



Kandungan Fosfor dan Hasil Tanaman Jagung Pada Ultisol Akibat Pemberian Biochar Dan Pupuk Kandang Phosphorus Content and Corn Crop Yield In Ultisol Due to Application of Biochar and Manure

Parlindungan Lumbanraja*, Mika Lidia Nababan, Irwan Siagian dan Benjamin Surya Limbong

Fakultas Pertanian Universitas HKBP Nommensen, Medan.

Jl. Sutomo No.4A, Perintis, Kec. Medan Tim., Kota Medan, Sumatera Utara 20235, Indonesia

*Email Korespondensi: parlindungan.lumbanraja@uhn.ac.id

Info Artikel Diterima: 30/11/2023 Direvisi: 10/01/2024 Disetujui: 30/06/2024

ABSTRAK

Ultisol merupakan salah satu jenis tanah yang tidak subur namun banyak dimanfaatkan sebagai lahan pertanian. Penelitian bertujuan untuk memperoleh informasi tentang pengaruh aplikasi biochar sekam padi dan pupuk kandang sapi yang diduga secara perlakuan tunggal maupun kombinasi akan memberi pengaruh terhadap P tersedia tanah, serapan P tanaman, berat basah dan berat kering tanaman jagung semi (*Zea mays saccharata* L.) pada tanah Ultisol Simalingkar. Rancangan penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial 4 x 3. Faktornya adalah biochar 4 taraf dan pupuk kandang sapi 3 taraf, lalu dilanjutkan dengan analisis varians. Lokasi penelitian terletak pada ketinggian sekitar 33 meter di atas permukaan laut (mdpl) dengan keasaman (pH) tanah 5,5-6,5 dan jenis tanah Ultisol. Adapun parameter yang diamati meliputi P tanah, serapan P batang dan daun tanaman, berat basah dan berat kering oven bagian batang dan daun tanaman, bobot basah panen kelobot 40 %. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan tunggal biochar sekam padi maupun Pupuk kandang berpengaruh tidak nyata terhadap peningkatan ketersediaan P tanah, serapan P bagian batang dan daun, berat basah dan berat kering bagian batang dan daun tanaman dan produksi tanaman jagung semi (baby corn), dengan kecenderungan memberikan pengaruh yang meningkatkan terhadap masing-masing parameter pengamatan.

Kata kunci: Berat basah, Berat kering, Biochar, Fosfor, Pupuk Kandang

ABSTRACT

Ultisol is a type of soil that is not very fertile but is commonly used for agriculture. The research aimed to gather information about how the application of rice husk biochar and cow manure, either separately or combined, would affect soil phosphorus levels, the uptake of phosphorus by spring corn plants (*Zea mays saccharata* L.), and the weight of the plants when they are wet and when they are dried. The study used a 4x3 Factorial Randomized Block Design, with four levels of biochar and three levels of cow manure, followed by an analysis of variance. The research location is situated at an altitude of around 33 meters above sea level (masl) with soil acidity (pH) ranging from 5.5 to 6.5, and characterized by Ultisol soil type. The parameters observed included soil phosphorus levels, phosphorus uptake by plant stems and leaves, wet weight and oven-dried weight of plant stems and leaves, and wet weight of harvested cobs. The results of the study showed that applying rice husk biochar and manure as single treatments did not have a significant effect on increasing soil phosphorus availability, plant phosphorus uptake, wet weight and dry weight of plant stems and leaves, or baby corn production. However, there was a tendency for each observation parameter to show some improvement.

Keywords: Biochar, Cow manure, Oven-dried weight, Phosphorus, Wet weight

Cite this as: Parlindungan Lumbanraja, Mika Lidia Nababan, Irwan Siagian & Benjamin Surya Limbong (2024). Kandungan Fosfor dan Hasil Tanaman Jagung Pada Ultisol Akibat Pemberian Biochar Dan Pupuk Kandang. *Agrica: Journal of Sustainable Agriculture*, 17(1), 58-66. doi:<https://doi.org/10.37478/agr.v17i1.3347>



Copyright (c) 2024 Parlindungan Lumbanraja, Mika Lidia Nababan, Irwan Siagian, Benjamin Surya Limbong. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

PENDAHULUAN

Tanah merupakan bagian penting dalam pertumbuhan tanaman. Salah satu jenis tanah yang sangat sering digunakan untuk lahan pertanian tanaman adalah tanah Ultisol (Hidayat & Mulyani, 2005). Ultisol adalah tanah tua dan relatif kurang subur dengan kandungan unsur hara rendah (Sudaryono, 2016; Prasetyo & Suriadikarta, 2006). Respon tanaman terhadap pemberian unsur hara fosfor akan lebih besar pada tanah dengan kadar fosfor rendah daripada pada tanah dengan kadar tinggi (Griffith, 2023).

Ketersediaan fosfor bagi tanaman pertanian perlu perhatian khusus karena ketersediaannya yang tergantung oleh pH tanah. Diketahui bahwa tanah dengan nilai pH yang berada antara 6 dan 7,5 ideal untuk ketersediaan P, sedangkan nilai pH di bawah 5,5 dan antara 7,5 dengan 8,5 membatasi ketersediaan P untuk tanaman (NRCS/USDA, 2011b). Perlu diingat bahwa Fosfor (P) tersedia paling tinggi hanya 10% dari nilai P total tanah (SCRIBD, 2023) atas dasar landasan teoritis tersebut sangat perlu upaya yang dapat untuk meningkatkan ketersediaan P dalam tanah.

Penelitian (Lumbanraja et al., 2022) membuktikan bahwa hasil pengujian aplikasi bahan biochar ke dalam tanah inceptisol Tanjung Morawa mampu meningkatkan kadar P tanah tersedia. Kapasitas untuk menyerap fosfor (phosphorus sorption capacity/PSC) dan besarnya ketersediaan fosfor sangat tergantung pada jenis tanah (The European Agricultural Fund for Rural Development, 2023). Karena itu perlu diusahakan agar P dalam tanah terus

meningkat (Monsanto Technology Development: Agronomic Spotlight, 2023).

Aplikasi biochar dengan nyata memperbaiki beberapa kondisi kimia tanah Lumbanraja dkk. (2023). Biochar mampu memperbaiki populasi mikrobia tanah, dan memberi pengaruh pada pertumbuhan tanaman seperti tinggi tanaman, berat basah dan berat kering tanaman (Lumbanraja *et al.*, 2020). Senada dengan hal tersebut, menurut (Nurita & Jemberi, 1997) biochar sekam padi dapat menaikkan pH tanah dengan jalan meningkatkan unsur-unsur basa tanah. Peneliti lain berpendapat bahwa biochar mampu mempertahankan kelembaban tanah (Lehmann et al., 2003).

Selain berperan langsung pada sifat kimia tanah, pemberian biochar juga berdampak pada keberadaan mikroorganisme tanah. Menurut (Lumbanraja et al., 2020) Peningkatan mikroorganisme tanah dan fosfor semakin optimal dengan pemberian biochar. Peran mikroorganisme ini penting dalam memediasi ketersediaan P bagi tanaman (Richardson & Richard, 2011).

Pada dasarnya kelarutan P dalam larutan tanah sangat rendah, sehingga untuk memenuhi kebutuhan tanaman diperlukan konsentrasi P hingga 500 kali dari keperluan P tanaman selama satu musim tanam (Beegle, 2017). Pemenuhan konsentrasi P yang tinggi dalam larutan tanah dapat terjadi dengan pemberian pupuk organik kotoran hewan. Bahan ini umumnya memiliki konsentrasi P yang tinggi (NRCS/USDA, 2011b).

Aplikasi pakan yang berasal dari kotoran hewan ke dalam tanah, telah terbukti memperbaiki kondisi sifat-sifat fisika tanah (Hartatik & Widowati, 2006). Pakan kotoran sapi telah terbukti mampu memperbaiki kondisi kesuburan tanah secara lengkap seperti kesuburan biologi, kimia maupun fisika tanah (Lumbanraja & Harahap, 2015). Kondisi tanah yang subur dengan unsur P yang tersedia merupakan kondisi optimal bagi pertumbuhan dan produksi tanaman pangan seperti jagung.

Jagung semi merupakan jagung manis (*Zea mays saccharata* L.) yang dipanen saat tanaman masih sangat muda, yaitu saat tongkol jagung masih muda, yang sering digunakan sebagai sayuran. Hal ini menjadi alternatif yang sangat menguntungkan bagi petani dalam banyak hal, mulai dari nilai gizi yang tinggi, waktu panennya yang singkat, permintaan yang tinggi, sehingga memberi keuntungan ekonomi yang tinggi. Saat ini jagung ini mampu menjadi komoditas ekspor ke beberapa negara tetangga (Direktorat Perbenihan Tanaman Pangan, 2016).

METODE

Penelitian dilakukan di lahan percobaan Fakultas Pertanian Universitas HKBP Nommensen Medan yang terletak pada ketinggian sekitar 33 meter di atas permukaan laut (mdpl) dengan keasaman (pH) tanah 5,5-6,5 dan jenis tanah Ultisol (Lumbanraja dkk., 2023). Penelitian dilaksanakan mulai

dari bulan Januari sampai dengan Maret bulan 2023.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih Jagung manis varietas Secada F1, Pupuk Kandang Sapi, Biochar sekam padi, Fungisida Dithane M-45, Insektisida Decis 25 EC, Ridomil Gold MZ 4, Fungisida Acrobat dan air. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian meliputi alat olah tanah, garu, emrat, alat semprot, tali rafia.

Penelitian menggunakan metoda Rancangan Acak Kelompok Faktorial 4 x 3 dengan biochar sekam padi 4 taraf dan pakan sapi 3 taraf sebagaimana diuraikan berikut: Faktor I : Dosis Biochar sekam padi (B) terdiri dari empat taraf yaitu : B₀ = 0 ton/ha (kontrol), B₁ = 10 ton/ha B₂ = 20 ton/ha (dosis anjuran (Nurita, & Jemberi, 1997), B₃ = 30 ton/ha. Faktor II : Dosis pupuk kandang sapi (S) yang terdiri dari tiga taraf yaitu: S₀ = 0 ton /ha (kontrol), S₁ = 10 ton /ha, S₂ = 20 ton/ha sebagai dosis anjuran (Lumbanraja, P., & Harahap, E. M., 2015).

Parameter yang diamati pada penelitian ini meliputi rata-rata P tanah, rata-rata serapan P batang dan daun tanaman, berat basah dan berat kering oven bagian batang dan daun tanaman bobot basah panen kelobot 40 % t/ha. Setiap parameter pengamatan dilakukan analisis of varians dengan metode linear aditif: $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + K_k + \epsilon_{ijk}$. Setiap parameter yang hasilnya berpengaruh nyata atau sangat nyata dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian berupa data uji laboratorium dan pengukuran P tersedia

tanah, serapan P batang dan daun tanaman, berat basah bagian batang dan daun tanaman, berat kering bagian

batang dan daun tanaman dan bobot basah panen *baby corn* dengan kelobot 40 % disajikan pada Tabel 1. Pendeknya umur panen dari tanaman yang dijadikan sebagai parameter pengamatan dalam penelitian ini turut mempengaruhi bagaimana pengaruh masing-masing perlakuan yang diujikan, baik pupuk kandang sapi maupun biochar sekam padi.

Secara teori dengan umur tanaman jagung semai yang dipanen pada umur 50 hari setelah tanam masih tergolong singkat (yaitu hanya dalam satu masa panen). Biochar sekam padi merupakan bahan yang tergolong resisten terhadap pelapukan, dan untuk tujuan percepatan penguraian bahan biochar sekam padi, diberikan pupuk kandang sapi dengan asumsi mikrobial yang bersumber dari pupuk kandang sapi yang diaplikasikan akan membantu mempercepat penguraian bahan biochar sekam padi tersebut. Kenyataannya dalam penelitian ini pengaruh yang diasumsikan sebelumnya belum berjalan dengan sempurna, justru bahan biochar sekam padi masih belum terurai sempurna pada masa inkubasi dalam tanah selama 50 hari tersebut. Hasil penelitian ini juga memperlihatkan bahwa pengaruh pemberian atau aplikasi pupuk kandang

Hasil uji anova data analisis laboratorium terlihat bahwa perlakuan yang diberikan belum memberikan pengaruh pada kadar P tersedia tanah yang signifikan sebagaimana terlihat pada Tabel 1. Salah satu penyebabnya adalah CN ratio bahan biochar sekam padi yang masih cukup tinggi yaitu sekitar 30:1 (Karamina dkk., 2022). Walau sangat kecil dan tidak nyata tetapi data tersebut memperlihatkan bahwa aplikasi perlakuan pupuk kandang 10 ton ha⁻¹ memberikan pengaruh terbaik terhadap P tersedia tanah (0.62% atau setara dengan 6200 ppm), melebihi

yang seharusnya memberi pengaruh atau dampak menguntungkan dalam waktu singkat (kurang lebih dalam 30 hari setelah aplikasi) juga tidak terlihat pengaruhnya.

Tidak terlihatnya pengaruh aplikasi pupuk kandang tersebut merupakan gambaran kondisi penguraian bahan pupuk kandang yang sebenarnya terjadi dalam tanah. Kondisi tersebut tidak cukup untuk mengimbangi pengaruh resistensi dari bahan biochar sekam padi dengan CN ratio yang tinggi yaitu sekitar 30:1 (Karamina dkk., 2022). Kondisi ini mengakibatkan terjadinya kesulitan bagi mikrobial tanah menguraikan bahan biochar sekam padi tersebut. Penelitian sebelumnya membuktikan bahwa aplikasi biochar dengan nyata memperbaiki beberapa kondisi kimia tanah Lumbanraja dkk. (2023), mampu mempertahankan kelembaban tanah (Lehmann et al., 2003 dan Nurita & Jemberi, 1997). Namun dalam penelitian ini ada pengaruh tetapi tidak sampai kepada tingkat yang signifikan hanya sejauh adanya kecenderungan saja.

pengaruh aplikasi biochar sekam padi pada semua dosis aplikasi (berkisar dari 0.49 % atau setara dengan 4900 ppm – 51% atau setara dengan 5100 ppm). Kondisi tersebut sesuai dengan penelitian (NRCS/USDA, 2011; Canada, 2023; Winarso, 2005)s. Hasil penelitian juga memperlihatkan bahwa tingkat serapan P tanaman tidak berpengaruh yang signifikan terhadap serapan P bagian batang dan daun tanaman sebagaimana dengan data yang disajikan pada Tabel 1 di atas. Terlihat bahwa perlakuan pupuk kandang dengan dosis setara dengan 20 ton ha⁻¹ memberikan

Lumbanraja: Kandungan Fosfor dan Hasil Tanaman Jagung Pada Ultisol

pengaruh terbaik terhadap serapan P tanaman yaitu sebesar 0,32% atau setara dengan 3200 ppm, melebihi pengaruh aplikasi biochar sekam padi terbesar pada semua dosis aplikasi (berkisar dari 0.29 % atau setara dengan 2900 ppm -

31% atau setara dengan 3100 ppm). Kedua hasil tersebut berada diatas kadar serapan P tanaman dengan perlakuan kontrol (0.30% atau setara dengan 3000 ppm).

Tabel 1. Kandungan P Tersedia Tanah, Serapan P Batang dan Daun, Berat Basah Bagian Batang dan Daun Tanaman, Berat Kering Bagian Batang dan Daun Tanaman dan Bobot Basah Panen dengan Kelobot 40 %.

Dosis Biochar Sekam Padi (t/ha)	Rataan P Tersedia Tanah (%)			Rataan (%)
	Dosis Pupuk Kandang Sapi (t/ha)			
	S ₀ (0)	S ₁ (10)	S ₂ (20)	
B ₀ (0)	0.77	0.81	0.59	0.72
B ₁ (10)	0.58	0.50	0.39	0.49
B ₂ (20)	0.42	0.66	0.45	0.51
B ₃ (30)	0.44	0.52	0.51	0.49
Rataan (%)	0.55	0.62	0.48	
	Rataan Serapan P Batang dan Daun Tanaman (%)			
B ₀ (0)	0.30	0.31	0.34	0.31
B ₁ (10)	0.30	0.32	0.33	0.31
B ₂ (20)	0.29	0.29	0.31	0.29
B ₃ (30)	0.30	0.30	0.33	0.31
Rataan (g)	0.29	0.30	0.32	
	Berat Basah Bagian Batang dan Daun Tanaman (g)			
B ₀ (0)	590	395	565	516.66
B ₁ (10)	450	455	545	483.33
B ₂ (20)	460	480	440	460.00
B ₃ (30)	450	440	420	436.66
Rataan (g)	487.50	442.50	492.50	
	Berat Kering Bagian Batang dan Daun Tanaman (g)			
B ₀ (0)	285	195	50	176.66
B ₁ (10)	200	215	220	211.66
B ₂ (20)	140	140	225	168.33
B ₃ (30)	120	130	170	140.00
Rataan (g)	186.25	170.00	166.25	
	Bobot Basah Panen dengan Kelobot 40 % (ton ha ⁻¹)			
B ₀ (0)	2.52	2.50	2.91	2.64
B ₁ (10)	2.60	1.70	2.25	2.18
B ₂ (20)	3.64	1.90	2.32	2.62
B ₃ (30)	3.08	3.01	4.82	3.63
Rataan (t/ha)	2.96	3.03	4.10	

Keterangan: tidak dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan karena hasil uji anova atau uji F tidak memperlihatkan hasil yang berbeda nyata.

Data pada table 1 juga menunjukkan bahwa serapan P bagian daun dan batang tanaman dengan pengaruh

aplikasi pupuk sapi setara 20 ton ha⁻¹ lebih tinggi sebesar 100 ppm dibandingkan serapan P tanaman

tertinggi akibat pengaruh biochar sekam padi. Perlu ditegaskan juga bahwa dibandingkan dari aplikasi pukan setara dengan 10 ton ha^{-1} serapan P bagian tanaman tersebut naik 200 ppm - 300 ppm dari perlakuan tanpa pukan sapi. Pernyataan di atas menggambarkan bahwa meski pengaruh perlakuan tidak nyata, tetapi pada serapan P, perlakuan pukan sapi memberikan pengaruh yang lebih besar dibandingkan biochar sekam padi. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Lumbanraja et al., (2020).

Penyerapan P terbaik pada aplikasi pukan sapi tertinggi setara dengan 20 t/ha. Fosfor (P) tersedia paling tinggi hanya 10% dari nilai P total tanah (SCRIBD, 2023). Hal ini menunjukkan bahwa kadar P tersedia tanah adalah sebesar 0,81%. Tetapi kenyataan dari data pada Tabel 1, serapan P tanaman sebesar 0,31%. Nilai serapan tanaman tersebut lebih besar 3,877 kali dari nilai 0,081%. Fakta ini membuktikan ada pengaruh aplikasi pupuk kandang taraf S1 dan biochar B0 (S1B0) terhadap serapan hara P tanaman, hanya tidak nyata secara uji statistik. Peningkatan serapan P yang terjadi meski ada tetapi belum nyata, sehingga diperlukan konsentrasi P hingga 500 kali dari keperluan P tanaman selama satu musim tanam (Beegle, 2017).

Parameter berat basah batang dan daun jagung semi hasil terbaik dihasilkan oleh perlakuan pukan sapi setara dengan 20 ton ha^{-1} dengan hasil 492,50 g. Hasil tersebut naik sebesar 1% dibandingkan terhadap perlakuan tanpa pukan sapi dengan berat basah 487.50g. Kenaikan hasil ini didukung oleh hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan aplikasi pupuk kandang yang berasal

dari kotoran hewan terbukti memperbaiki kondisi tanah (Hartatik & Widowati, 2006) dan (Lumbanraja & Harahap, 2016).

Sebaliknya, parameter berat kering bagian batang dan daun tanaman menunjukkan hasil tertinggi terjadi pada perlakuan tanpa pukan dibandingkan terhadap tingkat aplikasi yang serupa. Berat kering bagian tanaman tanpa pukan sapi 186,25 g sedangkan dengan aplikasi pukan setara 10 ton ha^{-1} , berat kering bagian tanaman 170,00 g dan dengan aplikasi pukan sapi setara dengan 20 ton ha^{-1} dengan berat kering hanya 166,25 g. Jadi terjadi penurunan dari 8,72% pada aplikasi pukan sapi setara dengan 10 ton ha^{-1} hingga 10,73% pada aplikasi pukan sapi setara dengan 20 ton ha^{-1} . Penelitian sebelumnya juga menunjukkan kondisi yang serupa (Lumbanraja et al., 2020).

Pengaruh aplikasi biochar sekam padi ternyata memberikan hasil bobot basah tanaman yang semakin menurun dengan meningkatnya dosis aplikasi bahan biochar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berat basah bagian tanaman tanpa aplikasi biochar sebesar 516.66 g, berturut-turut menurun menjadi 483,33, 460,00 dan 436,66 dengan meningkatnya dosis aplikasi pemberian bahan biochar sekam padi berturut-turut 0, 10, 20 dan 30 ton ha^{-1} . Berat kering bagian tanaman dengan aplikasi biochar sekam padi setara dengan pemberian 10 ton ha^{-1} adalah yang tertinggi dengan berat 211.66 g, sedangkan pemberian bahan biochar sekam padi di bawah dan di atasnya menghasilkan berat kering tanaman yang lebih rendah. Berat kering bagian tanaman tersebut juga lebih besar dari berat kering tanaman pada seluruh dosis aplikasi pupuk kandang sapi.

Untuk hasil produksi jagung semi, meski tidak terjadi pengaruh yang signifikan tetapi terjadi peningkatan hasil yang lebih dominan oleh perlakuan pukan sapi dibandingkan terhadap hasil dengan perlakuan biochar sekam padi. Hasil tertinggi dari perlakuan pukan sapi 20 ton ha⁻¹ mencapai 4,1 ton ha⁻¹. Hasil ini lebih tinggi dibandingkan perlakuan biochar sekam padi dengan hasil tertingginya hanya mencapai 3,63 ton ha⁻¹. Peningkatan hasil dengan aplikasi pukan sapi lebih tinggi sebesar 11,46% dari pengaruh aplikasi *biochar* sekam padi. Jika diperhatikan lebih teliti terlihat bahwa dengan perlakuan pukan sapi memperlihatkan bahwa hasil jagung semi tertinggi adalah 4,1 ton ha⁻¹ terjadi pada saat aplikasi pukan 20 ton ha⁻¹, dan bersamaan dengan parameter bobot basah bagian tanaman tertinggi tetapi justru bobot kering bagian tanaman terendah. Berbeda dengan perlakuan pukan sapi, untuk perlakuan biochar sekam padi yang terjadi adalah bahwa hasil tertinggi terjadi pada dosis 30 ton ha⁻¹ yang memberikan hasil jagung semi sebesar 3,63 ton ha⁻¹ bersamaan dengan parameter bobot basah maupun bobot kering bagian tanaman terendah.

SIMPULAN

Perlakuan tunggal *biochar* sekam padi maupun pukan berpengaruh tidak nyata terhadap peningkatan ketersediaan P tanah, serapan P bagian batang dan daun, berat basah dan berat kering bagian batang dan daun tanaman dan produksi tanaman jagung semi (*baby corn*), dengan kecenderungan memberikan pengaruh yang meningkatkan terhadap masing-masing parameter pengamatan tersebut. Kombinasi kedua perlakuan hingga taraf

yang diujikan berpengaruh tidak nyata terhadap setiap parameter yang diamati dengan pola kecenderungan yang memberikan pengaruh meningkatkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Fakultas Pertanian Universitas HKBP Nommensen Medan; Laboratorium Ilmu Tanah Faperta UHN Medan dan Laboratorium Tanah PT. SOCFIN Indonesia (SOCFINDO) Medan.

DAFTAR PUSTAKA

- Beegle, D. (2017). *Managing Phosphorus for Crop Production*. <https://extension.psu.edu/managing-phosphorus-for-crop-production>
- Canada, G. of A. (2023). *Phosphorus management in crops; Guidelines for identifying phosphorus deficiency and increasing crop yield by applying phosphorus (P)*.
- Direktorat Perbenihan Tanaman Pangan. (2016). *Kebijakan Pengembangan Perbenihan Tanaman Pangan*.
- Griffith, B. (2023). *The Efficient Fertilizer Use Manual; Phosphorus*. <https://www.cropnutrition.com/nutrient-management/phosphorus>
- Hartatik, & Widowati. (2006). *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*.
- Hidayat, & Mulyani. (2005). *Lahan Kering Untuk Pertanian*. Pusat Penelitian Tanah dan Pengembangan dan Agroklimat.
- Karamina Hidayati, Bambang Siswanto, dan Viktor Herkulanus Maringan. 2022. Pengaruh Dosis Biochar Sekam Padi Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) Pada Alfisol. Jurnal ilmiah Hijau Cendikia. Vol 7 No 2 (2022): DOI: <https://doi.org/10.32503/hijau.v7i2.2209>.
- Lehmann, J., Da Silva Jr, J. P., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W., & Glaser, B.

- (2003). Nutrient Availability and Leaching in an Archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon Basin: Fertilizer, Manure and Charcoal Amendments. *Plant and Soil*, 249(3), 343–357. <https://doi.org/10.1023/A>
- Lumbanraja, P., & Harahap, E. M. (2015). Perbaikan Kapasitas Pegang Air Dan Kapasitas Tukar Kation Tanah Berpasir Dengan Aplikasi Pupuk Kandang Pada Ultisol Simalingkar. *Pertanian Tropik*, 2(1), 53–67. <https://media.neliti.com/media/publications/156755-ID-perbaikan-kapasitas-pegang-air-dan-kapas.pdf>
- Lumbanraja, P., Harahap, E. M., Rauf, A., & Adiwiganda, R. (2020). Oil palm empty fruit bunch alkaline biochar influences total soil microbial population, number of root nodules and soybean growth in wonosari inceptisol. *Systematic Reviews in Pharmacy*, 11(3), 451–456. <https://doi.org/10.5530/srp.2020.3.57>
- Lumbanraja, P., Harahap, E. M., Rauf, A., & Adiwiganda, R. (2022). Oil Palm Empty Fruit Bunches Biochar Potential as Ameliorant for Acid Soil. *International Conference on Natural Resources and Sustainable Development (ICNRSD)*, August, 337–344. <https://doi.org/10.5220/0009902500002480>
- Lumbanraja, P., Tampubolon, B., Pandiangan, S., & Ambarita, J. (2023). Aplikasi Pupuk Kandang dan Mikoriza terhadap Peningkatan P-tersedia, serapan P serta Pertumbuhan dan Produksi Jagung Manis (*Zea mays Saccharata* L.) Pada Tanah Ultisol. *AGRIUM: Jurnal Ilmu Pertanian*, 26(1), 11–20. <https://doi.org/10.30596/agrium.v26i1.13806>
- Lumbanraja, P., Tindaon, F., Pandiangan, S., Tampubolon, B., Nababan, M. L., & Nurhayati, N. (2023). Biochar Sekam Padi dan Pukan Sapi Memperbaiki Pertumbuhan, dan Produksi Tanaman Baby Corn (*Zea mays saccharata* L.) Pada Ultisol Simalingkar. *BEST Journal (Biology Education, Sains and Technology)*, 6(2), 64–70. <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/best/article/view/7576/5462>
- Malau, S. (2023). *Peancangan Percobaan Edisi VI Agst 2023* (6th ed., Vol. 2023, Issue Edisi 6). Universitas HKBP Nommensen Fakultas Pertanian Medan.
- Monsanto Technology Development: Agronomic Spotlight. (2023). *Importance of P and K in Corn and Soybean Development*. <http://www.schertzaerial.com/docs/Importance of P and K in Corn and Soybean Development.pdf>
- NRCS/USDA (National Resources Conservation Service/United States Department of Agriculture). (2011a). *Selection of an Appropriate Phosphorus Test for Soils*. Appropriate Phosphorus Test for Soils_usda_nrcs142p2_051918.pdf
- NRCS/USDA (National Resources Conservation Service/United States Department of Agriculture). (2011b). *Soil Phosphorus*.
- Nurita, & Jemberi. (1997). Pemupukan KCI dan Abu Sekam pada Padi Gogo di Tanah Podsolik Merah Kuning. *Pembangunan Pertanian Berkelanjutan Menyongsong Era Globalisasi*.
- Prasetyo, B. H., & Suriadikarta, D. . (2006). *Karakteristik, Potensi, Dan Teknologi Pengelolaan Tanah Ultisol Untuk Pengembangan Pertanian Lahan Kering di Indonesia*. <https://id.scribd.com/doc/10056264/Karakteristik-Potensi-Dan-Teknologi-Pengelolaan-Tanah-Ultisol-Untuk-an-Pertanian-Lahan-Kering-Di-Indonesia>

- Rahmawati, R. (2023). *Analisis Faktorial Rancangan Acak Lengkap (Ral) Dengan Metode Additive Main Effects And Multiplicative Interaction (AMMI)* [UNIVERSITAS LAMPUNG]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK558907/>
- Richardson, A. ., & Richard, J. S. (2011). *Soil Microorganisms Mediating Phosphorus Availability Update on Microbial Phosphorus*. <http://plantphysiol.org>
- SCRIBD. (2023). *Parameter Kesuburan Kimia Tanah Hutan*. <https://www.scribd.com/document/364504204/5-Parameter-Kesuburan-Kimia-Tanah-Hutan>
- Sideman's, E. (2011). *Managing Soil Phosphorus By Eric Sideman, Ph.D.* <https://www.mofga.org/resources/soil/phosphorus>
- Sudaryono, S. (2016). *Tingkat Kesuburan Tanah Ultisol Pada Lahan Pertambangan Batubara Sangatta, Kalimantan Timur*. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 10(3), 337. <https://doi.org/10.29122/jtl.v10i3.1480>
- The European Agricultural Fund for Rural Development. (2023). *Managing Soil Phosphorus*. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjOwNOQ7IWAAXUizTgGHYXzA1YQFnoECBUQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.fas.scot%2Fdownloads%2Fpractical-guide-managing-soil-phosphorus%2F&usg=AOvVaw01lyRpvP29-JJPn6Ps0cg6&opi=89978449>
- Winarso. (2005a). *Kesuburan Tanah: Dasar Kesehatan dan Kualitas Tanah*. Gava Media.
- Winarso, S. (2005b). *Kesuburan Tanah*. Gava Media.