

PENINGKATAN HASIL PRODUKSI EDAMAME (*Glycine Max* (L.) Merrill) MELALUI APLIKASI UREA BERLAPIS BIOCHAR

Enhancing Edamame (*Glycine max* (L.) Merrill) Yield Production through Application of Biochar-Coated Urea

Christa Dyah Utami¹, Agi Mulyo Jatmiko¹, Dewi Puspa Arisandi^{1*}, Devina
Cinantya Anindita²

¹Program Studi Produksi Tanaman Pangan, Jurusan Produksi Pertanian, Politeknik Negeri
Jember

² Program Studi Pengelolaan Perkebunan Kopi, Jurusan Produksi Pertanian, Politeknik
Negeri Jember

Diterima redaksi: 11 Oktober 2025 / Direvisi: 10 November 2025/ Disetujui: 14 Desember
2025/ Diterbitkan online: 29 Desember 2025

DOI: 10.21111/agrotech.v11i02.15305

Abstrak. Edamame merupakan kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) yang dipanen pada saat umur muda dan bernilai ekonomis tinggi. Pupuk Urea mengandung 46% nitrogen (N) yang berperan untuk meningkatkan hasil produksi Edamame, namun sifatnya mudah hilang karena denitrifikasi dan pencucian. Pelapisan Urea dengan Biochar bertujuan agar kandungan N tidak mudah hilang sehingga dapat diserap oleh tanaman dalam waktu lebih lama. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi pupuk Urea berlapis Biochar terhadap hasil produksi kedelai Edamame. Penelitian telah dilaksanakan dari bulan Juli sampai September 2025 di Desa Lengkong, Kecamatan Pakusari, Kabupaten Jember, dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) non-faktorial dengan lima perlakuan, yaitu: P1 = Urea tanpa berlapis Biochar (200 kg/ha); P2 = Urea berlapis Biochar (1:1) (100kg/ha : 100kg/ha); P3 = Urea berlapis Biochar (1:2) (75kg/ha : 125kg/ha); P4 = Urea berlapis Biochar (1:3) (50kg/ha : 150kg/ha); P5 = Urea berlapis Biochar (1:4) (25kg/ha : 175kg/ha), setiap perlakuan terdapat 5 ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi Urea berlapis Biochar berpengaruh nyata terhadap jumlah polong/tanaman, bobot polong/tanaman, bobot 100 biji, dan indeks panen, namun tidak berpengaruh nyata terhadap biomassa/tanaman. Perlakuan Urea berlapis Biochar (1:4) (25 kg/ha : 175 kg/ha) memberikan hasil tertinggi pada parameter pengamatan jumlah polong/tanaman (38 buah); bobot polong/tanaman (79,84 g); bobot 100 biji (81,24 g), dan indeks panen (83%).

Kata Kunci: *Biochar, Edamame, Hasil, Urea*

Abstract. Edamame is a soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) harvested at an early developmental stage and is recognized for its high economic value. Urea fertilizer contains 46% nitrogen (N), which plays an essential role in enhancing Edamame yield; however, its high susceptibility to loss through denitrification and leaching reduces its efficiency. Coating Urea with biochar is intended to minimize N loss, thereby allowing nitrogen to remain available for plant uptake over a longer period. This study aimed to evaluate the effects of biochar-coated Urea application on the yield performance of Edamame soybean. The research was conducted from July to September 2025 in Lengkong Village, Pakusari Subdistrict, Jember Regency, using a non-factorial Randomized Block Design (RBD) with five treatments: P1 = uncoated Urea (200 kg/ha); P2 = biochar-coated Urea (1:1) (100 kg/ha : 100 kg/ha); P3 = biochar-coated Urea (1:2) (75 kg/ha : 125 kg/ha); P4 = biochar-coated Urea (1:3) (50 kg/ha : 150 kg/ha); and P5 = biochar-coated Urea (1:4) (25 kg/ha : 175 kg/ha), each with five replications. The results indicated that biochar-coated Urea significantly influenced the number of pods per plant, pod weight per plant, 100-seed weight, and harvest index, but had no significant effect on plant biomass. The 1:4 biochar-coated Urea treatment (25 kg/ha : 175

kg/ha) produced the highest values for the measured parameters, with 38 pods per plant, 79.84 g pod weight per plant, 81.24 g for 100-seed weight, and 83% harvest index.

Keywords: Biochar, Edamame, Urea, Yield

* Korespondensi email: dewi.pa@polije.ac.id

Alamat : Jalan Parang Tritis No. 88, Jember, Jawa Timur

PENDAHULUAN

Edamame merupakan jenis kedelai yang dapat dikonsumsi dan termasuk *vegetable soybean* (Kantikowati et al., 2024). Edamame termasuk kacang-kacangan yang dihasilkan dari tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) yang dipanen pada saat masih muda dan berwarna hijau. Biji yang dihasilkan pada edamame memiliki ukuran yang lebih besar apabila dibandingkan dengan kedelai biasa. Ukuran biji edamame mencapai 300 g per 100 biji (Ichwan et al., 2021).

Edamame memiliki kandungan yang kaya akan protein dan setara dengan protein yang terkandung pada susu, telur ataupun daging (Ramadhani et al., 2016). Kandungan lain pada biji edamame yaitu keseimbangan asam lemak dalam 100 g edamame yaitu 361 mg asam lemak Omega-3-1794 mg dan Omega-6 asam lemak (Sudiarti et al., 2019). Edamame memiliki cita rasa yang lezat dan bernilai ekonomi tinggi karena kaya akan nutrisi, banyak manfaat untuk kesehatan manusia, serta menjadi komoditas ekspor. Edamame tergolong sumber protein nabati rendah kalori, dalam 155 g biji edamame rebus mengandung 18,5 g protein; 97,6 mg kalsium; 8,1 g serat; dan 0 mg kolesterol.

Kandungan gizi yang beragam pada edamame berpotensi untuk dibudidayakan lebih lanjut. Salah satu upaya dalam mengoptimalkan hasil produksi Edamame yaitu dengan pemberian atau penambahan unsur hara pada tanaman. Penambahan unsur hara seperti nitrogen (N) berpotensi untuk meningkatkan hasil produksi Edamame. Unsur hara nitrogen yang diaplikasikan pada tanaman Edamame dapat dipenuhi dengan aplikasi pupuk Urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) yang mengandung N sebesar 46% (jumlah tertinggi di antara pupuk N

lainnya), dapat diartikan bahwa dalam 100 kg pupuk Urea terdapat maksimal 46 kg nitrogen (Beig et al., 2020). Akan tetapi pupuk Urea mempunyai kekurangan karena siftnya yang higroskopis dimana Urea mudah menarik uap air serta larut dalam air namun tidak larut pada pelarut organik. Selain itu rentan terjadi perubahan fisik. Rendahnya serapan N dari Urea pada tanaman pada situasi curah hujan yang tinggi menyebabkan N pada Urea mudah hilang karena proses denitrifikasi dan *leaching*. Upaya untuk mengurangi proses tercucinya (*leaching*) N pada pupuk Urea, perlu merubah Urea dalam bentuk *slow release urea fertilizer*, sehingga dapat diserap oleh tanaman pada waktu yang lebih lama. Perubahan bentuk menjadi *slow release Urea fertilizer* dapat dilakukan dengan menambahkan bahan untuk meningkatkan berat molekul, pelapisan (*coating*) Urea, pembungkusan (*encapsulasi*) Urea atau mencampur urea dengan pupuk lainnya (Pranata & Simanjuntak, 2020). Supriyadi et al. (2025) menyatakan bahwa, pelapisan urea dengan biochar berpengaruh nyata pada tinggi tanaman jagung.

Upaya dalam merubah N agar dapat diserap oleh tanaman lebih lambat yaitu dengan menggunakan biochar. Biochar merupakan padatan kaya karbon yang berasal dari pirolisis biomassa seperti seresah, pupuk kandang, kayu atau limbah lainnya dengan menggunakan suhu tinggi dan kondisi oksigen rendah yang digunakan pada aplikasi pertanian sebagai bahan pembenah tanah (Evizal & Prasmatiwati, 2023). Peran biochar pada tanah berpengaruh pada peningkatan porositas, kapasitas memegang air, agregasi tanah, peningkatan pH, kapasitas tukar kation,

karbon organik tanah, retensi, ketersediaan hara dan mikroba pada tanah (Evizal dan Prasmatiwi, 2023). Selain itu Biochar berperan dalam meningkatkan efisiensi pemupukan N pada tanaman sehingga berpotensi dalam peningkatan hasil. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang penerapan pupuk Urea berlapis Biochar terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman Edamame.

METODE PENELITIAN

Penelitian telah dilaksanakan pada bulan Juli-September 2025 di Desa Lengkon, Kecamatan Pakusari, Kabupaten Jember, Jawa Timur, Indonesia, dengan titik koordinat garis Lintang -8.137463° dan garis bujur 113.75223° dengan ketinggian 100 mdpl. Alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari pH meter, timbangan digital, gembor, penggaris, kamera, tugal, koret, tali, dan karung. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari benih edamame varietas Ryoko, urea, biochar tongkol jagung, jerami padi, plastik, pupuk KCl dan SP-36,

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) non faktorial. Faktor utama dalam penelitian ini adalah perlakuan Urea (P) dengan 5 faktor, yaitu:

P1 = Urea tanpa berlapis biochar (200 kg/ha)

P2 = Urea berlapis biochar (1:1) (100 kg/ha : 100 kg/ha)

P3 = Urea berlapis biochar (1:2) (75 kg/ha : 125 kg/ha)

P4 = Urea berlapis biochar (1:3) (50 kg/ha : 150 kg/ha)

P5 = Urea berlapis biochar (1:4) (25 kg/ha : 175 kg/ha)

Pada penelitian ini terdapat 5 ulangan, sehingga terdapat 25 unit percobaan. Data pengamatan dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Jika terdapat perbedaan yang signifikan, maka dilakukan uji lanjut menggunakan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%.

Pembuatan Biochar dan Pelapisan Urea

Metode yang digunakan untuk membuat biochar pada penelitian ini adalah pirolisis sederhana. Pirolisis adalah proses pemecahan panas non-oksidatif atau pada kondisi minim oksigen (Amalina et al., 2022). Bahan yang digunakan merupakan tongkol jagung kering dengan kadar air $<15\%$. Potong tongkol jagung dengan ukuran 5-10 cm lalu masukkan ke dalam drum pirolisator hingga $\frac{3}{4}$ bagian. Pastikan kondisi oksigen di dalam drum terbatas dengan cara menutup sebagian lubang udara. Nyalakan api dan biarkan pirolisis berlangsung selama 2-3 jam hingga asap berwarna biru sebagai tanda bahan sudah menjadi arang. Proses pembakaran membutuhkan suhu berkisar $300-700^{\circ}\text{C}$. Setelah proses pirolisis selesai, tutup drum agar tidak ada oksigen yang bisa masuk dan dibiarkan dingin secara alami selama 8-12 jam. Biochar dapat digunakan setelah dihaluskan dan diayak (Mautuka et al., 2022).

Pelapisan urea dengan biochar dilakukan dengan membuat campuran kedua bahan dengan komposisi sesuai perlakuan. Aduk rata campuran hingga butiran permukaan urea tertutup biochar. pupuk urea berlapis biochar dapat diaplikasikan di lahan sesuai perlakuan penelitian.

Budidaya Edamame

Budidaya kedelai Edamame diawali dari pengolahan lahan, kemudian penanaman benih langsung dengan jarak tanam 30 cm x 20 cm sebanyak 2 butir/lubang. Tujuan penanaman langsung tanpa penyemaian adalah untuk efisiensi waktu (Permana et al., 2024). Aplikasi urea berlapis biochar pada saat tanaman berumur 7, 14, dan 21 HST dengan cara ditugal. Penyiraman dilakukan pada pagi dan sore hari, atau tergantung kondisi cuaca. Penyulaman dilakukan pada 7-14 HST terhadap bibit yang mati dan tumbuh abnormal. Selain Urea, pupuk dasar yang digunakan adalah SP-36 dan KCl dengan

dosis 3 g/tanaman. Aplikasi pupuk dasar pada saat tanaman berumur 10 HST dengan metode larian. Pupuk susulan dilakukan pada saat tanaman berumur 21 HST menggunakan SP-36 dan KCl masing-masing sebanyak 6 g/tanaman. Panen Edamame dilakukan pada saat tanaman berumur 69-72 HST dengan ciri-ciri polong sudah terisi penuh dan berwarna hijau segar, serta biji berwarna hijau dan berkembang sempurna (Sisca et al., 2024)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian, perlakuan urea berlapis biochar menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada parameter pengamatan jumlah polong/tanaman, bobot polong/tanaman, dan bobot 100 biji, sementara itu, menunjukkan hasil berbeda tidak nyata pada parameter pengamatan biomassa tanaman (Tabel 1).

Tabel 1. Rangkuman nilai F-hitung parameter pengamatan

No	Parameter Pengamatan	Nilai F-hitung
1	Jumlah polong/tanaman (buah)	3,21*
2	Bobot polong/tanaman (g)	3,19*
3	Biomassa/tanaman (g)	1,14 ^{tn}
4	Bobot 100 biji (g)	3,09*
5	Indeks panen (%)	1,48*

Keterangan: (*) = berbeda nyata; (^{tn}) = berbeda tidak nyata

Pupuk Urea merupakan pupuk anorganik dengan kandungan utama berupa unsur nitrogen sebanyak 46%. Nitrogen (N) merupakan unsur penting bagi tanaman dan merupakan komponen penyusun protein, asam amino, hormon, vitamin, dan klorofil (Wang et al., 2024). Berdasarkan hal tersebut, N sangat dibutuhkan tanaman terutama pada proses fotosintesis. Fotosintesis merupakan proses penting bagi tanaman

dalam menunjang pertumbuhan dan produksi biomassa, oleh karena itu proses ini menjadi penggerak utama pembentukan hasil (Calzadilla et al., 2022). Hasil tanaman ditentukan oleh fotosintesis, proses asimilasi, dan efisiensi distribusi. Proses fotosintesis yang optimal akan menghasilkan asimilat yang melimpah dan dapat didistribusikan kesuluruh bagian tanaman (Fathi, 2022).

Permasalahan utama pada pemupukan Urea adalah karena sifat nitrogen yang mudah hilang melalui volatilisasi, fiksasi, denitrifikasi, dan pencucian (Swify et al., 2024). Kondisi ini yang mengakibatkan kandungan nitrogen di dalam tanah sangat rendah. Pemberian pelapis urea merupakan salah satu strategi agar urea yang diberikan pada daerah perakaran dapat bertahan lebih lama.

Pada penelitian ini, diketahui bahwa pelapisan urea menggunakan biochar tongkol jagung terbukti berpengaruh terhadap hasil produksi edamame. Tanaman Edamame dengan perlakuan kontrol atau urea tanpa berlapis biochar (P1) menghasilkan jumlah polong/tanaman dan bobot polong/tanam paling rendah, masing-masing adalah 29 buah dan 61,64g. Hasil tersebut berbeda nyata dengan tanaman Edamame yang diaplikasikan pupuk Urea berlapis Biochar (1:4) (25 kg/ha : 175 kg/ha) (P5) yang memberikan hasil tertinggi pada parameter pengamatan jumlah polong/tanaman (38 buah); bobot polong/tanaman (79,84 g); dan bobot 100 biji (81,24 g) (Tabel 2). Perbedaan hasil yang nyata antara perlakuan urea tanpa berlapis biochar (200 kg/ha) dan urea berlapis biochar (1:4) (25 kg/ha : 175 kg/ha) mengindikasikan pelapisan urea dengan biochar mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan nitrogen oleh tanaman Edamame. Ketebalan lapisan biochar 29% berpengaruh terhadap serapan dan efisiensi penggunaan nitrogen, serta hasil jagung manis di tanah berpasir (Shofiati et al., 2025)

Tabel 2. Pengaruh aplikasi urea berlapis biochar terhadap hasil produksi Edamame

Perlakuan	Jumlah polong /tanaman (buah)	Bobot polong /tanaman (g)	Bobot 100 biji (g)	Indeks Panen (%)
P1: Urea tanpa berlapis biochar (200 kg/ha)	29 c	61,64 c	73,22 ab	69 c
P2: Urea berlapis biochar (1:1) (100 kg/ha : 100 kg/ha)	32 b	73,56 b	60,30 b	66 c
P3: Urea berlapis biochar (1:2) (75 kg/ha : 125 kg/ha)	35 a	66,28 c	71,40 ab	73 bc
P4: Urea berlapis biochar (1:3) (50 kg/ha : 150 kg/ha)	31 bc	77,04 ab	78,52 a	79 ab
P5: Urea Berlapis Biochar (1:4) (25 kg/ha : 175 kg/ha)	38 a	79,84 a	81,24 a	83 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5%

Biochar merupakan bahan padat kaya kandungan karbon (23,6-87,5%); pH (5,2-10,3); dan KTK (10-69 cmolc/kg) (Wang et al., 2022); memiliki pori-pori mikroskopis yang berfungsi sebagai penyerap dan penahan unsur hara, termasuk nitrogen dari urea. Saat urea berlapis biochar diaplikasikan ke tanah, pelepasan nitrogen berlangsung lebih lambat dan stabil. Aplikasi urea berbasis biochar mengurangi pencucian nitrogen anorganik dan kehilangan nitrogen ¹⁵N, masing-masing sebesar 35,2% dan 76,0% dibandingkan dengan perlakuan urea saja (Guo et al., 2025). Hal ini memungkinkan ketersediaan nitrogen di sekitar perakaran berlangsung lebih lama (Bi et al., 2024), sehingga mendukung pembentukan organ vegetatif seperti daun dan cabang produktif yang berperan dalam pembentukan polong.

Selain itu, penggunaan biochar berbahan tongkol jagung sebagai pelapis memberikan banyak manfaat bagi tanaman Edamame. Biochar ini memiliki nilai pH relatif netral-basa (8,15), sehingga dapat membantu meningkatkan Kapasitas Tukar Kation (KTK) tanah (28,01 meq/100g) (Mautuka et al., 2022) yang memungkinkan tanah dapat menahan kandungan unsur hara didalamnya agar tidak mudah menguap dan tercuci. Biochar tongkol jagung sifatnya

stabil, ringan, memiliki komposisi kimia yang kompleks, berpori, dan memiliki *surface are* yang besar (Drané et al., 2024).

Pada parameter pengamatan biomassa/tanaman, perlakuan pelapisan urea menggunakan biochar menunjukkan hasil berbeda tidak nyata (Tabel 1). Biomassa tanaman merupakan bobot segar tanaman yang berasal dari hasil fotosintesis dan disimpan dalam jaringan tanaman, seperti batang, akar, daun, ranting (Drupadi et al., 2021). Biomassa menggambarkan kondisi pertumbuhan tanaman di lahan. Kondisi ini bertolak belakang dengan nilai indeks panen yang menunjukkan hasil berbeda nyata, yang mana perlakuan urea berlapis biochar (1:4) (25 kg/ha : 175 kg/ha) memberikan hasil tertinggi, yaitu 83% (Tabel 2). Perlakuan Urea berlapis Biochar tidak merangsang pertumbuhan tanaman Edamame saat fase vegetatif, namun mampu mendukung alokasi biomassa menuju organ hasil. Peristiwa ini diduga karena kandungan N di dalam tanah tersedia selama fase pengisian polong. Pelapisan urea menggunakan Biochar berpotensi dikembangkan sebagai sistem pupuk lepas lambat melalui mekanisme penghambatan kontak langsung dengan air (Suci et al., 2025). Secara umum kondisi ini lebih menguntungkan karena

produk ekonomis dari tanaman edamame diperoleh dari fase generatif.

KESIMPULAN

Perlakuan P5, yaitu urea berlapis biochar (1:4) (25kg/ha : 175kg/ha) memberikan hasil tertinggi pada jumlah polong/tanaman (38 buah); bobot polong/tanaman (79,84 g); bobot 100 biji (81,24 g); dan indeks panen (83%). Semua perlakuan urea berlapis biochar menunjukkan hasil berbeda tidak nyata pada bobot kering/tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalina, F., Razak, A. S. A., Krishnan, S., Sulaiman, H., Zularisam, A. W., & Nasrullah, M. (2022). Biochar Production Techniques Utilizing Biomass Waste-Derived Materials and Environmental Applications – A Review. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 7, 100134. <https://doi.org/10.1016/J.HAZADV.2022.100134>
- Beig, B., Niazi, M. B. K., Jahan, Z., Hussain, A., Zia, M. H., & Mehran, M. T. (2020). Coating Materials for Slow Release of Nitrogen from Urea Fertilizer: A Review. *Journal of Plant Nutrition*, 43(10), 1510–1533. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1744647>
- Bi, H., Xu, J., Li, K., Li, K., Cao, H., & Zhao, C. (2024). Effects of Biochar-Coated Nitrogen Fertilizer on The Yield and Quality of Bok Choy and on Soil Nutrients. *Sustainability (Switzerland)*, 16(4). <https://doi.org/10.3390/su16041659>
- Calzadilla, P. I., Carvalho, F. E. L., Gomez, R., Lima Neto, M. C., & Signorelli, S. (2022). Assessing Photosynthesis in Plant Systems: A Cornerstone to Aid in The Selection of Resistant and Productive Crops. *Environmental and Experimental Botany*, 201, 104950. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.104950>
- Drané, M., Zbair, M., Hajjar-Garreau, S., Josien, L., Michelin, L., Bennici, S., & Limousy, L. (2024). Unveiling The Potential of Corn Cob Biochar: Analysis of Microstructure and Composition with Emphasis on Interaction with NO₂. *Materials*, 17(1). <https://doi.org/10.3390/ma17010159>
- Drupadi, T.A., Ariyanto, D.P., & Sudadi. (2021). Pendugaan Kadar Biomassa dan Karbon Tersimpan pada Berbagai Kemiringan dan Tutupan Lahan di KHDTK Gunung Bromo UNS Estimation of Biomass Levels and Carbon Stock at Various Slopes and Land Cover in KHDTK Gunung Bromo UNS. *Jurnal Agrikultura*, 32(2), 112–119.
- Evizal, R., & Prasmatiwati, E. F. (2023). Biochar: Beneficial and Best Practices. *Jurnal Agrotropika*, 22(1), 1–12.
- Fathi, A. (2022). Role of Nitrogen (N) in Plant Growth, Photosynthesis Pigments, and N Use Efficiency: A review. *Agrisost*, 28, 1-8. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7143588>
- Guo, R., Gong, W., Qi, S., Xu, J., Shang, Z., & Joseph, S. (2025). Biochar-based Urea Enhances Nitrogen Use Efficiency and Mitigates Nitrogen Leaching in Greenhouse Vegetable Production. *Environmental Technology and Innovation*, 38 (2025), 104104. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2025.104104>
- Ichwan, B., M, Ridwan, Eliyanti, Irianto, & Pebria, C. (2021). Respons Kedelai Edamame terhadap Berbagai Jarak Tanam dan Dosis Pupuk Kotoran Ayam. *Jurnal Media Pertanian*, 6(2), 98-103. <https://doi.org/10.33087/jagro.v6i2.122>
- Kantikowati, E., Karya, Minangsih, D.M., Santoso, J., & Mutiawati, R. (2024).

Peningkatan Hasil Produksi Edamame (*Glycine Max* (L.) Merrill) Melalui Aplikasi Urea Berlapis Biochar

- Pertumbuhan dan Hasil Edamame (*Glycine max* L.) Varietas Ryokko Akibat Perlakuan Pupuk Kandang Ayam Dan Nitrogen. *Agro Tatanen*, 6(1), 21–29.
- Mautuka, Z.A., Maifa, A., & Karbeka, M. (2022). Pemanfaatan Biochar Tongkol Jagung Guna Perbaikan Sifat Kimia Tanah Lahan Kering. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(1), 201–208. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5827375>
- Permana, S., Yulawati, & Fanani, M. Z. (2024). Budidaya Edamame (*Glycine max* (L.) Merr) Secara Organik di PT Dwipa Jawa Organik Boja Farm Bogor. *Karimah Tauhid*, 3(11), 12360–12372. <https://doi.org/10.30997/karimahtauhid.v3i11.15889>
- Pranata, A. J., & Simanjuntak, B. H. (2020). The Effect of Using Leonardite Mainic Acid as Urea Coater on The Growth and Yield of Corn (*Zea mays*). *Gontor AGROTECH Science Journal*, 6(1), 17–33. <https://doi.org/10.21111/agrotech.v6i1.3593>
- Ramadhani, M., F. Silvina, & Armaini. (2016). Pemberian Pupuk Kandang dan Volume Air Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai Edamame (*Glycine max* (L.) Merrill). *JOM Faperta*, 3(1).
- Shofiati, S., Nugroho, G. A., Kusuma, Z., & Kurniawan, S. (2025). Effect of Biochar-Coated Urea on Soil Nitrogen, Plant Uptake, and Sweet Corn Yield in Sandy Soil. *Nitrogen (Switzerland)*, 6(3), 1–16. <https://doi.org/10.3390/nitrogen6030061>
- Sisca, P., Dulbari, & Kalsum, N. (2024). Kualitas Hasil Edamame pada Berbagai Umur Panen. *J-Plantasimbiosa*, 6(1), 60–67. <https://doi.org/10.25181/jplantasimbiosa.v6i1.3543>
- Suci, I. A., Hamdani, H., & Masulili, A. (2025). Enkapsulasi dan Karakterisasi Urea dengan Penyalut Biokomposit Zeolit Alam-Alginat-Biochar sebagai Pupuk Lepas Lambat. *Agrikultura*, 36(2), 350–358. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v36i2.63908>
- Sudiarti, D., Hasbiyati, H., & Hikamah, S. R. (2019). The Effectiveness of Biofertilizer on Edamame Productivity. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 243(2019) 012099. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/243/1/012099>
- Supriyadi, S., Rahman, F. A., & Erika, S. (2025). Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) di Tanah Pasiran Akibat Pemberian Pupuk Urea Berpelapis Biochar. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 12(2), 323–331. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2025.012.2.10>
- Swify, S., Mažeika, R., Baltrusaitis, J., Drapanauskaitė, D., & Barčauskaitė, K. (2024). Review: Modified Urea Fertilizers and Their Effects on Improving Nitrogen Use Efficiency (NUE). *Sustainability (Switzerland)*, 16(1). <https://doi.org/10.3390/su16010188>
- Wang, C., Luo, D., Zhang, X., Huang, R., Cao, Y., Liu, G., Zhang, Y., & Wang, H. (2022). Biochar-based Slow-Release of Fertilizers for Sustainable Agriculture: A Mini Review. *Environmental Science and Ecotechnology*, 10, 100167. <https://doi.org/10.1016/j.es.2022.100167>
- Wang, Q., Li, S., Li, J., & Huang, D. (2024). The Utilization and Roles of Nitrogen in Plants. *Forests*, 15(7). <https://doi.org/10.3390/f15071191>