inceptisol. Oleh karena itu, penggunaan bahan pembena tanah ini secara efektif mengurangi kebutuhan pupuk anorganik sambil mempertahankan produktivitas padi.

Kata kunci: Asam Amino, KTK, N-Total, Padi Sawah, Pembena Tanah

Effect of Amino Acid-Enriched Soil Conditioner on CEC, Total-N, N-Uptake, and Rice Yield in Inceptisols

ABSTRACT

Inceptisols have fertility constraints in the form of low organic matter content, cation exchange capacity (CEC), and nitrogen. This study aims to determine the optimal dose of soil ameliorant (water hyacinth compost, straw biochar, and humic acid) enriched with amino acids on soil chemical properties and rice (*Oryza sativa* L.) yields in greenhouse at Inceptisols in Jatianangor. The research method used a Randomized Block Design (RBD) with seven treatments, ranging from control, single NPK doses, to combinations of soil ameliorant with various NPK doses ($\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, and 1 recommended dose). The parameters measured included soil CEC, total N, N uptake, and milled dry grain weight (MDGW). The results showed that the application of amino acid-enriched soil conditioner significantly increased crop yield components. The combination of soil ameliorant with $\frac{1}{2}$ to $\frac{3}{4}$ of the recommended NPK dose was able to produce MDGW equivalent to the full NPK dose. This indicates that soil ameliorant can increase nitrogen uptake efficiency and improve nutrient retention in Inceptisols. In conclusion, the use of this soil ameliorant effectively reduces the need for inorganic fertilizers while maintaining rice productivity.

Keywords: Amino acids, CEC, Total N, Rice, Soil ameliorant.

PENDAHULUAN

Salah satu dari 12 ordo tanah yang ada di dunia dan terdapat di Indonesia ialah Inceptisols. Ordo ini mendominasi wilayah dataran rendah dengan kemiringan lereng 0-8% akibat pelapukan yang masih berkembang, sehingga ordo Inceptisols mudah ditemukan dan dijadikan persawahan. Inceptisols termasuk salah satu ordo yang berpotensi untuk ditanami padi karena salah satu mayoritas ordo di

Indonesia yaitu sekitar 70,52 juta hektar menurut Puslittanak, 2006 dalam Sofyan *et al.* (2024). Menurut Elfarisna *et al.* (2024), ordo tanah yang umum digunakan untuk budidaya padi sawah di Pulau Jawa adalah Inceptisols.

Inceptisols umumnya memiliki pembatas dalam kesuburannya akibat pH rendah, kapasitas tukar kation (KTK) rendah, dan kandungan C dan N organik tanah yang rendah (Yuniarti *et al.*, 2019). Kondisi ini dapat

diperburuk oleh penggenangan yang dapat mengurangi ketersediaan N, S, dan Zn, sehingga dapat mempengaruhi pertumbuhan vegetatif padi sawah yang dimulai penurunan tinggi tanaman dan jumlah anakan hingga penurunan hasil padi (Shrestha *et al.*, 2022). Kesuburan tanah yang rendah pada Inceptisols dapat ditingkatkan melalui penambahan unsur hara yang dapat berasal dari bahan anorganik dan organik (Suhemi *et al.*, 2022). Pembenh tanah organik dapat diformulasikan dari bahan organik seperti kompos eceng gondok, biochar jerami, asam humat, dan asam amino. Salah satu bahan pembenh tanah yang dapat digunakan untuk meningkatkan unsur hara pada tanah, seperti N, P, dan K adalah eceng gondok. Selain itu eceng gondok mengandung C/N ratio yang rendah, sehingga dapat dikatakan bahwa kompos ini relatif cepat matang dan mudah melepaskan nitrogen (Balasubramanian., 2013).

Penelitian Safitri *et al.* (2018) menunjukkan bahwa kombinasi bahan pembenh tanah kompos eceng gondok (25 t ha⁻¹; komposisi 55,51%), biochar jerami (20 t ha⁻¹; komposisi 44,40%), dan asam humat (40 kg ha⁻¹; komposisi 0,09%) dengan dosis 8 t ha⁻¹ dapat memperbaiki sifat fisika, biologi, dan kimia tanah, serta meningkatkan ketersediaan hara pada tanah bekas tambang pasir atau tanah marginal dan rendah ketersediaan hara. Bahan lain yang dapat dimanfaatkan sebagai pembenh tanah yaitu asam humat yang merupakan salah satu penyusun senyawa humat. Asam humat dapat diperoleh dari berbagai bahan organik, seperti kompos, gambut, kotoran hewan, dan batubara muda (Lapatoro *et al.*, 2023). Pengaplikasian asam humat ke dalam tanah bermanfaat dalam meningkatkan sifat kimia tanah, mengatur reaksi kimia tanah, meningkatkan serapan hara dan pertumbuhan tanaman, serta memperbaiki sifat fisik tanah yang meliputi aerasi dan permeabilitas tanah (Amoah-Antwi *et al.*, 2022; Indra *et al.*, 2019).

Asam amino juga merupakan komponen penting yang dapat digunakan sebagai bahan pembenh tanah. Asam amino yang larut dalam air adalah sumber nitrogen organik terlarut yang efisien dan berkelanjutan, serta tidak bersifat fitoksik, dan minim risiko pencucian unsur hara (Yuswadinata & Wathoni, 2021). Penggunaan pupuk dengan penambahan asam amino diketahui dapat mengatasi keterbatasan sintesis alami tanaman dalam menyerap nutrisi dari kompleks tanah dan air, meningkatkan ketahanan terhadap cekaman, serta secara signifikan meningkatkan hasil produksi tanaman (Bakpa *et al.*, 2021).

Percobaan ini bertujuan untuk menentukan dosis yang paling tepat dari kombinasi pembenh tanah dan pupuk N, P, K guna meningkatkan KTK, N-total, Serapan N dan komponen hasil tanaman padi yang paling maksimal pada tanah Inceptisols di Jatinangor.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilakukan pada Bulan September 2025 hingga Januari 2026 di Rumah Kaca

Laboratorium Kimia Tanah dan Nutrisi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, yang berada pada ketinggian 794 m di atas permukaan laut. Sementara itu, analisis tanah dan tanaman dilakukan di Laboratorium Kimia Tanah dan Nutrisi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Percobaan menggunakan bahan seperti tanah Inceptisols asal Jatinangor, benih padi Inpari 32, bahan pembenh tanah yang terdiri dari kompos eceng gondok, biochar jerami, asam humat, asam amino, serta pupuk (urea, SP-36, dan KCl) dengan dosis yang bervariasi sesuai perlakuan.

Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan 7 perlakuan dan empat ulangan, sehingga terdiri dari 28 unit percobaan dan dilakukan dalam skala pot di *Greenhouse*. Dosis pembenh tanah yang digunakan dalam percobaan ini yaitu 1 dosis 8 t/ha, dan dosis pupuk N, P, K yang digunakan yaitu ¼ (Urea 0,67 g/pot, SP-36 0,09 g/pot, dan KCl 0,09 g/pot), ½ (Urea 1,35 g/pot, SP-36 0,19 g/pot, dan KCl 0,19 g/pot), ¾, (Urea 2,02 g/pot, SP-36 0,29 g/pot, dan KCl 0,29 g/pot), dan 1 dosis N, P, K rekomendasi (Urea 2,72 g/pot, SP-36 0,39 g/pot, dan KCl 0,39 g/pot).

Aplikasi bahan pembenh tanah dilakukan sekali yaitu saat persiapan media tanam yang dikompositkan dengan media tanah. Pupuk urea diaplikasikan sebanyak tiga kali, yaitu 20% saat penanaman, 40% saat umur tanaman padi 21 HST, dan 40% ketika umur tanaman padi 35 HST. Sementara itu, pupuk SP-36 dan KCl diaplikasikan sekali pada saat penanaman. Pengamatan parameter dilakukan dengan mengambil sampel tanah dan tanaman kemudian saat umur tanaman mencapai vegetatif maksimum, kemudian dilakukan pengujian KTK, N-total, Serapan N pada tanaman di laboratorium. Perhitungan hasil panen meliputi jumlah gabah per malai, persentase gabah isi per malai, bobot gabah kering panen (gram), dan bobot 100 butir (gram).

HASIL DAN PEMBAHASAN

KTK

Hasil analisis statistik terdapat pada Tabel 1 yang menunjukkan pengaruh dari kombinasi pembenh tanah dan pupuk N, P, K terhadap KTK pada Inceptisols.

KTK merupakan salah satu indikator kesuburan kimia tanah yang menunjukkan kemampuan tanah dalam mengadsorpsi dan menukar kation seperti K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, NH₄⁺, dan Na⁺. Unsur-unsur tersebut berperan langsung dalam pembentukan klorofil, aktivasi enzim, pembelahan sel, pembentukan anakan, hingga pengisian bulir pada tanaman padi, sehingga secara tidak langsung dapat meningkatkan kualitas hasil padi sawah, seperti bobot isi dan malai per rumpun. Oleh karena itu, KTK memiliki korelasi erat dengan pertumbuhan vegetatif maupun produktivitas generatif tanaman padi (Havlin *et al.*, 2022). Tanah

dengan KTK tinggi memiliki kemampuan lebih besar dalam mempertahankan ketersediaan nitrogen dalam bentuk NH_4^+ yang merupakan bentuk dominan N pada sistem sawah tergenang. Nitrogen berperan dalam pembentukan daun dan anakan produktif (Zhang *et al.*, 2023). KTK juga berperan dalam menentukan stabilitas ketersediaan kalium (K^+) dan kalsium (Ca^{2+}) selama fase generatif. Kalium berfungsi dalam

translokasi fotosintat dari daun ke bulir, pengaturan tekanan osmotik, dan pengisian biji. Tanah dengan KTK tinggi mampu menahan K^+ lebih lama sehingga kehilangan akibat pencucian dapat diminimalisir. Oleh karena itu, KTK dapat secara langsung meningkatkan potensi nutrisi dalam tanah terjerap dan mudah terserap oleh tanaman padi.

Tabel 1 Pengaruh Kombinasi Pembenh Tanah dan Pupuk N, P, K terhadap KTK

Perlakuan	KTK tanah
A Kontrol	23,48 a
B N, P, K rekomendasi	22,86 a
C Pembenh tanah	40,04 b
D Pembenh tanah + $\frac{1}{4}$ dosis N, P, K	43,28 b
E Pembenh tanah + $\frac{1}{2}$ dosis N, P, K	41,64 b
F Pembenh tanah + $\frac{3}{4}$ dosis N, P, K	41,81 b
G Pembenh tanah + 1 dosis N, P, K	44,11 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan nilai rata-rata yang berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

KTK berkaitan erat dengan kandungan liat dan bahan organik tanah karena muatan negatif pada permukaan koloid tanah (mineral liat dan humus) berperan dalam menahan kation hara sehingga meminimalisir pencucian hara di dalam tanah akibat curah hujan yang tinggi (Havlin *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2023). Tanah dengan KTK tinggi memiliki kapasitas lebih besar dalam menyimpan unsur hara dan mempertahankan ketersediaannya bagi tanaman dalam jangka panjang. Peningkatan bahan organik tanah secara signifikan meningkatkan muatan luasan permukaan dan nilai KTK melalui kontribusi gugus karboksil dan fenolik pada senyawa humat (Zhang *et al.*, 2023). Selain itu, menurut Soil & Tillage Research (2024), aplikasi pembenh tanah organik dan biochar mampu meningkatkan KTK tanah melalui peningkatan fraksi karbon stabil dan luas permukaan spesifik tanah, sehingga meningkatkan efisiensi pemupukan N, P, dan K.

Berdasarkan hasil analisis ragam dan uji lanjut Duncan taraf 5%, perlakuan kombinasi pembenh tanah dan pupuk N, P, K memberikan pengaruh nyata terhadap nilai KTK tanah. Nilai KTK pada perlakuan kontrol (A) sebesar 23,48 cmol (+)/kg dan perlakuan NPK rekomendasi (B) sebesar 22,86 cmol (+)/kg menunjukkan tidak adanya perbedaan nyata. Hal ini mengindikasikan bahwa aplikasi pupuk anorganik N, P, K tanpa disertai pembenh tanah tidak mampu meningkatkan kapasitas tukar kation tanah secara signifikan. Pupuk anorganik hanya menambah ion hara dalam larutan tanah tanpa meningkatkan jumlah koloid bermuatan negatif yang berperan dalam proses pertukaran kation (Brady *et al.*, 2022). Sebaliknya, seluruh perlakuan yang menggunakan pembenh tanah (C hingga G) menunjukkan nilai KTK yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan kontrol dan NPK rekomendasi, dengan kisaran 40,04–44,11 cmol (+)/kg dan seluruhnya berada pada notasi huruf (b). Nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan G (pembenh tanah

+ 1 dosis NPK) sebesar 44,11 cmol (+)/kg, diikuti perlakuan D (pembenh tanah + $\frac{1}{4}$ dosis NPK) sebesar 43,28 cmol (+)/kg. Namun demikian, secara statistik antar perlakuan C, D, E, F, dan G tidak menunjukkan perbedaan nyata.

Tidak ditemukan adanya perbedaan nyata antar perlakuan dengan penambahan dosis pembenh tanah menunjukkan bahwa faktor utama pada peningkatan KTK tanah tidak berasal dari ketersediaan pembenh tanah, namun oleh variasi dosis pupuk N, P, dan K. pembenh tanah yang mengandung bahan organik atau biochar meningkatkan jumlah muatan negatif tanah melalui gugus fungsional seperti karboksil ($-\text{COOH}$) dan fenolik ($-\text{OH}$), sehingga kapasitas adsorpsi kation meningkat. Pupuk NPK tidak secara langsung menambah muatan koloid tanah, sehingga tidak memengaruhi nilai KTK secara signifikan. Peningkatan KTK dari kisaran ± 23 cmol (+)/kg pada kontrol menjadi ± 40 – 44 cmol (+)/kg pada perlakuan pembenh menunjukkan perubahan kategori kesuburan kimia tanah dari sedang menuju tinggi. Tanah dengan KTK tinggi memiliki kemampuan lebih baik dalam menahan dan menyediakan unsur hara kationik seperti K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan NH_4^+ , sehingga kehilangan hara akibat pencucian dapat ditekan dan efisiensi pemupukan meningkat. Hal ini berdampak positif terhadap stabilitas kesuburan tanah dalam jangka panjang.

N-total

Hasil analisis statistik terdapat pada Tabel 2 yang menunjukkan pengaruh dari kombinasi pembenh tanah dan pupuk N, P, K terhadap N-total pada Inceptisols.

N-total merupakan salah satu indikator kesuburan kimia tanah yang mengindikasikan total cadangan nitrogen baik dalam bentuk organik maupun anorganik. Sebagian besar nitrogen dalam tanah (>90%) berada dalam bentuk organik yang terikat

dalam bahan organik tanah dan menjadi tersedia bagi tanaman melalui proses mineralisasi oleh mikroorganisme tanah (Kuypers *et al.*, 2022). Oleh karena itu, kandungan N-total erat kaitannya dengan bahan organik dan aktivitas biologis tanah. Nitrogen berperan dalam sintesis asam amino, protein, enzim, dan klorofil, sehingga berpengaruh terhadap

pertumbuhan vegetatif tanaman, luas daun, dan kapasitas fotosintesis (Wang *et al.*, 2023). Pada tanaman padi sawah, kandungan nitrogen dapat meningkatkan jumlah anakan produktif, luas daun bendera, serta bobot gabah, sedangkan defisiensi nitrogen menyebabkan klorosis dan penurunan hasil secara signifikan (IRRI, 2023).

Tabel 2 Pengaruh Kombinasi Pembenh Tanah dan Pupuk N, P, K terhadap N-total

	Perlakuan	N-total tanah
A	Kontrol	0,12 a
B	N, P, K rekomendasi	0,32 bc
C	Pembenh tanah diperkaya	0,19 a
D	Pembenh tanah + ¼ dosis N, P, K	0,21 ab
E	Pembenh tanah + ½ dosis N, P, K	0,36 c
F	Pembenh tanah + ¾ dosis N, P, K	0,38 c
G	Pembenh tanah + 1 dosis N, P, K	0,34 c

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan nilai rata-rata yang berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Perlakuan A (kontrol) menunjukkan nilai N-total terendah yaitu 0,12% dengan perlakuan C (pembenh tanah diperkaya) sebesar 0,19%, yang menandakan keduanya tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut Uji Duncan. Kondisi ini menunjukkan bahwa pemberian pembenh tanah tanpa tambahan nitrogen anorganik belum mampu meningkatkan cadangan nitrogen total secara signifikan dalam jangka pendek. Zhang *et al.* (2022) menyatakan bahwa peningkatan N-total akibat bahan organik sangat bergantung pada laju dekomposisi dan waktu inkubasi tanah.

Perlakuan B (N, P, K rekomendasi) menghasilkan N-total sebesar 0,32% tidak berbeda nyata dengan perlakuan D (0,21%), namun berbeda nyata dengan perlakuan A. Peningkatan ini menunjukkan bahwa aplikasi pupuk nitrogen secara langsung meningkatkan kandungan nitrogen total tanah melalui akumulasi nitrogen mineral dan residu nitrogen yang belum terserap tanaman. Menurut Liu *et al.* (2023), pemupukan nitrogen anorganik secara signifikan meningkatkan kandungan N-total tanah pada musim tanam yang sama. Perlakuan E (pembenh tanah + ½ dosis NPK) dan perlakuan F (pembenh tanah + ¾ dosis N, P, K), dan G (pembenh tanah + 1 dosis N, P, K) menunjukkan nilai N-total tertinggi berturut-turut 0,36%, 0,38%, dan 0,34% yang menandakan tidak berbeda nyata. Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi bahan organik dan pupuk nitrogen mampu meningkatkan retensi nitrogen dalam tanah dengan stabil, namun berbeda halnya pada perlakuan D yang hanya memiliki ¼ dosis, sehingga pasokan hara N tidak optimal. Bahan organik meningkatkan kapasitas tanah dalam mengikat nitrogen melalui pembentukan kompleks organo-mineral serta meningkatkan aktivitas mikroba yang berperan dalam imobilisasi dan mineralisasi nitrogen (Kuypers *et al.*, 2022; Liang *et al.*, 2024).

Tidak adanya perbedaan nyata antara dosis ½, ¾, dan 1 dosis N, P, K menunjukkan bahwa setelah

mencapai batas maksimum tertentu, tambahan nitrogen tidak secara signifikan meningkatkan cadangan N-total tanah. Diketahui sebagian nitrogen tambahan dapat hilang melalui proses denitrifikasi, volatilisasi amonia, atau pencucian nitrat pada sistem sawah tergenang (Zhao *et al.*, 2022). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi pembenh tanah dan pupuk nitrogen memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan N-total dibandingkan kontrol, namun peningkatan dosis nitrogen di atas ½ dosis tidak menunjukkan perbedaan nyata. Hal ini mengindikasikan bahwa strategi pemupukan berimbang dengan dukungan pembenh tanah lebih efektif dalam meningkatkan cadangan nitrogen tanah dibandingkan pemupukan tunggal dengan dosis tinggi. Hal ini sejalan dengan laporan meta-analisis global yang menyatakan bahwa integrasi pupuk anorganik dan bahan organik merupakan pendekatan terbaik dalam meningkatkan stok nitrogen tanah dan keberlanjutan sistem produksi padi (Liang *et al.*, 2024).

Serapan N

Hasil analisis statistik terdapat pada Tabel 3 yang menunjukkan pengaruh dari kombinasi pembenh tanah dan pupuk N, P, K terhadap serapan N pada Inceptisols.

Serapan N merupakan indikator langsung efisiensi penyerapan nitrogen oleh tanaman. Hal ini mengindikasikan jumlah nitrogen yang berhasil diserap akar dan diakumulasi dalam biomassa. Nitrogen merupakan komponen utama asam amino, protein, enzim, asam nukleat, serta klorofil yang berperan dalam proses fotosintesis dan pertumbuhan vegetatif tanaman (Xu *et al.*, 2022). Pada tanaman padi, peningkatan serapan nitrogen berkaitan dengan peningkatan luas daun, jumlah anakan produktif, dan pembentukan malai, sehingga menentukan hasil gabah (Peng *et al.*, 2021). Serapan nitrogen dipengaruhi oleh ketersediaan nitrogen mineral (NH_4^+ dan NO_3^-), kapasitas sistem perakaran, serta sifat kimia dan

biologis tanah mengatur dinamika nitrogen seperti mineralisasi, nitrifikasi, dan denitrifikasi (Zhang *et al.*, 2023). Integrasi pembena tanah dengan pupuk nitrogen mampu meningkatkan efisiensi penggunaan

nitrogen melalui peningkatan retensi nitrogen dalam zona perakaran dan perbaikan aktivitas mikroba tanah (He *et al.*, 2023).

Tabel 1 Pengaruh Kombinasi Pembena Tanah dan Pupuk N, P, K terhadap Serapan N

	Perlakuan	Serapan N mg/tanaman ⁻¹
A	Kontrol	208,28 a
B	N, P, K rekomendasi	589,92 c
C	Pembena tanah diperkaya	276,71 ab
D	Pembena tanah + ¼ dosis N, P, K	485,64 bc
E	Pembena tanah + ½ dosis N, P, K	630,54 c
F	Pembena tanah + ¾ dosis N, P, K	677,08 c
G	Pembena tanah + 1 dosis N, P, K	562,45 c

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan nilai rata-rata yang berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Berdasarkan data pada tabel, perlakuan A (kontrol) menunjukkan serapan nitrogen terendah sebesar 208,28 mg tanaman⁻¹. Nilai ini berbeda nyata dengan perlakuan B, D, E, F, dan G. Rendahnya serapan nitrogen pada kontrol disebabkan oleh terbatasnya nitrogen tersedia di dalam tanah, sehingga gradien difusi nitrogen menuju akar menjadi rendah. Kondisi defisiensi nitrogen menyebabkan penurunan sintesis klorofil dan aktivitas fotosintesis yang dapat membatasi pertumbuhan biomassa (Xu *et al.*, 2022). Perlakuan C (pembena tanah diperkaya) menghasilkan serapan nitrogen sebesar 276,71 mg tanaman⁻¹ tidak berbeda nyata dengan kontrol maupun perlakuan D ¼ dosis N, P, K. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan pembena tanah tanpa pemberian pupuk N, P, K tidak cukup meningkatkan serapan nitrogen secara signifikan. Menurut Zhang *et al.* (2023), peningkatan nitrogen tanah melalui bahan organik memerlukan waktu karena bergantung pada proses dekomposisi dan mineralisasi mikroba.

Perlakuan B (N, P, K rekomendasi) menunjukkan serapan nitrogen sebesar 589,92 mg tanaman⁻¹, berbeda nyata dibanding kontrol. Peningkatan ini menunjukkan bahwa penambahan nitrogen anorganik secara langsung meningkatkan konsentrasi nitrogen tersedia dalam tanah, sehingga meningkatkan fluks nitrogen menuju akar melalui mekanisme aliran massa dan difusi (Peng *et al.*, 2021). Pada sistem sawah, nitrogen dalam bentuk amonium relatif stabil di bawah kondisi reduktif sehingga meningkatkan peluang serapan oleh tanaman (He *et al.*, 2023). Perlakuan E (pembena tanah + ½ dosis N, P, K), perlakuan F (pembena tanah + ¾ dosis N, P, K) dan + perlakuan G (pembena tanah + 1 dosis N, P, K) menunjukkan serapan nitrogen berturut-turut sebesar 630,54; 677,08; dan 562,45 mg tanaman⁻¹ ditunjukkan berbeda nyata. Nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan F. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi pembena tanah dan pupuk nitrogen pada dosis moderat mampu meningkatkan efisiensi serapan nitrogen secara optimal.

Pembena tanah meningkatkan kapasitas tanah dalam menahan nitrogen melalui pembentukan

kompleks organo-mineral dan peningkatan agregasi tanah, sehingga mengurangi kehilangan nitrogen akibat pencucian dan denitrifikasi (He *et al.*, 2023). Namun, peningkatan dosis pupuk dari ¾ menjadi 1 dosis tidak meningkatkan serapan secara signifikan, yang menunjukkan adanya titik jenuh fisiologis tanaman. Ketika kebutuhan nitrogen tanaman telah tercukupi, tambahan nitrogen tidak lagi meningkatkan laju serapan karena keterbatasan kapasitas transport dan asimilasi nitrogen di dalam jaringan tanaman (Xu *et al.*, 2022). Selain itu, pada sistem sawah kelebihan nitrogen dapat meningkatkan kehilangan melalui proses denitrifikasi di bawah kondisi anaerob, sehingga pemberian nitrogen tambahan tidak dapat dimanfaatkan tanaman (Zhang *et al.*, 2023). Oleh karena itu, pemberian ¾ dosis N, P, K dengan pembena tanah menunjukkan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan 1 dosis penuh, berbeda halnya dengan perlakuan D dengan notasi tidak berbeda nyata dengan perlakuan yang mendapat notasi huruf C.

Penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi pembena tanah dan pupuk nitrogen meningkatkan serapan nitrogen tanaman secara nyata dibandingkan kontrol. Penggunaan dosis ¾ N, P, K dengan pembena tanah memberikan nilai serapan tertinggi dan mengindikasikan bahwa pemberian pupuk seimbang, sehingga lebih efisien untuk penyerapan pada tanaman.

Hasil Tanaman Padi

Hasil analisis statistik terdapat pada Tabel 4 yang menunjukkan pengaruh dari kombinasi pembena tanah dan pupuk N, P, K terhadap hasil padi sawah pada Inceptisols.

Hasil data statistik menunjukkan bahwa kombinasi pembena tanah dan pupuk N, P, K memberikan pengaruh nyata terhadap komponen hasil dan hasil akhir padi sawah. Produktivitas padi sangat ditentukan oleh keseimbangan ketersediaan hara, terutama nitrogen, serta kemampuan tanah dalam mempertahankan unsur tersebut selama fase pertumbuhan tanaman (Sari *et al.*, 2022). Nitrogen merupakan unsur utama penyusun klorofil, protein, dan enzim yang berperan dalam pembentukan anakan,

perkembangan malai, dan pengisian gabah, sehingga kecukupan nitrogen secara langsung menentukan jumlah dan kualitas gabah yang dihasilkan (Prasetyo *et al.*, 2023). Jumlah gabah per malai pada perlakuan kontrol merupakan yang terendah dan berbeda nyata dibandingkan sebagian besar perlakuan yang mendapat pupuk N, P, K maupun pembenh tanah. Hal ini menunjukkan bahwa tanpa perbaikan sifat kimia tanah dan penambahan nitrogen, pembentukan spikelet dan diferensiasi bunga tidak berlangsung optimal. Defisiensi nitrogen pada fase vegetatif dan pembentukan malai menyebabkan penurunan jumlah

primordia bunga sehingga jumlah gabah per malai menjadi lebih sedikit (Yuliani *et al.*, 2021). Sebaliknya, perlakuan dengan kombinasi pupuk dan pembenh tanah menghasilkan jumlah gabah per malai yang lebih tinggi dan relatif tidak berbeda nyata satu sama lain, yang mengindikasikan bahwa setelah kebutuhan nitrogen tercukupi, peningkatan dosis lebih lanjut tidak meningkatkan jumlah gabah secara signifikan. Sedangkan pada perlakuan G tidak memiliki hasil yang signifikan, hal ini memiliki kemungkinan bahwa nutrisi pada tanaman sudah mencapai batas optimum *Nutrient Use Efficiency* (NUE).

Tabel 2 Pengaruh Kombinasi Pembenh Tanah dan Pupuk N, P, K terhadap Hasil padi sawah

Perlakuan	Jumlah Gabah per Malai	Persentase Gabah Isi per Malai (%)	Bobot 100 biji Gabah Kering	Bobot Gabah Kering Giling (GKG)
A Kontrol	88,73 a	94,76 bc	3,47 a	1,39 a
B N, P, K rekomendasi	151,99 b	88,46 a	3,63 bc	1,82 bcd
C Pembenh tanah diperkaya	132,56 b	90,30 ab	3,70 bc	1,59 abc
D Pembenh tanah + ¼ dosis N, P, K	135,45 b	93,98 ab	3,56 ab	1,67 abcd
E Pembenh tanah + ½ dosis N, P, K	144,64 b	91,88 ab	3,72 bc	1,94 d
F Pembenh tanah + ¾ dosis N, P, K	143,06 b	92,14 ab	3,76 c	1,91 cd
G Pembenh tanah + 1 dosis N, P, K	113,14 ab	99,76 c	3,59 bc	1,51 ab

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan nilai rata-rata yang berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Persentase gabah isi menunjukkan kecenderungan meningkat pada perlakuan kombinasi dosis tinggi, khususnya pada perlakuan G (pembenh tanah + 1 dosis N, P, K) yang berbeda nyata dengan beberapa perlakuan lain. Pengisian gabah bergantung pada ketersediaan nitrogen selama fase generatif karena nitrogen mendukung sintesis protein dan translokasi fotosintat menuju bulir (Utami *et al.*, 2022). Tanah dengan KTK yang lebih tinggi, memiliki kemampuan lebih baik dalam menahan kation hara termasuk amonium, sehingga suplai nitrogen selama pengisian biji menjadi lebih stabil (Subardja & Ritung, 2021). Hal ini berkontribusi terhadap peningkatan persentase gabah isi. Namun, pada kondisi kontrol ditunjukkan tidak berbeda signifikan dengan perlakuan G, hal ini bisa disebabkan oleh pengaruh faktor fotosintesis yang dapat mendukung fase pertumbuhan biji.

Bobot 100 biji pada seluruh perlakuan relatif menunjukkan perbedaan nyata pada perlakuan kontrol. Perlakuan dengan kombinasi pembenh tanah dan ¾ dosis N, P, K menunjukkan nilai bobot 100 biji tertinggi, yang mengindikasikan bahwa keseimbangan hara berperan dalam optimalisasi pengisian biji. Selanjutnya, bobot gabah kering giling (GKG) sebagai indikator hasil akhir menunjukkan pengaruh nyata pada perlakuan kombinasi pembenh tanah dan dosis sedang (½-¾ dosis N, P, K) dibandingkan kontrol. Hasil tertinggi diperoleh pada perlakuan E (pembenh tanah + ½ dosis N, P, K) dan tidak berbeda nyata dengan

perlakuan F (¾ dosis N, P, K), namun berbeda nyata dengan kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan tidak selalu linier terhadap peningkatan dosis pupuk.

Kondisi ini dapat terjadi akibat hubungan antara KTK, N-total, dan serapan nitrogen. Perlakuan dengan pembenh tanah meningkatkan KTK tanah secara nyata, sehingga kapasitas tanah dalam mempertahankan kation hara meningkat. Tanah dengan KTK tinggi mampu mengurangi kehilangan nitrogen melalui pencucian dan menyediakan nitrogen secara lebih berkelanjutan di zona perakaran (Subardja & Ritung, 2021). Selain itu, peningkatan N-total pada perlakuan kombinasi menunjukkan bahwa cadangan nitrogen tanah menjadi lebih besar, yang mendukung suplai nitrogen selama siklus pertumbuhan tanaman (Sari *et al.*, 2022). Peningkatan N-total ini berkorelasi dengan peningkatan serapan nitrogen tanaman, sebagaimana terlihat pada perlakuan ½ dan ¾ dosis yang menunjukkan serapan nitrogen tertinggi. Serapan nitrogen yang tinggi meningkatkan luas daun, aktivitas fotosintesis, dan produksi biomassa, yang pada akhirnya meningkatkan akumulasi fotosintat untuk pembentukan dan pengisian gabah (Prasetyo *et al.*, 2023).

Namun, pada perlakuan G dengan kombinasi pembenh tanah + 1 dosis N, P, K tidak menghasilkan GKG tertinggi meskipun memiliki persentase gabah isi tinggi. Hal ini menunjukkan adanya batas efisiensi penggunaan nitrogen (*Nitrogen Use Efficiency*/NUE). Pemberian nitrogen berlebih dapat meningkatkan

pertumbuhan vegetatif berlebihan, meningkatkan respirasi tanaman, serta meningkatkan potensi kehilangan nitrogen melalui proses denitrifikasi pada sistem sawah tergenang (Utami *et al.*, 2022). Dengan demikian, dosis sedang ($\frac{1}{2}$ – $\frac{3}{4}$ dosis) yang dikombinasikan dengan pembenh tanah lebih efisien dalam meningkatkan hasil dibandingkan dosis penuh.

Hasil pada penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan hasil padi sawah dipengaruhi oleh peningkatan KTK tanah, peningkatan kandungan N-total, dan peningkatan serapan nitrogen tanaman. Pembenh tanah berperan dalam memperbaiki sifat kimia tanah melalui peningkatan kapasitas tukar kation, sementara pupuk nitrogen meningkatkan ketersediaan nitrogen tersedia bagi tanaman. Kombinasi keduanya menghasilkan efisiensi pemupukan yang lebih tinggi dan produktivitas yang optimal.

KESIMPULAN

Aplikasi kombinasi pembenh tanah diperkaya asam amino dengan $\frac{3}{4}$ dosis pupuk N, P, dan K memberikan pengaruh terhadap N-Total, dan Serapan N namun, tidak berbeda signifikan dengan perlakuan $\frac{1}{2}$ hingga 1 dosis N, P, K. Sehingga, hal ini menyebabkan peningkatan penyerapan nitrogen tersebut pada tanaman sehingga berpengaruh nyata terhadap peningkatan hasil padi sawah, yakni jumlah gabah per malai dan persentase gabah isi per malai pada Inceptisols di Jatinangor, namun aplikasi kombinasi tersebut, tidak berpengaruh nyata terhadap peningkatan KTK tanah dan bobot 100 butir serta GKG pada sawah Inceptisols di Jatinangor.

DAFTAR PUSTAKA

- Amoah-Antwi C, Kwiatkowska-Malina J, Szara E, Fenton O, Thornton SF, & Malina G. 2022. Assessing Factors Controlling Structural Changes of Humic Acids in Soils Amended with Organic Materials to Improve Soil Functionality. *Agronomy*, 12(2), 283.
- Bakpa EP, Xie J, Zhang J, Han K, Ma Y, & Liu T. 2021. Influence of Soil Amendment of Different Concentrations of Amino Acid Water-Soluble Fertilizer on Physiological Characteristics, Yield and Quality of “Hangjiao No. 2” Chili Pepper. *PeerJ*, 9, e12472.
- Brady NC, & Weil RR. 2022. The nature and properties of soils. Pearson.
- Balasubramanian D, Arunachalam K, Arunachalam A, & Das AK. 2013. Water hyacinth [*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.] engineered soil nutrient availability in a low-land rain-fed rice farming system of north-east India. *Ecological engineering*, 58, 3-12.
- Elfarisna E, Rahmayuni E, Herman W, Putri E, & Kurniati K. 2024. Soil Organic Matter and Its Correlation with Several Chemical Properties of Inceptisols in Rice Fields in Java. *Universal Journal of Agricultural Research*, 12, 242–248.
- Havlin JL, Tisdale SL, Nelson WL, & Beaton JD. 2022. *Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management* (9th ed.). Pearson.
- He Y, Yang S, Xu J, & Li H. 2023. Organic amendment improves nitrogen retention and rice nitrogen uptake in paddy soils under intensive cultivation. *Journal of Soils and Sediments*, 23(4), 1685–1698.
- IRRI. 2023. Rice nutrition and nutrient management guidelines. International Rice Research Institute.
- Kuypers MMM, Marchant HK, & Kartal B. 2022. The microbial nitrogen cycle: From genes to ecosystems. *Nature Reviews Microbiology*, 20(5), 307–323.
- Lapatoro N A, Toyip T, & Ridwan R. 2023. Pengaruh Berbagai Dosis Asam Humat Terhadap Hasil Beberapa Varietas Kedelai (*Glycine max L.*). *Agropet*, 19(2), 16–23.
- Liang B, Lehmann J, Solomon D, & Kinyangi J. 2024. Organic amendments improve soil nitrogen stocks and nutrient retention: A global meta-analysis. *Soil & Tillage Research*, 235, 105864.
- Liu X, Zhang Y, Wang H, & Chen D. 2023. Effects of long-term nitrogen fertilization on soil nitrogen fractions and crop productivity in paddy soils. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 344, 108278.
- Peng S, Huang J, Zhong X, Yang J, Wang G, Zou Y, & Zhang F. 2021. Improving nitrogen use efficiency in irrigated rice systems. *Agronomy Journal*, 113(3), 1955–1968.
- Prasetyo, D., Nugroho, A., & Lestari, E. 2023. Hubungan serapan nitrogen dan pembentukan malai pada tanaman padi sawah. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 51(1), 25–33.
- Safitri D, Safitri KI, Syaifullah ADA, Rohman RA, & Rizqi M. 2018. The Use of Gondok Cigarette into Brickets as Fuel Products in Replacement of Alternative Energy Sources at Soko Glagah District. *Kontribusi: Research Dissemination for Community Development*, 1(2), 20–24.
- Sari R, Handayani I, & Putra A. 2022. Peran nitrogen total tanah terhadap pertumbuhan dan hasil padi sawah. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 24(3), 150–160.
- Shrestha J, Karki TB, & Hossain MA. 2022. Application of Nitrogenous Fertilizer in Rice Production: A Review. *Journal of*

- Nepal Agricultural Research Council*, 8, 16–26.
- Sofyan ET, Sudirja R, & Syahrin KA. 2024. Pengaruh Kombinasi Pembenh Tanah dan Pupuk N, P, K terhadap P-Potensial, P-Tersedia, Serapan P, dan Hasil Padi (*Oryza sativa* L.) pada Tanah Inceptisols Asal Jatinangor. *Jurnal Pertanian Agros*, 26(1), 452–459.
- Subardja D, & RitungS. 2021. Kapasitas tukar kation dan pengaruhnya terhadap kesuburan tanah sawah tropika. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 15(2), 89–99.
- Suhemi S, Hayati R, & Nusantara RW. 2022. Status Kesuburan Tanah Inceptisol Pada Penggunaan Lahan Kelapa Sawit di Desa Pengadang Kecamatan Sekayam Kabupaten Sanggau. *Pedotropika: Jurnal Ilmu Tanah Dan Sumber Daya Lahan*, 8(2), 25–35.
- Utami W, Kurniawan R, & Syamsudin. 2022. Pengaruh kombinasi pupuk organik dan anorganik terhadap efisiensi penggunaan nitrogen pada padi sawah. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 11(4), 210–219.
- Wang Y, Li S, Zhang H, & Zhao L. 2023. Nitrogen management regulates rice growth and nitrogen use efficiency under paddy conditions. *Field Crops Research*, 294, 108873.
- Xu G, Fan X, & Miller AJ. 2022. Plant nitrogen assimilation and use efficiency. *Annual Review of Plant Biology*, 73, 359–388.
- Yuliani D, Rahman A, & Fitriani N. 2021. Dinamika nitrogen pada fase pengisian gabah padi sawah. *Jurnal Pertanian Tropik*, 8(2), 101–110.
- Yuniarti A, Damayani M, & Nur DM. 2019. Efek Pupuk Organik dan Pupuk N, P, K terhadap C-Organik, N-Total, C/N, Serapan N, serta Hasil Padi Hitam pada Inceptisols. *Jurnal Pertanian*, 3(2).
- Yuswadinata NS, & Wathoni N. 2021. Tinjauan Bentuk Sediaan Farmasi Mengandung Peptida. *Majalah Farmasetika*, 6(1), 121–128.
- Zhao C, Li, B, Piao S, Wang X, Lobell D, Huang Y, & Asseng S. 2022. Temperature and nitrogen application effects on rice yield and nitrogen losses. *Global Change Biology*, 28(4), 1457–1470.
- Zhang S, Zhang C, Cai W, Bai Y, Callaghan M, Chang N, ... & Gong P. 2023. The 2023 China report of the Lancet Countdown on health and climate change: taking stock for a thriving future. *The Lancet Public Health*, 8(12), e978-e995.
- Zhang X, Chen Q, Li Y, & Wang J. 2022. Organic amendment effects on soil nitrogen dynamics and microbial processes in paddy soils. *Geoderma*, 424, 116020.
- Zhang X, Li Y, Wang J, & Chen Q. 2023. Effects of organic amendments on soil cation exchange capacity and surface charge characteristics. *Geoderma*, 429, 116236.
- Zhang Y, Li C, Wang J, & Chen D. 2023. Nitrogen dynamics and losses in flooded paddy soils under different fertilization regimes. *Science of the Total Environment*, 871, 162018.
- Zhang Y, & Chen L. 2025. Impact of organic amendments on soil quality and crop performance under nutrient-limited conditions. *Soil Quality and Sustainability*, 12(1), 45–59.