



Potential of Bio-Silica From Palm Oil Waste As a Rehabilitation of Dry Marginal Land on Corn (*Zea mays L.*) Planting

Potensi Bio-Silika Dari Limbah Kelapa Sawit Sebagai Perehabilitasi Lahan Marginal Kering Pada Tanaman Jagung (*Zea Mays L.*)

Agris Soufri Laila, Kemal Bakhtiar Rahman Safira Azkia Muhammad Rafli, Wida Akasyah* 

Departemen Agroteknologi Fakultas Pertanian USU Medan 20155

*Corresponding author: widaakasah@usu.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received : 17 November 2023

Revised : 21 November 2023

Accepted 27 November 2023

Available online:

<https://talenta.usu.ac.id/jpt>

E-ISSN: 2356-4725

P-ISSN: 2655-7576

How to cite:

Agris Soufri Laila, Kemal Bakhtiar Rahman, Safira Azkia, Muhammad Rafli, & Akasah, W. (2023). Potential of Bio-Silica From Palm Oil Waste As a Rehabilitation of Dry Marginal Land on Corn (*Zea mays L.*) Planting . Jurnal Online pertanian tropik, 10(2), 8-16.

ABSTRACT

Food estate is the government's flagship program for overcoming the food crisis caused by COVID-19. This program uses Ultisol, which has low fertility because it has low pH and silica. This research aims to increase the fertility of Ultisol by applying biosilica fertilizer from palm oil shell waste to increase the productivity of corn (*Zea mays L.*). This research used a randomized group design with 5 treatments and 4 replications. The treatment provided 0 g/polybag (S0), 10 g/polybag (S1), 20 g/polybag (S2), 30 g/polybag (S3), and 40 g/polybag (S4) of biosilica. The parameters observed in biosilica was FTIR test, in Ultisol was pH, available P, available Si, and electrical conductivity (DHL), while in corn they included plant height, number of leaves, root and shoot dry weight, and P uptake. Data were processed using IBM SPSS Statistics 25 software and analyzed using analysis of variance (Anova) at a test level of 5%. The research results show palm oil shell waste contains silica, so it can be used as biosilica. Applying biosilica to Ultisol can increase the pH and available P, thereby increasing P uptake and corn plant growth. The best treatment was obtained from the treatment of 30 g/polybag (S3) biosilica.

Keywords: food crisis, corn, Ultisol soil, biosilica fertilizer.

ABSTRAK

Food estate merupakan program unggulan pemerintah dalam mengatasi krisis pangan akibat Covid-19. Program ini menggunakan tanah Ultisol yang memiliki kesuburan rendah karena memiliki pH dan silika yang rendah. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kesuburan tanah Ultisol dengan pemberian pupuk biosilika dari limbah cangkang kelapa sawit agar meningkatkan produktivitas tanaman jagung (*Zea mays L.*). Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 5 taraf perlakuan dan 4 ulangan. Perlakuan pemberian pupuk biosilika sebanyak 0 g/polybag (S0) sebagai kontrol, 10 g/polybag (S1), 20 g/polybag (S2), 30 g/polybag (S3), dan 40 g/polybag (S4). Parameter yang diamati pada pupuk biosilika berupa uji FTIR, pada tanah Ultisol berupa uji pH, P tersedia, Si tersedia, dan daya hantar listrik (DHL), sedangkan pada tanaman jagung meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, bobot kering akar, bobot kering tajuk, dan serapan P. Data diolah menggunakan software IBM SPSS Statistic 25 dan dianalisis menggunakan analisis keragaman (Anova) pada taraf uji 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah cangkang kelapa sawit mengandung silika sehingga dapat digunakan sebagai pupuk biosilika. Pemberian pupuk biosilika pada tanah Ultisol mampu meningkatkan pH dan P tersedia sehingga meningkatkan serapan P dan pertumbuhan tanaman jagung. Perlakuan terbaik diperoleh pada perlakuan pemberian pupuk biosilika sebanyak 30 g/polybag (S3).

Keyword: krisis pangan, jagung, tanah Ultisol, pupuk biosilika



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International.

<https://doi.org/10.32734/jpt.v10i2.14397>

1. Pendahuluan

Krisis pangan akibat Covid-19 masih menjadi isu yang terus dibicarakan. Berbagai program direncanakan dan dilakukan pemerintah Indonesia. Salah satu program yang menjadi polemik yaitu program food estate. Food estate merupakan program yang dirancang di bidang pertanian dan peternakan (Azhar dan Ok, 2022). Jenis komoditi yang dibudidayakan juga beragam, salah satunya yaitu jagung. Pada program ini hasil panen jagung dalam jumlah yang banyak akan diolah menjadi bahan pangan maupun pakan ternak (Wirapranatha et al., 2022). Untuk memenuhi program tersebut, pemerintah melakukan pembukaan lahan secara besar-besaran di Sumatera Utara dan Kalimantan Tengah.

Memenuhi kebutuhan lahan budidaya yang luas, pemerintah juga mengambil langkah dengan membuka lahan hutan dan areal lahan yang kurang produktif. Di Sumatera Utara, tanah Ultisol dipilih sebagai sasaran lahan untuk program food estate. Hal ini dikarenakan tanah Ultisol memiliki cakupan luasan hingga 25% luasan daratan yang ada di Indonesia. Akan tetapi, tanaman jagung sulit beradaptasi pada tanah Ultisol karena tanah tersebut mengalami tingkat pelapukan lanjut, kesuburan rendah dan fiksasi fosfor (Habibah, 2021).

Tanah Ultisol digolongkan sebagai tanah marginal yang memiliki tingkat kesuburan rendah dikarenakan tanah Ultisol memiliki pH yang rendah (<5) dan mengandung unsur toksik di dalamnya (Syahputra et al., 2015). Al dan Fe termasuk unsur toksik yang menyebabkan turunnya kesuburan tanah akibat terjadinya proses pengikatan antar unsur hara dalam tanah, sehingga unsur hara yang saling terikat akan sulit diserap oleh tanaman. Banyaknya permasalahan pada tanah Ultisol disebabkan oleh rendahnya unsur silika yang merupakan unsur penting pada tanah. Silika menyumbang 27,7% berat tanah setelah oksigen yakni 47%. Silika berasal dari mineral dan bahan-bahan biologis pada tanah dengan jumlah kandungan berkisar 5-40% dari jumlah total kandungan tanah dengan ketersediaan yang terus menurun seiring penyerapan oleh tanaman (Nurmala et al., 2016). Oleh karena itu, diperlukan penambahan unsur silika guna meningkatkan efektivitas lahan Ultisol pada tanaman jagung.

Pemberian unsur hara silika pada tanaman mampu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman kekeringan. Hal ini dikarenakan silika merupakan unsur yang mampu meningkatkan kandungan polisakarida pada tanaman. Tidak hanya itu, silika juga berperan dalam menjaga dan meningkatkan aktivitas oksidasi pada akar, aktivitas enzim yang terlibat dalam fotosintesis, dan penebalan dinding sel sebagai bentuk proteksi terhadap hama dan penyakit (Nurmala et al., 2016). Sehingga diperlukan penambahan material yang memiliki kandungan silika.

Salah satu limbah perkebunan yang memiliki kandungan silika tinggi adalah abu cangkang kelapa sawit yakni sebesar 61% (Wimarsela et al., 2021). Dikutip dari data Badan Pusat Statistik tahun 2021, diketahui bahwa luasan perkebunan kelapa sawit di Indonesia seluas 14.663,6 juta hektar dengan produksi rata-rata sebesar 39,47 juta ton/hektar (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2021). Pengolahan 1 ton tandan buah segar menghasilkan limbah kelapa sawit sebesar 23%, dimana 6,5% nya adalah limbah cangkang kelapa sawit, sehingga dalam 1 ton tandan buah segar mampu menghasilkan 65 kg limbah cangkang kelapa sawit (Febriyanti et al., 2019). Oleh karena itu, cangkang kelapa sawit dapat dijadikan sumber biosilika.

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan, penelitian ini bertujuan untuk melakukan pembuatan pupuk biosilika dari limbah kelapa sawit yang diharapkan mampu menjadi solusi dalam membenahi tanah Ultisol sehingga pemanfaatan lahan di Indonesia menjadi lebih efektif dan efisien.

2. Bahan Dan Metode

Riset ini dilaksanakan selama 5 bulan di Rumah Kasa, Laboratorium Riset dan Laboratorium Kimia Tanah Universitas Sumatera Utara, Medan. Bahan yang digunakan dalam riset ini adalah cangkang kelapa sawit, tanah Ultisol, kotoran sapi, benih jagung bisi sweet 2, NaOH 1 N, akuades, kertas saring whatman No. 42, asam asetat glasial, dan pupuk NPK. Alat yang digunakan dalam riset ini adalah oven, polybag, timbangan analitik, cangkul, pH meter tanah, magnetic stirrer, gelas beaker, termometer, corong kaca, plastik, cawan penguap, gelas ukur, pirolisis reaktor, tanur, spektrofotometer IR, spektrofotometer UV-Vis, spatula, batang pengaduk, konduktometer, ember, meteran, sarung tangan lateks, gembor, botol spray tanaman, dan selang air.

Cangkang kelapa sawit dijemur di bawah sinar matahari selama 2 hari. Selanjutnya cangkang kelapa sawit dicampur dengan kotoran sapi lalu dimasukkan ke dalam pirolisis reaktor dan dipanaskan selama 3 jam pada suhu 300°C kemudian diabukan dalam tanur selama 2 jam pada suhu 600°C. Sebanyak 10 g abu cangkang kelapa sawit dimasukkan ke dalam gelas beaker kemudian ditambahkan 60 mL NaOH 1 N lalu dipanaskan pada suhu 80°C selama 90 menit sambil diaduk hingga homogen. Kemudian campuran disaring dan residu

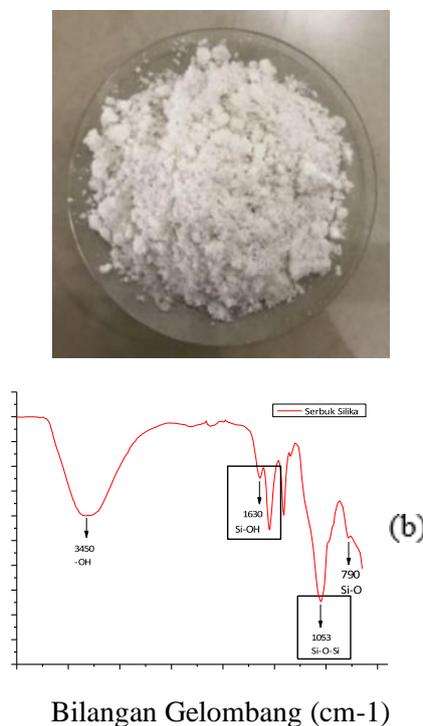
dicuci dengan 100 mL akuades panas. Ditambahkan asam asetat glasial hingga pH=7. Setelah penambahan asam, terbentuk hidrogel berwarna putih dan didiamkan selama 18 jam lalu dikeringkan pada suhu 80°C hingga beratnya konstan.

Pengambilan sampel tanah Ultisol dengan ciri berwarna kekuningan dilakukan dengan metode zig-zag di setiap titik pengambilan, kemudian mencampurkan setiap sampel secara merata untuk dapat mewakili suatu area lahan. Tanah yang telah dicampurkan kemudian dimasukkan 10 kg ke dalam masing-masing polybag. Perlakuan pemberian pupuk biosilika yaitu 0 g/polybag (S0 sebagai kontrol), 10 g/polybag (S1), 20 g/polybag (S2), 30 g/polybag (S3), dan 40 g/polybag (S4). Setiap perlakuan diulangi sebanyak 4 kali sehingga terdapat 20 polybag. Penanaman benih jagung dilakukan dengan memasukkan 1 butir benih jagung bisi sweet 2 pada setiap polybag yang telah diberi perlakuan pemberian pupuk biosilika. Selanjutnya dilakukan penyiraman setiap pagi dan sore apabila tanah dalam keadaan kering atau tidak hujan. Komponen yang dianalisa terdiri dari pengujian FTIR pada pupuk biosilika. Analisis tanah Ultisol berupa uji pH, P tersedia, Si tersedia, dan daya hantar listrik (DHL). Pengamatan pertumbuhan tanaman jagung berupa tinggi tanaman, jumlah daun, bobot kering akar, bobot kering tajuk, dan uji serapan P. Kemudian data yang diperoleh diolah menggunakan software IBMSPSS Statistic 25 dan dianalisis menggunakan analisis keragaman (Anova) pada taraf uji 5%.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Silika

Silika yang diperoleh dari cangkang kelapa sawit memiliki pH sebesar 7 dengan bentuk fisik berupa padatan putih yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) Padatan silika, (b) Hasil FT-IR Silika

Analisis FTIR (Fourier Transform Infra-Red) dilakukan guna menganalisis gugus silanol (Si-OH) dan gugus siloksan (Si-O-Si) pada silika dengan rentang bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} . Hasil analisa FTIR silika dapat dilihat pada Gambar 2. Pada puncak 790 cm^{-1} menunjukkan regangan vibrasi dari gugus siloksi (Si-O). Puncak 1053 cm^{-1} menunjukkan regangan vibrasi dari gugus siloksan (Si-O-Si). Puncak 1630 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi ulur ikatan hidroksil (-OH) dari gugus silanol (Si-OH). Sedangkan puncak 3450 cm^{-1} disebabkan oleh peregangan ikatan -OH dari gugus Si-OH karena teradsorpsi oleh molekul H₂O pada permukaan silika.

3.2. Analisa Tanah Ultisol Sebelum Perlakuan

Analisa tanah Ultisol dengan beberapa parameter pengujian seperti pH H₂O, P-tersedia, SiO₂ dan DHL dapat dilihat pada Tabel 1.

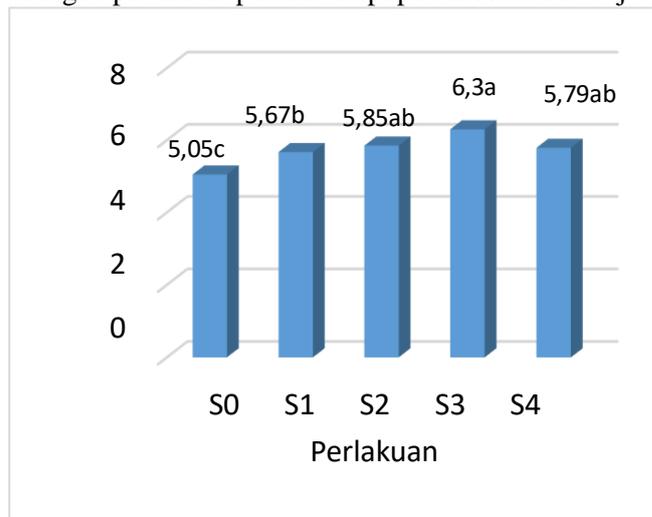
Parameter	Satuan	Hasil Analisis	Kriteria
pH H ₂ O	----	5,05	masam
P tersedia	ppm	1,79	sangat rendah
Si tersedia	%	6,43	rendah
DHL	mmhos/cm	1,83	rendah

Tabel 1. Hasil analisa tanah Ultisol sebelum perlakuan pemberian pupuk biosilika

Berdasarkan Tabel 1 bahwa hasil analisa parameter tanah Ultisol termasuk kriteria rendah. Kemasaman pada tanah Ultisol disebabkan oleh pencucian basa-basa seperti (Na, Ca, Mg, dan K) serta silika (Si) secara terus menerus. Kemasaman tanah menyebabkan fiksasi P oleh logam Al dan Fe bebas. Menurut Pasang et al., (2019) bahwa kadar P dan Si yang rendah disebabkan adanya pengikatan oleh unsur yang lain seperti Al dan Fe sehingga unsur hara tersebut memiliki kadar yang rendah di dalam tanah. Hal ini sesuai Tabel 1. bahwa hasil analisa kadar P dan Si yang diperoleh tergolong rendah.

3.3. Analisa Tanah Ultisol Setelah Perlakuan Uji pH

Rerata pH tanah Ultisol dengan perlakuan pemberian pupuk biosilika ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



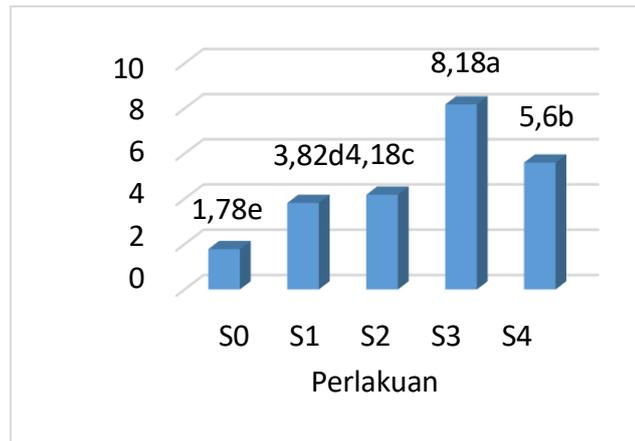
Gambar 2. Rerata pH dengan perlakuan pemberian pupuk biosilika

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan pemberian pupuk biosilika berpengaruh nyata meningkatkan pH tanah Ultisol. Gambar 2 menunjukkan bahwa perlakuan S3 menunjukkan hasil pH tertinggi yaitu 6,30 dan S0 menunjukkan hasil pH terendah yaitu 5,05. Hasil pH 6,30 mendekati pH optimum tanah sebagai media tanam yang baik yaitu 5,5-6,5. Berdasarkan taraf uji lanjutan DMRT pada taraf 5% menunjukkan bahwa perlakuan S3 berbeda nyata dengan S0 dan S1, tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan S2 dan S4.

Peningkatan pH tanah diakibatkan terjadinya pertukaran anion antara ion OH⁻ yang terikat pada Al dan Fe dengan ion silikat sehingga ion OH⁻ yang terlepas dapat menaikkan nilai pH dalam larutan tanah. Hal ini sesuai dengan pendapat Hutaeruk et al. (2023) bahwa penambahan bio-silika dari cangkang kelapa sawit berdampak pada peningkatan pH dan secara tidak langsung dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman.

3.4. Uji P Tersedia

Rerata pH tanah Ultisol dengan perlakuan pemberian pupuk biosilika ditunjukkan pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Rerata P tersedia dengan perlakuan pemberian pupuk biosilika

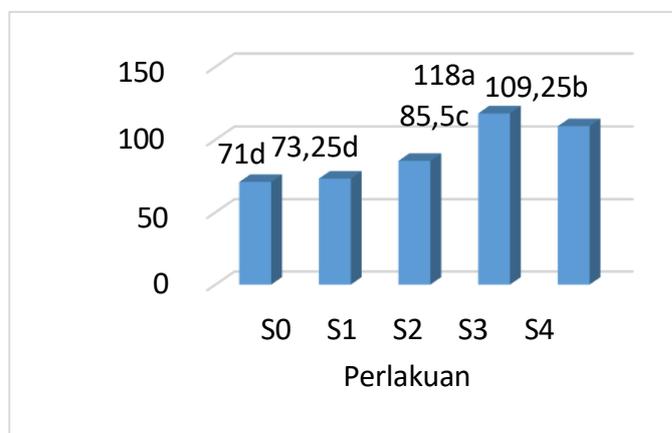
Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan pemberian pupuk biosilika berpengaruh nyata meningkatkan P tersedia tanah Ultisol. Gambar 4. menunjukkan bahwa perlakuan S3 menunjukkan hasil P tersedia tertinggi yaitu 8,18 ppm dan S0 menunjukkan hasil P tersedia terendah yaitu 1,78 ppm. Berdasarkan taraf uji lanjutan DMRT pada taraf 5% menunjukkan bahwa perlakuan S3 berbeda nyata dengan perlakuan S0, S1, S2, dan S4.

P tersedia tanah Ultisol meningkat pada semua perlakuan pemberian pupuk biosilika dikarenakan turunnya konsentrasi ion Al dan Fe dalam larutan tanah sehingga menurunkan fiksasi P oleh Al dan Fe. Pemberian Si pada tanah akan meningkatkan konsentrasi asam monosilikat pada tanah yang dapat mengubah P tidak larut menjadi P tersedia bagi tanaman (Hutauruk et al., 2023; Zulputra dan Nelvia, 2018).

3.5. Pengamatan Pertumbuhan pada Tanaman Jagung

3.5.1. Tinggi Tanaman

Rerata tinggi tanaman jagung selama 7 MST dengan perlakuan pemberian pupuk biosilika ditunjukkan pada Gambar 4 berikut



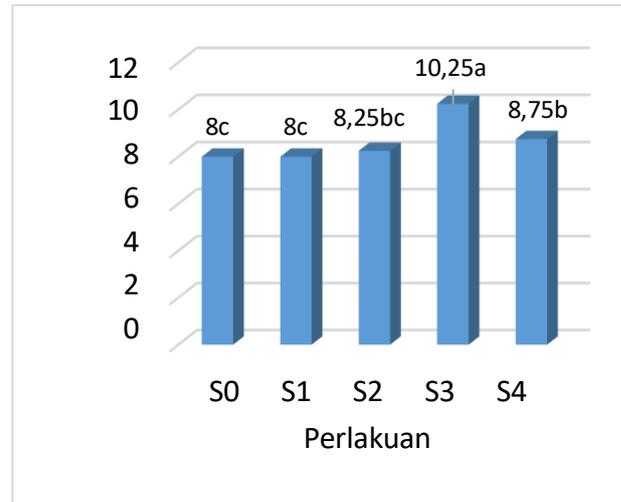
Gambar 4. Rerata tinggi tanaman jagung selama 7 MST dengan perlakuan pemberian pupuk biosilika

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan pemberian pupuk biosilika berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman jagung selama 7 MST. Gambar 4 menunjukkan bahwa perlakuan S3 menunjukkan hasil tanaman tertinggi yaitu 118 cm dan S0 menunjukkan hasil tanaman terendah yaitu 71 cm. Berdasarkan taraf uji lanjutan DMRT pada taraf 5% menunjukkan bahwa perlakuan S3 berbeda nyata dengan perlakuan S0, S1, S2, dan S4.

Tinggi tanaman jagung meningkat pada semua perlakuan dikarenakan silika mampu menyediakan unsur hara posfor untuk diserap tanaman yang ditransfer ke daun sehingga daun menjadi kokoh dan dapat menerima sinar matahari secara maksimal dan laju fotosintesis menjadi lebih cepat (Bimasri dan Murniati, 2022).

3.5.2. Jumlah Daun

Rerata jumlah daun selama 7 MST dengan perlakuan pemberian pupuk biosilika ditunjukkan pada Gambar 5 berikut



Gambar 5. Rerata jumlah daun selama 7 MST dengan perlakuan pemberian pupuk biosilika

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan pemberian pupuk biosilika berpengaruh nyata terhadap jumlah daun tanaman jagung selama 7 MST. Gambar 5 menunjukkan perlakuan S3 menunjukkan hasil jumlah daun terbanyak yaitu 10,25 helai dan S0 menunjukkan jumlah daun terendah yaitu 8 helai. Berdasarkan taraf uji lanjutan DMRT pada taraf 5% menunjukkan bahwa perlakuan S3 yang berbeda nyata dengan perlakuan S0, S1, S2, dan S4.

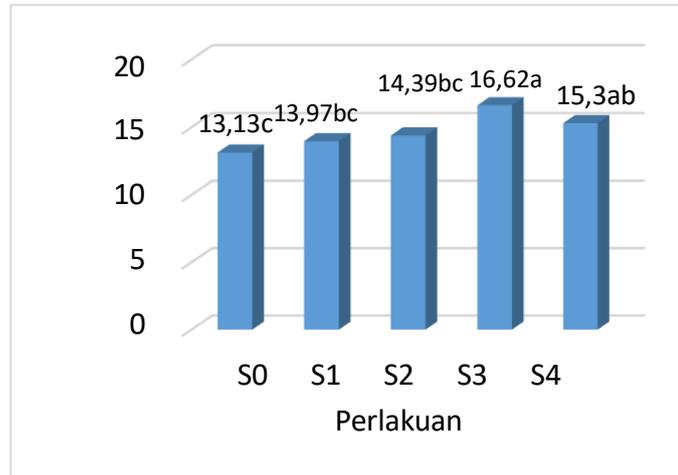
Jumlah daun meningkat pada semua perlakuan dikarenakan silika yang diberikan mampu mendorong sel untuk membelah dan membesar sehingga terjadi pembentukan cabang dan diikuti dengan munculnya daun-daun baru di ruas batang dan cabang di masa awal vegetatif meskipun laju pertumbuhannya tidak sama (Chanchal et al., 2016; Nurmalia et al., 2016).

3.5.3. Bobot Kering Akar

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan pemberian pupuk biosilika berpengaruh nyata terhadap bobot kering akar tanaman jagung. Gambar 6 menunjukkan bahwa perlakuan S3 menunjukkan hasil bobot kering akar tertinggi yaitu 16,62 g dan S0 menunjukkan hasil bobot kering akar terendah yaitu 13,13g. Berdasarkan taraf uji lanjutan DMRT pada taraf 5% menunjukkan bahwa perlakuan S3 berbeda nyata dengan perlakuan S0, S1, S2, tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan S4.

Peningkatan bobot kering akar terjadi disebabkan oleh peningkatan P tersedia tanah sehingga serapan P bagi tanaman juga turut meningkat. Dimana peningkatan serapan P akan menstimulasi perkembangan akar tanaman (Zulputra dan Nelvia, 2018).

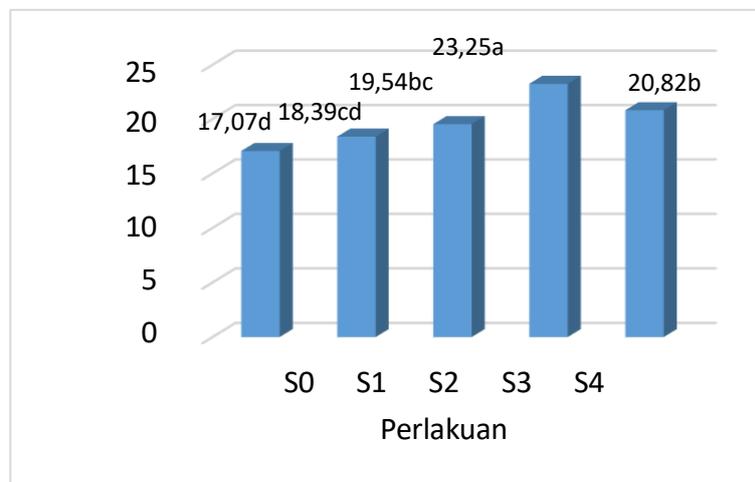
Rerata bobot kering akar dengan perlakuan pemberian pupuk biosilika ditunjukkan pada Gambar 6 berikut



Gambar 6. Rerata bobot kering akar dengan perlakuan pemberian pupuk biosilika

3.5.4. Bobot Kering Tajuk

Rerata bobot kering tajuk dengan perlakuan pemberian pupuk biosilika ditunjukkan pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Rerata bobot kering tajuk dengan perlakuan pemberian pupuk biosilika

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan pemberian pupuk biosilika berpengaruh nyata terhadap bobot kering tajuk tanaman jagung. Gambar 7 menunjukkan bahwa perlakuan S3 menunjukkan hasil bobot kering tajuk tertinggi yaitu 23,25 g dan S0 menunjukkan hasil bobot kering tajuk terendah yaitu 17,07g. Berdasarkan taraf uji lanjutan DMRT pada taraf 5% menunjukkan bahwa perlakuan S3 berbeda nyata dengan perlakuan S0, S1, S2, tetapi tidak berbeda tersedia tanah nyata dengan perlakuan S4.

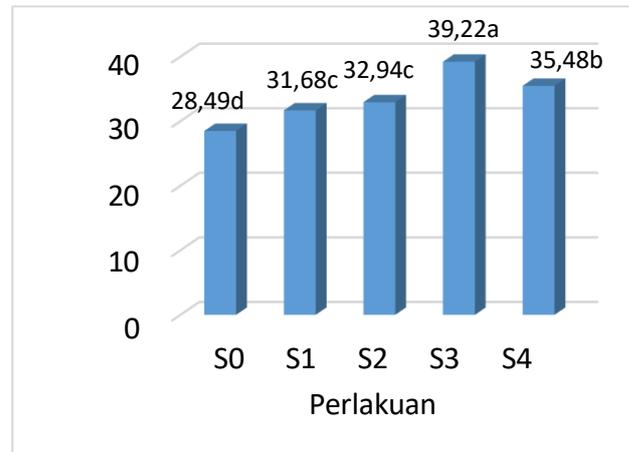
Bobot kering tajuk meningkat pada semua perlakuan dikarenakan tercukupinya hara P bagi tanaman yang berfungsi dalam fotosintesis untuk meningkatkan perkembangan organ tanaman (Bimasri dan Murniati, 2022; Hutauruk et al., 2023).

3.5.5. Uji Serapan P

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan pemberian pupuk biosilika berpengaruh nyata terhadap serapan P tanaman jagung. Gambar 8 menunjukkan bahwa perlakuan S3 menunjukkan hasil serapan P tertinggi yaitu 39,22 mg dan S0 menunjukkan hasil serapan P terendah yaitu 28,49 mg.

Berdasarkan taraf uji lanjutan DMRT pada taraf 5% menunjukkan bahwa perlakuan S3 yang berbeda nyata dengan perlakuan S0, S1, S2, dan S4.

Rerata serapan P dengan perlakuan pemberian pupuk biosilika ditunjukkan pada Gambar 8 berikut:



Gambar 8. Rerata serapan P dengan perlakuan pemberian pupuk biosilika

Serapan P meningkat pada semua perlakuan dikarenakan terjadinya perbaikan sifat kimia tanah yang ditandai dengan meningkatnya pH dan P tersedia sehingga kelebihan Al dan Fe yang menghambat perkembangan akar dapat menurun dan daya serap akar terhadap P lebih baik (Nurmala et al., 2016; Zulputra dan Nelvia, 2018).

4. Simpulan

Berdasarkan hasil riset di atas maka dapat disimpulkan bahwa cangkang kelapa sawit mengandung silika sehingga dapat digunakan sebagai pupuk biosilika. Pemberian pupuk biosilika mampu meningkatkan pH dan P tersedia pada tanah Ultisol. Tanah Ultisol yang diberi pupuk biosilika mampu meningkatkan serapan P dan meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung. Perlakuan terbaik diperoleh pada perlakuan pemberian pupuk biosilika sebanyak 30 g/polybag (S3).

5. Daftar Pustaka

- Azhar, M., dan Ok, H. 2022. Strategi Program Food Estate Hortikultura Berbasis Masyarakat Di Desa Ria-Ria Kecamatan Pollung Kabupaten Humbang Hasundutan Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Penelitian Kehutanan Bonita*. 4 (2): 12-20.
- Bimasri, J., dan Murniati, N. 2020. Remediasi Tanah Ultisol dengan Biosilika untuk Budidaya Tanaman Kedelai (*Glycine max*). *Jurnal Budidaya Pertanian*. 18 (1): 67-73.
- Chanchal, M. C., Kapoor, R., dan Ganjewala, D. 2016. Alleviation of abiotic and biotic stresses in plants by silicon supplementation. *Sci. Agri*. 13 (2): 59-73.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2021. *Buku Statistik Perkebunan*. Ditjenbun. Jakarta.
- Febriyanti, F., Fadila, N., Sanjaya A. S., Bindar, Y., dan Irawan, A. 2019. Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Bio-Char, Bio-Oil Dan Gas Dengan Metode Pirolisis. *Jurnal Chemurgy*. 3 (2):12-17.
- Habibah, A. 2021. Analisis Sifat Fisika Tanah Ultisol Pada Pertumbuhan Tanaman Serai Di Desa Hargomulyo Kecamatan Sekampung Kabupaten Lampung Timur. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
- Hutauruk, S., Sipayung, P. dan Harefa, K.S. E. 2023. Dampak Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Jagung Dalam Penggunaan Dosis Abu Cangkang Kelapa Sawit dan Dolomit. *Journal of Agrotechnology and Sustainability*. 1 (1): 15-21.
- Nurmala, T., A. Yuniarti., dan N. Syahfitri. 2016. Pengaruh berbagai dosis pupuk silika organik dan tingkat kekerasan biji terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman hanjeli pulut (*Coix lacryma jobi L*) genotip 37. *Jurnal Kultivasi*. 15(2): 133-142.

- Pasang, Y. H., Muh, J. dan Rismaneswati. 2019. Peningkatan Unsur Hara Fospor Tanah Ultisol Melalui Pemberian Pupuk Kandang, Kompos dan Pelet. *Jurnal Ecosulum*. 8(2): 86-96.
- Syahputra, E., Fauzi, dan Razali. 2015. Karakteristik Sifat Kimia Sub Grup Tanah Ultisol di Beberapa Wilayah Sumatera Utara. *Jurnal Agroekoteknologi*. 4 (1): 1796–1803.
- Wimarsela, S., Junaidi, R., dan Silviyati, I. 2021. Sintesis Silika Gel dari Abu Cangkang dan Serabut Kelapa Sawit Terimobilisasi Difenilkarbazon dengan Metode Sol-Gel. *Jurnal Penelitian Inovatif*. 1 (2): 165–174.
- Wirapranatha, A., Sutrasna, Y. dan Simbolon, L. 2022. Strategi Pengembangan Food Estate Dalam Pemulihan Ekonomi Nasional. *Jurnal Ekonomi Pertahanan*. 8 (1): 1-13.
- Zulputra., dan Nelvia. 2018. Ketersediaan P, Serapan P dan Si oleh Tanaman Padi Gogo (*Oryza sativa*. L.) pada Lahan Ultisol yang Diaplikasikan Silikat dan Pupuk fosfat. *Jurnal Agroteknologi*. 8 (2): 9-14.