

Aplikasi Kombinasi Pupuk Kiserite dan Pupuk NPK Terhadap Nisbah Dispersi Tanah Pada Pertanaman Jagung (*Zea mays L.*), Bandar Lampung

*Application Combination Of Kieserite and NPK Fertilizers on Soil Dispersion Ratio In Maize (*Zea Mays L.*), Bandar Lampung*

Winih Sekaringtyas Ramadhani^{1*}, Sadila Faqina¹, Afandi¹, Liska Mutiara Septiana¹, Hery Novpriansyah¹

¹ Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia

*email korespondensi: winih.sekaringtyas@fp.unila.ac.id

Info Artikel

Diajukan: 1 Agustus 2025
Diterima: 2 September 2025
Diterbitkan: 30 November 2025

Abstract

Changes in corn production are related to the decline in agricultural land quality. One of the main indicators for assessing soil aggregate stability is the dispersion ratio. The efforts made in this study were the application of Kieserite and NPK fertilizers. This study aimed to determine the effect of the combination of Kieserite and NP K fertilizers on the soil dispersion ratio in corn crops, as well as to determine the best combination dose. The study was conducted in Campang Raya, Bandar Lampung from August 2024–May 2025 using a Randomized Block Design (RAK) with four treatments and six replications, namely A = Control, B = Standard Fertilizer (NPK), C = 1 Kieserite + 1 NPK, and D = 1 Kieserite + $\frac{3}{4}$ NPK. The main parameter was the soil dispersion ratio, with supporting parameters in the form of microaggregate distribution, soil texture, pseudo sand, soil pH, and corn production. The results showed that all treatments still produced the "highly dispersed" category (65.83–73.42%), with the lowest value in treatment C and the highest in the control. Combination of Kieserite + NPK application did not significantly improve the dispersion ratio or microaggregate distribution, but did affect corn production. Treatment C resulted in dry corn kernel production of $2.37 \text{ tons ha}^{-1}$, higher than the control at $1.47 \text{ tons ha}^{-1}$. This increase in corn production is supported by the role of Mg^{2+} ions from kieserite which can improve photosynthesis efficiency, chlorophyll formation, and transport of photosynthesis products to the cob. Magnesium fertilization in the soil plays an important role in stimulating plant metabolism, improving the quality and quantity of harvests, and the supply of NPK nutrients that stimulate root growth and root exudates to aid aggregation.

Keyword:

Kieserite, NPK Fertilizer, Dispersion Ratio, Maize

Abstrak

Perubahan hasil produksi jagung berkaitan dengan menurunnya kualitas lahan pertanian. Salah satu indikator utama menilai stabilitas agregat tanah adalah nisbah dispersi. Upaya yang dilakukan pada penelitian ini yaitu

pemberian pupuk Kieserite dan pupuk NPK. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kombinasi pupuk Kieserite dan pupuk NP K terhadap nisbah dispersi tanah pada pertanaman jagung, serta menentukan dosis kombinasi terbaik. Penelitian dilaksanakan di Campang Raya, Bandar Lampung pada Agustus 2024–Mei 2025 menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan empat perlakuan dan enam ulangan, yaitu A = Kontrol, B = Standar Pupuk (NPK), C = 1 Kieserite + 1 NPK, dan D = 1 Kieserite + $\frac{3}{4}$ NPK. Parameter utama adalah nisbah dispersi tanah, dengan parameter pendukung berupa distribusi mikroagregat, tekstur tanah, pasir semu, pH tanah, dan produksi jagung. Hasil penelitian menunjukkan seluruh perlakuan masih menghasilkan kategori “sangat terdispersi” (65,83–73,42%) dengan nilai terendah pada perlakuan C dan tertinggi pada kontrol. Kombinasi aplikasi Kieserite + NPK tidak memberikan pengaruh nyata terhadap perbaikan nilai nisbah dispersi maupun distribusi mikroagregat, namun berpengaruh terhadap produksi jagung. Perlakuan C menghasilkan produksi pipilan kering sebesar $2,37 \text{ ton ha}^{-1}$, lebih tinggi dibanding kontrol $1,47 \text{ ton ha}^{-1}$. Peningkatan produksi jagung ini didukung oleh peran ion Mg^{2+} dari kieserite yang dapat memperbaiki efisiensi fotosintesis, pembentukan klorofil, dan transport hasil fotosintesis ke tongkol. Pemupukan magnesium pada tanah berperan penting dalam mendorong metabolisme tanaman, meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil panen, serta suplai hara NPK yang merangsang pertumbuhan akar dan eksudat akar untuk membantu agregasi

Kata Kunci:

Kieserite; Pupuk NPK; Nisbah Dispersi; Jagung

PENDAHULUAN

Jagung (*Zea mays L.*) memegang peran penting sebagai salah satu tanaman pangan dunia, selain gandum dan padi (Sa'adah, et al., 2022). Selain sebagai sumber karbohidrat, jagung juga ditanam sebagai pakan ternak dan bahan baku industri (Hidayah, et al., 2020). Lampung merupakan salah satu penghasil jagung terbesar ketiga di Indonesia. Produktivitas jagung mengalami peningkatan dari tahun 2020 yaitu sebesar 6,204 ton/ha, dan pada tahun 2021 meningkat menjadi 6,56 ton/ha. Pada tahun 2022 produktivitas jagung di Lampung mengalami penurunan menjadi 6,44 ton/ha. Namun, produktivitas jagung kembali meningkat menjadi 6,63 ton/ha pada tahun 2023 (BPS, 2023). Perubahan hasil produksi jagung diduga berkaitan dengan menurunnya kualitas lahan pertanian. Jagung merupakan komoditas yang memiliki prospek pengembangan cukup tinggi pada lahan kering karena berperan sebagai salah satu sumber daya strategis dalam peningkatan produksi pertanian nasional. Namun, potensi tersebut belum dapat dimanfaatkan secara optimal akibat rendahnya tingkat kesuburan tanah, tingginya laju erosi, serta rendahnya produktivitas lahan (Utomo, 2015).

Secara umum jagung ditanam di lahan kering dengan jenis tanah Ultisol yang memiliki tingkat kesuburan rendah. Mulyani dan Sarwani (2013) mengemukakan bahwa terdapat 62,65 juta hektar lahan kering masam potensial untuk pengembangan pertanian di Indonesia. Lahan tersebut sebagian besar terdapat di Pulau Sumatera, Kalimantan dan Papua yang baru dimanfaatkan untuk produksi pangan seluas 14,6 juta ha (BBSLDP, 2014). Keadaan ini memberikan gambaran bahwa lahan kering masam yang belum diberdayakan secara maksimal untuk usaha pertanian khususnya tanaman pangan masih cukup luas. Pemanfaatan lahan kering masam untuk usaha pertanian dihadapkan pada beberapa faktor pembatas, yaitu kandungan bahan organik rendah, reaksi tanah

masam sampai sangat masam, kandungan Al dan Mn tinggi, fiksasi P tinggi, defisiensi unsur hara N, P, K, Ca, Mg, dan Mo, kapasitas tukar kation (KTK) rendah dan stabilitas agregat rendah sehingga peka terhadap erosi (Balittanah, 2014). Peningkatan produksi pertanian dapat dicapai melalui memanfaatkan lahan kering yang belum banyak dimanfaatkan secara optimal. Sebagian besar lahan di Sumatera adalah lahan kering masam. Permasalahan di lahan kering masam sangat berhubungan dengan tingkat kesuburan tanah yang rendah.

Lahan kering masam memiliki potensi yang tinggi untuk pengembangan pertanian lahan kering. Tetapi pemanfaatannya terhambat karena memiliki kandungan bahan organik tanah rendah, $\text{pH} < 4,5$, kejenuhan Al, Fe, Mn tinggi, KTK tanah rendah, daya simpan air terbatas dan tekstur tanah liat berpasir (*sandy clay*) serta rendahnya agregasi yang terjadi (Adisoemarto, 1994 dalam Wibowo, 2018). Pada lahan kering masam umumnya memiliki nisbah dispersi yang tinggi, karena tekstur berlempung, pH rendah, kadar bahan organik rendah, serta kejenuhan basa yang rendah menyebabkan agregat tanah mudah terurai saat terkena air. Kondisi ini meningkatkan risiko erosi dan penurunan infiltrasi tanah (Gama et al., 2022). Nisbah dispersi merupakan indikator penting kestabilan agregat tanah, di mana nilai yang tinggi menunjukkan tanah mudah terdispersi dan kehilangan struktur agregatnya. Analisis nisbah dispersi berfungsi untuk mengetahui daya ikat bahan organik, unsur hara, dan kapur dalam mengikat partikel tanah (Afandi, 2019). Berdasarkan kriteria nisbah dispersi Elges (1985), semakin rendah persentase nisbah dispersi, maka tanah semakin stabil dan tahan terhadap dispersi.

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan dispersi pada tanah masam adalah penambahan pupuk kieserite. Pupuk ini mengandung 2 unsur hara makro magnesium dan sulfur. Kieserite biasanya disebut magnesium sulfat yang memiliki bentuk kristal padat dan memiliki rumus (MgSO_4) serta menjadi mineral sekunder yang tidak sulit dilarutkan pada air. Pupuk kieserite dapat berperan dalam mengikat partikel tanah melalui jembatan kation.

Kation divalen (Mg^{2+}) yang dimiliki oleh pupuk kieserite nantinya akan menggantikan kation monovalen seperti Na^+ dan K^+ sehingga meningkatkan daya ikat antar partikel tanah. Jumlah nutrisi magnesium yang terdapat didalam tanah beragam dan jumlah yang diserap oleh tanaman lebih sedikit. Walaupun demikian jumlah kapur kieserite yang tepat untuk setiap tanaman sangat tergantung dari pH tanah yang ada (Firmansyah, 2010).

Permasalahan lain pada tanah lahan kering masam adalah rendahnya kandungan unsur hara sehingga diperlukan penambahan pupuk untuk menambahkan ketersediaan hara di dalam tanah guna mendukung pertumbuhan tanaman jagung. Salah satu pupuk yang dapat digunakan untuk menambah ketersediaan hara adalah pupuk anorganik. Pupuk ini merupakan jenis pupuk yang terbuat dari bahan anorganik atau yang disebut dengan pupuk buatan. Keunggulan pupuk anorganik adalah mengandung unsur hara tertentu dan pupuk anorganik lebih mudah larut sehingga lebih cepat diserap oleh tanaman (Arintoko , et al., 2023).

Penggunaan pupuk anorganik seperti N, P, dan K sangat penting dalam mendukung produksi optimal tanaman jagung. Unsur hara N, P, K merupakan unsur hara makro yang banyak diserap tanaman terutama pada fase vegetatif. Menurut Hidayati (2009), pupuk N, P, K sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman terutama dalam merangsang pembentukan tinggi tanaman dan pembesaran diameter batang. Pupuk dengan jenis anorganik umumnya lebih cepat berdampak pada tanaman karena kandungan unsur haranya yang terbilang cukup tinggi. Nitrogen (N) berperan sebagai pensitesis asam amino dan pendorong pertumbuhan saat masa vegetatif. Fosfat (P) berperan dalam pembentukan biji dan bunga, pendistribusi energi ADP dan ATP, penyimpanan

DNA dan RNA, dan pembelahan sel. Kalium (K) berperan dalam pembentukan karbohidrat, perkembangan akar, dan menunjang akar dalam memperoleh unsur hara (Lestari, 2009).

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus 2024 sampai dengan bulan Mei 2025. Penelitian ini di Desa Campang Raya, Kecamatan Sukabumi, Kota Bandar Lampung. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan 4 perlakuan dan dilakukan dengan 6 ulangan sehingga terdapat 24 satuan percobaan. Kemudian perlakuan yang digunakan yaitu kieserite dengan dosis 100 kg/ha yang berbentuk butiran/granular dan juga ditambahkan pupuk Urea, SP-36, KCl. Data disajikan dengan bentuk table dan grafik sampel tanah diambil setelah panen. Nisbah dispersi dengan metode Hydrometer (Afandi, 2019). Variabel pendukung yang diamati meliputi, Distribusi Mikroagregat, Tekstur Tanah, Pasir Semu, pH Tanah, dan Produksi Tanaman.

Tabel 1. Perakuan dan Dosis Pupuk Kombinasi Pupuk Kieserite dan Pupuk N, P, serta K

Kode	Perlakuan	Dosis Pupuk			
		Kieserite (kg/ha)	Urea (kg/ha)	SP-36 (kg/ha)	KCl (kg/ha)
A	Kontrol	0	0	0	0
B	Standar Pupuk Tunggal (NPK)	0	350	100	75
C	1 Pupuk Kieserit + 1 Pupuk NPK	100	350	100	75
D	1 Pupuk Kieserite + ¾ Pupuk NPK	100	262,5	75	56,25

Keterangan: N = 350 kg/ha; P = 100 kg/ha; K = 75 kg/ha; ¾ N = 262,5; ¾ P = 75 kg/ha; ¾ K = 56,25 kg/ha.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Sampel Tanah Awal

Hasil analisis sampel awal dalam penelitian ini ditunjukkan pada (tabel 2) yang mengindikasi bahwa nilai pH H₂O tanah tergolong kriteria sangat masam dengan nilai 5,32. Kandungan C-organik tanah sebesar 1,01% yang tergolong dalam kriteria rendah. Nilai N-total sebesar 0,17% yang termasuk dalam kriteria rendah. P-tersedia dengan nilai sebesar 7,10 ppm dan termasuk dalam kriteria sangat rendah. Kandungan K_{dd} tanah awal sebesar 0,10 me/100 g dengan kriteria sangat rendah. KTK tanah sebesar 5,11 me/100 g dengan kategori rendah serta tekstur tanah yang tergolong lempung berpasir.

Tabel 2. Data Analisis Sampel Tanah Awal

Parameter	Nilai Pengukuran	Kriteria
pH	5,32	Agak Masam*
C-organik (%)	5,32	Rendah*
N-total (%)	1,01	Rendah*
P-tersedia (P ₂ O ₅)	0,17	Rendah*
Kdd (me/100g)	7,10	Sangat Rendah*

Parameter	Nilai Pengukuran	Kriteria
KTK (me/100g)	0,10	Sangat Rendah*
Tekstur Tanah (%)	5,11	
- Liat		
- Debu	29,24	Lempung Berpasir*
- Pasir	29,64	
Nisbah Dispersi	41,12	Sangat Terdispersi**

Keterangan: kriteria*= Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk (2023), **= Elges (1985) dalam Afandi (2019).

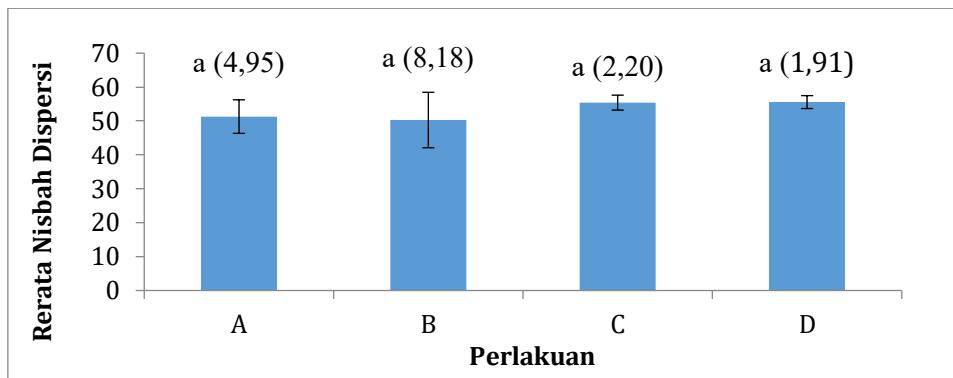
Nisbah Dispersi

Hasil analisis nisbah dispersi pada Tabel 3, menunjukkan pada setiap perlakuan memiliki interpretasi data yang sama yaitu sangat terdispersi dengan rata-rata nilai dispersi antara 65,83-73,42%. Nilai nisbah dispersi terendah terdapat pada perlakuan C (1 Pupuk kieserit + 1 pupuk tunggal N, P, K) yang memiliki nilai 65,83%, sedangkan nilai dispersi tertinggi terdapat pada tanah tanpa perlakuan yaitu A (kontrol) yang memiliki nilai 73,42% . Dengan demikian disimpulkan bahwa tanah tanpa adanya pengaplikasian pupuk kieserite dan pupuk N, P, serta K memiliki kemampuan yang rendah dalam menahan struktur agregat tanahnya sehingga lebih rentan terdispersi dan meningkatkan risiko erosi. Namun berdasarkan kriteria interpretasi nisbah dispersi menurut Elges (1985) akibat perlakuan tidak ada perubahan interpretasi dalam nilai nisbah dispersi, dikarenakan masih dalam interpretasi yang sama yaitu sangat terdispersi.

Tabel 3. Pengaruh Aplikasi Kombinasi Pupuk Kieserite dan NP K Terhadap Nisbah Dispersi

Kode	Perlakuan	Nilai Nisbah Dispersi (%)	Interpretasi (*)
A	Kontrol	73,42	Sangat Terdispersi
B	Standar Pupuk (N, P, dan K)	66,04	Sangat Terdispersi
C	1 Pupuk Kieserit + 1 Pupuk N, P dan K	65,83	Sangat Terdispersi
D	1 Pupuk Kieserite + $\frac{3}{4}$ Pupuk N, P dan K	66,59	Sangat Terdispersi

Keterangan : *= Elges (1985) dalam Afandi (2019)



Gambar 1. Grafik Standar Deviasi Pengaruh Aplikasi Pupuk Kieserite dan Pupuk N, P serta K Terhadap Nisbah Dispersi

Berdasarkan Gambar 1, standar deviasi dari semua perlakuan (A, B, C, dan D) memiliki nilai rerata standar deviasi nisbah dispersi yang tidak berbeda, yang ditunjukkan oleh notasi huruf yang sama. Setiap perlakuan tidak memiliki perbedaan standar deviasi. Tidak ada pengaruh dari aplikasi kombinasi kieserite dan NPK terhadap variabel nisbah dispersi. Perlakuan B (Standar pupuk NP K) memiliki penyebaran data yang lebih tinggi. Perlakuan C dan D memiliki standar deviasi lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya menunjukkan bahwa data lebih seragam/terkonsentrasi terhadap nilai rata-ratanya. Magnesium dari kieserite umumnya mampu meningkatkan ketersediaan kation Mg^{2+} , sementara itu NPK mendorong pertumbuhan akar dan produksi eksudat yang berperan dalam memperkuat agregat tanah. Magnesium sebagai kation bervalensi dua mampu menetralkan muatan negatif koloid tanah sehingga memperkuat ikatan antar partikel tanah. Kation-kation dari unsur hara akan menjadi jembatan kation yang berpengaruh terhadap perubahan nisbah dispersi. Hal ini sejalan dengan Penelitian Rahman , et al., (2018) menunjukkan bahwa pemberian pupuk magnesium (Mg) dalam bentuk kieserite dapat meningkatkan stabilitas agregat tanah.

Perbedaan antara nilai nisbah dispersi tertinggi dan terendah dalam penelitian dapat disebabkan oleh beberapa faktor yang mempengaruhi respon tanah terhadap pemberian kieserite dengan pupuk NPK. Keadaan kondisi tanah awal, jenis dan dosis pupuk yang digunakan dalam setiap perlakuan, interaksi antara pemberian pupuk dengan komponen tanah lainnya seperti bahan organik, faktor lingkungan suhu dan kelembaban, semuanya dapat memegang peran penting terhadap nisbah dispersi. Nisbah dispersi tanah dengan kriteria sangat terdispersi menunjukkan bahwa agregat tanah tidak stabil dan mudah hancur, menyebabkan partikel-partikel tanah (terutama liat dan debu) terpisah dan terbawa oleh air. Meskipun kieserite menyediakan Mg^{2+} yang seharusnya memflokulasi, dominasi Al^{3+} dalam larutan tanah dan kompleks pertukaran kation dapat membatasi efektivitas Mg^{2+} dalam membentuk agregat yang stabil.

Menurut Suntari dan Wiyahya (2020), tersedianya sulfur di dalam tanah bergantung pada kondisi bahan organik dan pH tanah. Kandungan bahan organik yang rendah menyebabkan tanah menjadi lebih masam (pH rendah), yang dapat menurunkan ketersediaan hara esensial seperti

magnesium (Mg), sulfur (S), dan fosfor (P). Tanah yang masam tersebut membuat unsur hara sulit diserap tanaman. Menurut Purba , et al (2014), rendahnya kandungan bahan organik pada tanah dapat mengakibatkan kemasaman pada tanah sehingga hara yang dibutuhkan oleh tanaman menjadi kurang tersedia di tanah. Penurunan efisiensi serapan hara, pada tanah dengan bahan organik rendah, efisiensi serapan hara Mg, S, dan P oleh tanaman menjadi rendah karena hara mudah terikat atau tercuci.

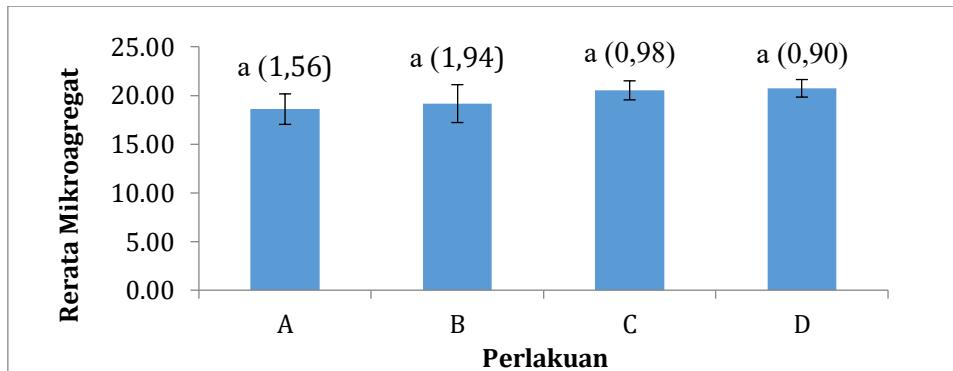
Distribusi Mikroagregat

Hasil analisis distribusi mikroagregat pada Tabel 4, menunjukkan pada setiap perlakuan memiliki rata-rata nilai distribusi mikroagregat antara 18,59- 20,72 %. Nilai mikroagregat terendah terdapat pada perlakuan A (kontrol) yang memiliki nilai 18,59% sedangkan distribusi mikroagregat tertinggi terdapat pada perlakuan D (1 Pupuk Kieserite + ¾ Pupuk NPK) yang memiliki nilai 20,72%. Berdasarkan Tabel 4, bahwa setiap perlakuan memiliki nilai yang berbeda namun tidak begitu jauh perbandingan hasilnya. Sehingga pada setiap perlakuan tidak tidak berpengaruh terhadap nilai distribusi mikroagregat tanah.

Tabel 4. Pengaruh Aplikasi Kombinasi Pupuk Kieserite dan Pupuk NPK Terhadap Distribusi Mikroagregat

Kode	Perlakuan	Mikroagregat *
A	Kontrol	18,59%
B	Standar Pupuk Tunggal (NPK)	19,15%
C	1 Pupuk Kieserit + 1 Pupuk NPK	20,51%
D	1 Pupuk Kieserite + ¾ Pupuk NPK	20,72%

Keterangan : *= (Totsche *et al.*, 2018)



Gambar 2. Grafik Standar Deviasi Pengaruh Aplikasi Kombinasi Pupuk Kieserite dan Pupuk NPK terhadap Distribusi Mikroagregat

Berdasarkan Gambar 2, standar deviasi dari semua perlakuan (A, B, C, dan D) memiliki nilai rerata standar deviasi mikroagregat yang tidak berbeda, yang ditunjukkan oleh notasi huruf yang sama. Tidak ada pengaruh dari aplikasi kombinasi kieserite dan NPK terhadap variabel distribusi

mikroagregat. Nilai rata rata mikroagregat yang rendah menunjukkan bahwa tingkat agregasi tanah yang minimal tanpa adanya intervensi pemupukan. Kondisi ini dapat disebabkan oleh rendahnya kandungan bahan organik atau kurangnya kation bervalensi tinggi yang berfungsi sebagai agen perekat. Rendahnya agregasi ini berkorelasi positif dengan nisbah dispersi yang tinggi, menunjukkan bahwa tanah cenderung mudah terurai menjadi partikel individu, sehingga meningkatkan kerentanan terhadap erosi dan pemedatan (Wuddivira , et al, 2022). Mikroagregat merupakan unit struktural tanah yang berukuran kurang dari 250 mikrometer, terbentuk dari ikatan partikel liat, debu, dan pasir serta disatukan oleh agen pengikat seperti bahan organik, oksida besi, dan kation (Totsche , et al, 2018). Mikroagregat merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi nisbah dispersi. Total agregat mikro yang terbentuk dapat dihitung dengan menjumlahkan nilai Cg dan Cc.

Persentase liat yang diakibatkan oleh mekanisme pengeleman (Cg) dapat dihitung dari selisih persentase debu yang tidak terdispersi dengan debu yang terdispersi, sedangkan persentase liat yang diakibatkan oleh mekanisme jembatan kation (Cc) dapat dihitung dari selisih persentase pasir yang tidak terdispersi dengan pasir yang terdispersi. Menurut Afandi , et al.(2018) ikatan yang terjadi antara partikel tanah akibat bahan organik dapat dibagi menjadi dua bentuk yaitu ikatan akibat mekanisme pengeleman (*glue mechanism*) dan ikatan akibat jembatan kation. Menurut Tisdall dan Oades (1982), pembentukan dan stabilitas mikroagregat tidak hanya bergantung pada keberadaan kation bervalensi dua, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh kandungan bahan organik tanah, eksudat akar, serta aktivitas mikroorganisme. Tanpa kombinasi faktor-faktor tersebut, mikroagregat tidak akan terbentuk dalam jumlah banyak meskipun tersedia Mg^{2+} dari kieserite atau NPK. Nilai nisbah dispersi yang tinggi juga memiliki hubungan terhadap pembentukan mikroagregat, hal ini sejalan dengan pernyataan Afandi, (2019) bahwa analisis nisbah dispersi dilakukan untuk mengetahui besarnya daya ikat bahan perekat terhadap partikel tanah. Besarnya nilai mikroagregat yang terbentuk menggambarkan daya ikat bahan perekat terhadap partikel-partikel tanah. Semakin kuat partikel tanah berikatan satu sama lain, maka tanah tersebut semakin tahan terhadap pendispersian, yang menggambarkan bahwa partikel didalam tanah tidak berikatan dengan kuat rendahnya bahan perekat tanah. Mikroagregat terbentuk karena adanya ikatan kation yang terabsorbsi oleh liat dan karena adanya bahan pengikat butir primer dengan mekanisme elektrostatik sehingga diketahui mekanisme pengikatan yang terjadi pada tanah (Arsyad, 2010).

Tekstur Tanah

Hasil analisis tekstur tanah pada Tabel 5, menunjukkan bahwa terdapat hasil tekstur tanah yang diperoleh dari menggunakan bahan pendispersi dan tanpa bahan pendispersi. Kelas tekstur yang didapatkan dari analisis tekstur tanah yaitu lempung pada analisis tekstur menggunakan bahan pendispersi dan tekstur lempung berpasir dari analisis tekstur tanah tanpa menggunakan bahan pendispersi. Tekstur tanah yang dijadikan acuan adalah hasil analisis tekstur tanah dengan menggunakan bahan pendispersi. Hal ini sejalan dengan penelitian Juansyah , et al (2019) yang menunjukkan bahwa pada daerah Campang Raya tekstur tanah didominasi oleh lempung.

Tabel 5. Hasil Analisis Tekstur Tanah Dengan Bahan Pendispersi dan Tanpa Bahan Pendispersi

Analisis Tekstur Tanah Dengan Bahan Pendispersi				
Perlakuan	% Liat	% Debu	% Pasir	Kelas Tekstur Tanah
A	21,01	48,7	30,29	Lempung
B	20,65	49,72	29,65	Lempung
C	21,58	44,57	33,85	Lempung
D	22,39	44,43	33,18	Lempung
Analisis Tekstur Tanah Tanpa Bahan Pendispersi				
Perlakuan	% Liat	% Debu	% Pasir	Kelas Tekstur Tanah
A	2,43	35,18	62,93	Lempung Berpasir
B	1,49	33,33	65,18	Lempung Berpasir
C	1,07	35,42	63,51	Lempung Berpasir
D	1,67	35,33	63	Lempung Berpasir

Keterangan : A = Kontrol, B = Pupuk Standar (Pupuk N, P, dan K), C = 1 Pupuk Kieserite + 1 Pupuk N, P, dan K, dan D = 1 Pupuk Kieserite + ¾ Pupuk N, P dan K.

Tekstur tanah merupakan perbandingan relatif antar partikel tanah yang terdiri atas fraksi liat, debu dan pasir. Untuk dapat mengukur fraksi-fraksi ini secara akurat dan memisahkannya berdasarkan ukuran melalui sedimentasi dengan metode hydrometer, agregat-agregat tanah harus dihancurkan terlebih dahulu menjadi partikel tunggalnya. Di sinilah peran bahan pendispersian bekerja dengan cara menukar ion-ion yang mengikat partikel-partikel liat dan bahan organik, sehingga mengurangi gaya tarik-menarik antar partikel dan memungkinkan mereka untuk terpisah secara individu. Hasil dari analisis tekstur tanah tanpa bahan pendispersian yaitu lempung berpasir, sedangkan dengan bahan pendispersian yaitu lempung. Tanah dengan kandungan liat yang rendah (misalnya tanah berpasir atau lempung berpasir) memiliki kapasitas menahan air dan kapasitas tukar kation (KTK) yang rendah dan dapat dapat mengurangi proses agregasi karena akumulasi fraksi liat yang terbentuk sedikit. (Hardjowigeno, 2003).

Kurangnya liat juga dapat menyebabkan stabilitas agregat tanah yang lebih rendah, sehingga berpotensi meningkatkan risiko erosi dan kerentanan terhadap pemedatan. Sedangkan, tekstur tanah dengan partikel liat yang tinggi memiliki kemampuan menahan air (KMA) dan kapasitas tukar kation (KTK) yang juga tinggi, sehingga tanah ini memiliki potensi besar dalam menyimpan air dan unsur hara bagi tanaman. Partikel liat, dengan ukurannya yang sangat kecil dan luas permukaan yang besar, berperan sebagai bahan pengikat utama dalam proses agregasi tanah. Mekanisme pembentukan agregat pada tanah berliat tinggi melibatkan sifat koloid dari partikel liat yang memungkinkan mereka untuk saling menarik dan menempel, membentuk mikroagregat. Muatan negatif pada permukaan partikel liat menarik kation divalensi seperti Ca^{2+} dan Mg^{2+} , yang kemudian dapat bertindak sebagai jembatan kation untuk mengikat partikel lainnya, membentuk flokul dan agregat yang lebih besar (Wuddivira , et al, 2022).

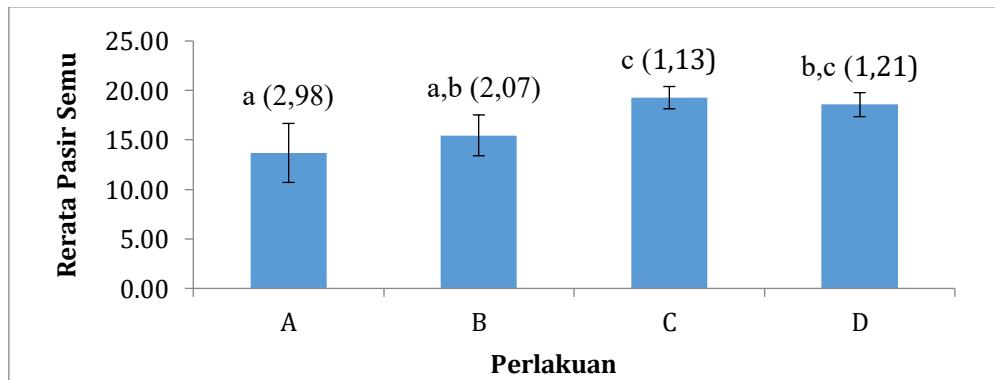
Tekstur tanah juga berperan dalam nilai nisbah dispersi. Tekstur tanah berpengaruh dalam proses flokulasi yaitu partikel tanah terdispersi dan bergabung untuk membentuk agregat (Umam, et al., 2022). Tanah lempung berpasir (*sandy loam*) dicirikan oleh proporsi pasir yang cukup tinggi (sekitar 40-70%), debu (sekitar 0-50%), dan liat (sekitar 0-20%). Secara teoritis, tekstur ini seringkali dianggap memiliki drainase yang baik karena didominasi pasir, namun juga memiliki kapasitas menahan air dan hara dalam jumlah cukup dikarenakan adanya liat dan debu. Pada penelitian ini nisbah dispersi masih dalam kategori sangat terdispersi, nisbah dispersi yang tinggi menunjukkan bahwa partikel liat dan debu muda terpisah dari agregat dan tersebar dalam suspensi air. Hal ini dapat terjadi dikarenakan nisbah dispersi tidak hanya dipengaruhi oleh faktor tekstur tanah saja, faktor seperti pengolahan tanah, bahan organik, dan mikroorganisme tanah. Meskipun tekstur lempung berpasir didominasi pasir, keberadaan fraksi liat (sekitar 0-20%) sudah cukup untuk menjadi sumber dispersi. Jika tanah lempung berpasir memiliki kandungan bahan organik yang rendah, ini akan sangat mengurangi kemampuan tanah untuk membentuk agregat yang kuat.

Pasir Semu

Hasil pasir semu pada Tabel 6, menunjukkan pada setiap perlakuan memiliki rata-rata nilai antara 13,69 – 18,57. Nilai pasir semu terendah terdapat pada tanah tanpa perlakuan yang memiliki nilai 13,69%, sedangkan pasir semu tertinggi terdapat pada perlakuan D (1 Pupuk Kieserite + $\frac{3}{4}$ Pupuk NPK) yang memiliki nilai 18,57%.

Tabel 6. Pengaruh Aplikasi Kombinasi Pupuk Kieserite dan Pupuk N, P serta K Terhadap Pasir Semu

Kode	Perlakuan	Rerata Pasir Semu
A	Kontrol	13,69%
B	Standar Pupuk (NPK)	15,47%
C	1 Pupuk Kieserit + 1 Pupuk NPK	18,27%
D	1 Pupuk Kieserite + $\frac{3}{4}$ Pupuk NPK	18,57%



Gambar 3. Grafik Standar Deviasi Pengaruh Aplikasi Kombinasi Pupuk Kieserite dan Pupuk NPK Terhadap Pasir Semu

Berdasarkan Gambar 3, standar deviasi dari tanah tanpa perlakuan yaitu A (kontrol) berbeda dengan perlakuan C (1 Pupuk kieserit + 1 pupuk NPK) dan D (1 Pupuk kieserite + $\frac{3}{4}$ pupuk NPK) tetapi tidak berbeda dengan perlakuan B (Standar pupuk (NPK)). Perlakuan B tidak berbeda dengan perlakuan A dan D tetapi berbeda dengan perlakuan C. Perlakuan C tidak berbeda dengan perlakuan D tetapi berbeda dengan perlakuan A dan B. Perlakuan C dan D memiliki standar deviasi lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya menunjukkan bahwa data lebih seragam/ terkonsentrasi terhadap nilai rata-ratanya. Pemberian Mg^{2+} melalui pupuk kieserite memiliki peran sebagai kation divalen yang dapat membantu pembentukan jembatan kation. Namun, efektivitasnya dalam meningkatkan kestabilan agregat sangat tergantung pada keberadaan bahan organik dan kondisi pH tanah. Dalam kondisi rendahnya bahan organik, Mg^{2+} justru cenderung meningkatkan nilai pasir semu akibat lemahnya gaya tarik antar partikel liat. Vdovic, et al., (2020) menyatakan bahwa pasir semu yang melebihi 5% dapat menyebabkan overestimasi signifikan pada fraksi pasir dan underestimasi fraksi debu dan liat. Pasir semu terbentuk ketika partikel halus seperti debu dan liat menempel kuat satu sama lain karena adanya perekat alami seperti bahan organik, karbonat, oksida besi, atau aluminium. Jika penghancuran agregat dan proses dispersi tidak sempurna di laboratorium, partikel ini akan terukur sebagai fraksi pasir, sehingga hasil analisis tekstur tanah menjadi tidak akurat (biasanya fraksi pasir terukur lebih tinggi dari sebenarnya). Hardjowigeno, et al., (1987) menjelaskan bahwa dalam analisis tekstur tanah, terdapat kondisi di mana partikel-partikel debu yang tersemen secara alami membentuk struktur yang mirip pasir, kondisi ini disebut *pseudosand* atau pasir semu.

pH Tanah

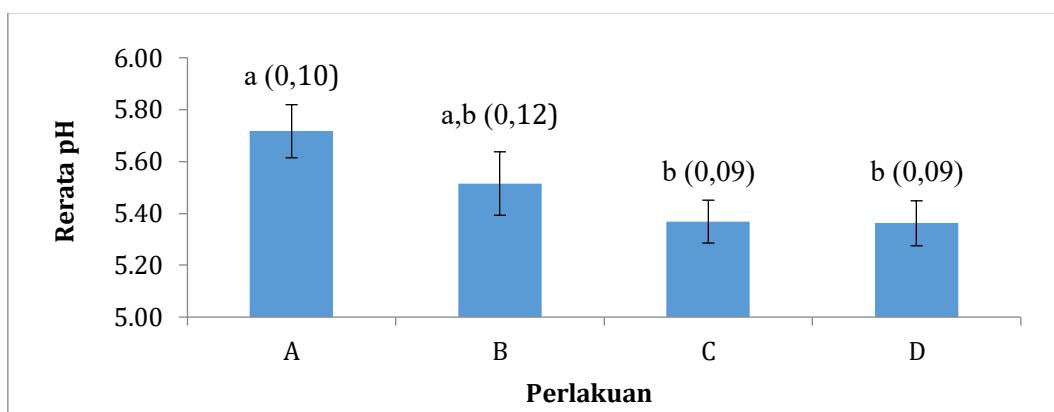
Hasil analisis pH tanah pada Tabel 7, menunjukkan pada setiap perlakuan memiliki kriteria data yang sama yaitu sangat agak masam dengan rata-rata nilai antara 5,36 – 5,72. Nilai pH yang tertinggi yaitu pada tanah tanpa perlakuan (kontrol) dengan rata-rata sebesar 5,72. Sedangkan nilai rata-rata terkecil yaitu pada perlakuan D (1 Pupuk Kieserite + $\frac{3}{4}$ Pupuk NPK) dengan nilai rata-rata sebesar 5,36.

Tabel 7. Pengaruh Aplikasi Kombinasi Pupuk Kieserite dan Pupuk N, P, serta K Terhadap pH Tanah

Kode	Perlakuan	Rerata pH Tanah	Kriteria (*)
A	Kontrol	5,72	Agak Masam
B	Standar Pupuk (NPK)	5,52	Agak Masam
C	1 Pupuk Kieserit + 1 Pupuk NPK	5,37	Agak Masam
D	1 Pupuk Kieserite + $\frac{3}{4}$ Pupuk NPK	5,36	Agak Masam

Hasil analisis pH tanah menunjukkan penurunan nilai rerata pH antara perlakuan B (Standar Pupuk NPK), C (1 Pupuk Kieserit + 1 Pupuk NPK), D (1 Pupuk Kieserite + $\frac{3}{4}$ Pupuk NPK) dibandingkan dengan tanah tanpa perlakuan (kontrol). Penurunan pH diduga terjadi karena adanya pemberian kombinasi pupuk kieserite dan pupuk (NPK). Pupuk N tunggal, seperti urea

atau ammonium sulfat, mengandung nitrogen dalam bentuk ammonium (NH_4^+), ketika ammonium diaplikasikan ke tanah akan mengalami proses nitrifikasi oleh bakteri dalam tanah. Proses ini mengubah ammonium menjadi nitrat (NO_3^-) dan melepaskan ion hidrogen (H^+), yang secara langsung meningkatkan keasaman tanah. Hal ini sejalan dengan Pendapat Menurut Starast, et al., (2003) dalam Kaya (2014) yang menyatakan bahwa pemberian pupuk anorganik NPK dapat menurunkan pH tanah karena dalam pupuk anorganik mengandung sulfur dan ammonium yang jika bereaksi dengan molekul air, oksigen dan karbodioksida dapat menghasilkan ion H^+ yang dapat menurunkan pH tanah menjadi lebih masam. pH tanah yang optimal pada pertumbuhan jagung adalah antara 5,5-6,8. pH yang optimal memungkinkan tanaman untuk mengakses nutrisi yang dibutuhkan dengan lebih efisien.



Gambar 4. Grafik Standar Deviasi Pengaruh Kombinasi Pupuk Kieserite dan Pupuk NPK Terhadap pH Tanah

Berdasarkan Gambar 4, tanah tanpa perlakuan yaitu A (kontrol) memiliki standar deviasi yang berbeda dengan perlakuan C (1 Pupuk kieserit + 1 pupuk NPK) dan D (1 Pupuk kieserite + $\frac{3}{4}$ pupuk NPK) tetapi tidak berbeda dengan perlakuan B (Standar pupuk (NPK)). Perlakuan B (Standar pupuk NPK) tidak berbeda dengan perlakuan A (kontrol), C (1 Pupuk kieserit + 1 pupuk NPK) dan D (1 Pupuk kieserite + $\frac{3}{4}$ pupuk NPK) . Perlakuan C (1 Pupuk kieserit + 1 pupuk NP K) dan D (1 Pupuk kieserite + $\frac{3}{4}$ pupuk NPK) berbeda dengan tanah tanpa perlakuan yaitu A (kontrol) tetapi tidak berbeda dengan perlakuan B. Berdasarkan standar deviasi pada Gambar 4, Berdasarkan standar deviasi perlakuan C dan D memiliki nilai standar deviasi lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya menunjukkan bahwa data lebih seragam/ terkonsentrasi terhadap nilai rata-ratanya. Namun semua perlakuan tetap berada dalam kriteria yang sama yaitu agak masam. Namun semua perlakuan tetap berada dalam kriteria yang sama yaitu agak masam sesuai kriteria Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk (2023), sehingga tidak ada pengaruh aplikasi kombinasi kieserite dan N, P serta K terhadap penurunan pH tanah. Pupuk nitrogen yang umum digunakan, seperti urea atau ammonium dioksidasi menjadi nitrat, melepaskan ion hidrogen dan menyebabkan pengasaman tanah. Selain itu, kieserite (MgSO_4) sebagai sumber sulfur, juga dapat berkontribusi pada penurunan pH karena oksidasi sulfur menjadi asam sulfat oleh mikroorganisme yang juga melepaskan ion H^+ .

Menurut Roesmarkam dan Yuwono (2002), pemupukan nitrogen dalam bentuk ammonium maupun urea akan mengalami proses nitrifikasi di dalam tanah yang menghasilkan ion hidrogen (H^+), sehingga menyebabkan tanah menjadi lebih masam. Proses nitrifikasi ini terdiri dari dua tahap, yaitu oksidasi ammonium menjadi nitrit dan kemudian menjadi nitrat, yang keduanya melepaskan H^+ ke dalam tanah. Selain itu, aplikasi Kieserite yang mengandung magnesium sulfat ($MgSO_4$) juga berkontribusi terhadap penurunan pH tanah. Zhang, et al. (2013) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa pemberian pupuk yang mengandung sulfat dapat meningkatkan keasaman tanah karena sulfat mendorong pencucian kation-kation basa seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , dan Na^+ yang berfungsi menetralkan ion H^+ . Dengan demikian, kombinasi antara N, P serta K dan kieserite secara sinergis mempercepat proses-proses yang menurunkan pH tanah, baik melalui peningkatan ion H^+ akibat nitrifikasi maupun pencucian basa akibat keberadaan sulfat.

Kondisi tanah dengan pH rendah dapat mengakibatkan rendahnya ketersediaan hara kation seperti Mg, karena hara tersebut dapat diikat oleh ion hidrogen (H^+) yang terkandung dalam koloid tanah, sehingga tidak dapat diserap oleh tanaman dengan efektif. Selain itu, rendahnya unsur hara di dalam tanah dapat terjadi akibat pencucian ke lapisan tanah yang dalam (Mansyur , et al, 2021). Pengaplikasian pupuk kieserite ($MgSO_4$) menambahkan magnesium (Mg^{2+}) ke dalam tanah. Meskipun magnesium berfungsi sebagai kation basa, prosesnya dalam tanah dapat secara tidak langsung menyebabkan penurunan pH tanah. Pada tanah dengan pH yang sangat rendah, Alumunium (Al^{3+}) dan Besi (Fe^{3+}) menjadi sangat larut. Mg^{2+} akan bersaing dengan kation-kation lain, termasuk ion hidrogen (H^+) dan alumunium (Al^{3+}), di permukaan koloid tanah. Sebagian Mg^{2+} dapat menggantikan H^+ dan Al^{3+} dari kompleks pertukaran koloid, mendorong H^+ dan Al^{3+} ke larutan tanah, sehingga meningkatkan keasaman.

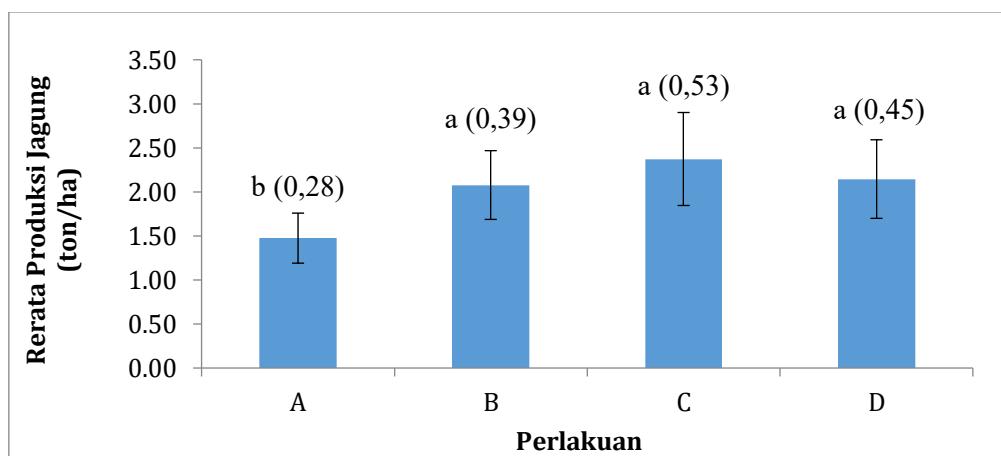
Produksi Tanaman Jagung (*Zea mays L.*)

Hasil analisis pengaruh aplikasi kombinasi pupuk kieserite dan pupuk N, P serta K terhadap produksi tanaman jagung dapat dilihat pada Tabel 8, menunjukkan bahwa aplikasi kombinasi pupuk kieserite dan pupuk N, P serta K berpengaruh nyata terhadap produksi jagung.

Tabel 8. Pengaruh Aplikasi Kombinasi Pupuk Kieserite dan Pupuk N, P serta K Terhadap Produksi Tanaman Jagung

Kode	Perlakuan	Produksi Jagung ton ha ⁻¹	Tabel Notasi
A	Kontrol	1,47	b
B	Standar Pupuk (NPK)	2,08	a
C	1 Pupuk Kieserit + 1 Pupuk NPK	2,37	a
D	1 Pupuk Kieserite + ¾ Pupuk NPK	2,15	a
Sumber Keragaman		F Hitung dan signifikan	
Perlakuan		4,74*	
BNT 5%		0,53	

Berdasarkan hasil pada Tabel 8, menghasilkan produksi jagung pipil pada tanah tanpa perlakuan A (kontrol) memiliki nilai terendah dengan rata-rata sebesar 1,47-ton ha⁻¹. Pada perlakuan kombinasi pupuk kieserite dan Pupuk Tunggal N, P, serta K menunjukkan bahwa perlakuan C memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya yaitu sebesar 2,37-ton ha⁻¹. Pemberian pupuk dalam jumlah yang cukup dan seimbang dapat mempengaruhi produktivitas dan produksi jagung. Pemupukan ini bertujuan untuk menambahkan unsur hara yang hilang untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung (Maintang , et al., 2022).



Gambar 5. Grafik Standar Deviasi Pengaruh Kombinasi Pupuk Kieserite dan Pupuk NPK Terhadap Produksi Tanaman Jagung

Berdasarkan Gambar 5, tanah tanpa perlakuan yaitu A memiliki standar deviasi yang berbeda dengan perlakuan C tetapi tidak berbeda dengan perlakuan D dan B. Perlakuan B tidak berbeda dengan perlakuan A (kontrol), C dan D. Perlakuan C berbeda dengan tanah tanpa perlakuan yaitu A (kontrol) tetapi tidak berbeda dengan perlakuan B dan C. Pada Gambar 5, standar deviasi produksi tanaman menunjukkan pengaruh aplikasi kombinasi kieserite dengan dosis penuh NPK (perlakuan C) yang paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan B dan D tetapi tidak berbeda nyata. Dengan perlakuan Kieserite dan NPK produksi meningkat dibandingkan kontrol, tetapi terdapat variasi antar ulangan yang berarti sebagian tanaman merespon sangat baik, sebagian lebih rendah sehingga standar deviasi lebih tinggi. Jagung Pipil Madura mampu tumbuh dengan baik di lahan kering dan minim irigasi, dapat tumbuh di tanah dengan kesuburan rendah dan memiliki toleransi terhadap kondisi tanah kurang optimal. Rata-rata hasil produksi sekitar 2-4-ton ha⁻¹, lebih rendah dibandingkan jagung hibrida, namun cukup stabil pada lahan kering. Dengan teknik dan teknologi bertani sekarang ini, rata-rata produktivitas jagung pipil varietas lokal Madura berkisar 0,9-1,0-ton ha⁻¹ (Sugiarti dan Mardiyah, 2009). Data statistik menunjukkan bahwa tingkat produktivitas jagung di Kabupaten Bangkalan masih berkisar 1,5 – 2,2-ton ha⁻¹ (BPS, 2002). Aplikasi Mg (Magnesium) dari kieserite di lahan masam dapat memperbaiki efisiensi fotosintesis, pembentukan klorofil, dan transport hasil fotosintesis ke tongkol. Pemupukan magnesium pada tanah masam berperan penting dalam mendorong metabolisme tanaman, meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil panen (Mutia, et al., 2023). Sementara itu, Harahap, et

al., (2022) menegaskan bahwa pemupukan N, P, dan K secara berimbang sangat krusial untuk meningkatkan hasil jagung, khususnya pada tanah masam yang memiliki keterbatasan hara tersedia dan kejemuhan Al tinggi.

Hasil penelitian Rahadi, et al (2023) menunjukkan bahwa kadar Mg tanah yang ditemukan semakin meningkat dengan meningkatnya dosis pupuk kieserite yang diaplikasikan. Magnesium yang diserap tanaman melalui pupuk kieserite mendukung fotosintesis dan pertumbuhan akar tanaman. Akar yang sehat menghasilkan eksudat (seperti asam organik dan gula sederhana) yang menjadi sumber karbon dan energi bagi bakteri pelarut fosfat. Selain itu, sulfur (SO_4^{2-}) yang ada di dalam pupuk kieserite juga merupakan nutrisi penting yang mendukung sintesis asam amino yang dibutuhkan oleh bakteri pelarut fosfat dan pembentukan protein dan enzim yang mendukung metabolism bakteri, termasuk produksi enzim fosfatase. Ketersediaan sulfur yang cukup di dalam tanah dapat mengaktifkan proses biokimia sehingga dapat meningkatkan efisiensi bakteri pelarut fosfat dalam melepaskan fosfat dari bentuk terikat menjadi tersedia, sehingga dapat diserap dengan optimal oleh tanaman (Firdausi, et al., 2016). Suntari, et al. (2021), menjelaskan peran Mg dalam fase generatif, seperti pemasakan buah, relatif lebih rendah. Pengaplikasian pupuk Kieserite yang tepat dapat meningkatkan hasil produksi jagung. Sulfur adalah hara makro esensial yang mendukung sintesis protein, pembentukan enzim, biji, dan berbagai proses metabolisme. Aisyah, et al. (2015) menyatakan bahwa pupuk mengandung S mempercepat penyerapan hara, mendukung pembentukan dan pengisian biji, serta meningkatkan kualitas protein biji yang memengaruhi berat dan kualitas hasil.

Menurut Hardjowigeno (2007), ketersediaan unsur hara tanaman seharusnya berada dalam kondisi cukup, sehingga mampu menunjang pertumbuhan dan juga hasil yang optimal. Penambahan unsur hara dalam tanah berperan penting pada hasil produksi tanaman. Pemberian unsur hara dengan jumlah yang tepat dapat memberikan hasil sesuai potensi produksi dari komoditi yang dibudidayakan. Pupuk anorganik dapat memenuhi unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman jagung tetapi tidak dapat memperbaiki sifat tanah, mengingat kondisi tanah di tempat penelitian ini merupakan tanah yang bertekstur lempung berpasir. Tanaman jagung (*Zea mays L.*) memiliki kebutuhan spesifik akan unsur hara esensial, terutama Nitrogen (N), dan Fosfor (P), yang bervariasi sesuai dengan tahapan pertumbuhannya. Nitrogen memegang peran selama fase vegetatif, secara signifikan memengaruhi pembentukan biomassa melalui sintesis klorofil, protein, asam amino, dan senyawa lainnya (Setiawati, et al., 2021). Fosfor diidentifikasi sebagai unsur hara vital untuk mendukung fase generatif tanaman. Ketersediaan P yang memadai sangat diperlukan untuk pembentukan bunga, perkembangan tongkol, dan akumulasi pati dalam biji jagung, yang secara langsung berkorelasi dengan hasil akhir (Utomo, et al., 2020).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pengaplikasian kombinasi dosis pupuk kieserite dan pupuk NPK pada tanah pertanaman jagung belum mampu memperbaiki nilai nisbah dispersi, yang ditunjukkan dengan hasil nisbah dispersi tanah yang tetap berada pada kategori sangat terdispersi. Tidak terdapat dosis kombinasi pupuk kieserite dan pupuk NPK pada

penelitian ini yang menunjukkan pengaruh dalam menurunkan nisbah dispersi tanah. Semua perlakuan menghasilkan nilai nisbah dispersi yang tinggi dengan interpretasi yang sama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, baik secara material maupun non-material, dalam penyusunan artikel ini. Terima kasih khusus disampaikan kepada rekan sejawat, institusi terkait, dan pihak-pihak yang telah memberikan bimbingan serta fasilitas yang sangat berharga dalam proses penyelesaian karya ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi. 2019. *Metode Analisis Fisika Tanah*. Anugrah Utama Raharja (Aura). Bandar Lampung.
- Aisyah, A., Suastika, I., dan Suntari, R. 2015. Pengaruh aplikasi beberapa produk sulfur terhadap residu, serapan, serta produksi tanaman jagung di Mollisol Jonggol, Bogor, Jawa Barat. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 2(1), 93-101.
- Arintoko, N., Maryani, Y., dan Pamungkas, H. 2023 Pengaruh Pupuk Anorganik Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kacang Hijau (*Vigna radiate L.*) Varietas Vima 1 dan Demak. *Jurnal Ilmiah Agroust*. 7(1): 15-25
- Arsyad, S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Serial Pustaka IPB Press. Bogor.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. 2023. *Data Produksi Padi, Jagung, dan Kedelai Provinsi Lampung*. Berita Resmi Statistik. Lampung.
- BBSDLP. 2014. *Road Map Penelitian dan Pengembangan Lahan Kering*. Tim Penyusun Irsal Las et al. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. 105 halaman.
- Elges, H.F.W.K. 1985. Problem Soils in South Africa-State of the Art. *The Civil Engineer in South Africa*. 27: 347-353.
- Firdausi, N., Muslihat, W., dan Nurhidayati, T. 2016. Pengaruh Kombinasi Media Pembawa Pupuk Hayati Bakteri Penambat Nitrogen Terhadap pH dan Unsur Hara Nitrogen dalam Tanah. *Jurnal Sains Dan Seni*. ITS. 5(2), 2337-3520.
- Firmansyah, M. A. 2010. Rekomendasi pemupukan umum karet, kelapa sawit, kopi dan kakao. *Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kalimantan Tengah*. 19(2):42-87.
- Hairiah K, Widianto., Utami, D Suprayogo, Sunaryo., Sitompul, B Lusiana, R Mula., Noordwijk., dan Cadisch. 2000. *Pengelolaan Tanah Masam secara Biologi; Refleksi Pengalaman dari Lampung Utara*. SMT Grafik Desa Potensi, Jakarta 187 hlm.
- Harahap , S., Siregar, L dan Nasution, M. 2022. Balanced Fertilization of N, P, and K to Improve Maize in Acidic Upland Soil. *Jurnal of Soil and Plant Nutrition*, 18(4), 215-224.
- Hardjowigeno, S. 1987. *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Hardjowigeno, S. 2003. *Ilmu Tanah*. Jakarta: Penerbit Akademika Pressindo.
- Hardjowigeno, S. 2007. *Ilmu Tanah*. Jakarta: Akademika Pressindo.
- Hidayah, N., Istiani, A., Septiani, A. 2020. Pemanfaatan Jagung (*Zea mays*) sebagai Bahan Dasar Pembuatan Keripik Jagung untuk Meningkatkan Perekonomian Masyarakat di Desa Panca Tunggal. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 1(1):37-43.
- Hidayati, N. 2009. Efektivitas Pupuk Hayati pada berbagai Lama Simpan terhadap Pertumbuhan Tanaman Padi (*Oryza sativa*) dan Jagung (*Zea mays*). *Skripsi*. Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Kaya, E. (2014). Pengaruh Pupuk Organik dan Pupuk NPK terhadap pH dan K-tersedia Tanah serta Serapan K, Pertumbuhan dan Hasil Padi Sawah (*Oryza sativa L.*). *Jurnal Buana Sains*, 14(2), 113-122.
- Lestari, T. 2009. Dampak konversi lahan pertanian bagi taraf hidup petani. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Maintang, R., Kasman, R., Taha, M., Syakur, A., dan Ahmad, I. 2022. Pengaruh Dosis Pupuk NPK dan Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung Manis (*Zea mays L.*) Varietas Bonanza. *Jurnal Ilmu Pertanian Agros*, 27(1), 108-115.
- Mansyur, N., Pudjiwati, E., dan Murtilaksono, A. 2021. *Pupuk dan pemupukan*. Syiah Kuala University Press. Aceh.
- Mulyani A, Sarwani M. 2013. Karakteristik dan potensi lahan sub optimal untuk pengembangan pertanian di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 7 (1): 47-55.
- Mutia, N., Safitri, R dan Hidayat, T. 2023. Effect of Magnesium (Mg) from Kieserite Fertilizer on Maize Yield and Photosynthetic Efficiency in Acid Soil. *Jurnal of Agriculture Research*, 25 (2), 87-96.
- Purba, R., Sitorus, B., dan Sembiring, M. 2014. Kajian Kesuburan Tanah di Desa Sihiong, Sinar Sabungan dan Lumban Lobu Kecamatan Bonatua Lunasi Kabupaten Toba Samosir. *Jurnal Agroteknologi Universitas Sumatera Utara*, 2 (4), 101-758.