

PENGARUH SUBSTITUSI PUPUK KIMIA DENGAN PUPUK ORGANIK TERHADAP SIFAT KIMIA DAN PRODUKTIVITAS JAGUNG DI ALFISOL JUMANTONO

Effects of Substitution of Chemical Fertilizers with Organic Fertilizers on Chemical Properties and Productivity of Maize in an Alfisol of Jumantono

Jauhari Syamsiyah*, Ganjar Herdiyansyah, Sri Hartati, Sunoro, Hery Widijanto, Intan Larasati, Nur Aisyah

Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret Jalan Ir. Sutami 36 A, Ketingan, Surakarta, 57126

*Penulis korespondensi: ninuokts@staff.uns.ac.id

Abstrak

Alfisol memiliki kesuburan yang rendah, sehingga pemupukan dilakukan untuk meningkatkan kesuburan tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman jagung. Penggunaan pupuk anorganik dalam jumlah yang banyak secara terus menerus dapat menyebabkan terjadinya degradasi lahan, sehingga perlu dilakukan pengurangan jumlahnya dengan penambahan pupuk lain, seperti pupuk organik, serta harga pupuk anorganik yang relatif mahal. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi pupuk organik dalam menggantikan pupuk anorganik. Metode penelitian yang digunakan adalah rancangan acak kelompok dengan sembilan kombinasi perlakuan pupuk organik dan anorganik dengan masing-masing tiga ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan NPK + 1 PO berpengaruh dan meningkatkan kadar C organik, KTK, kejenuhan basa, N total, dan P tersedia pada Alfisol dan hasil jagung, meskipun tidak berpengaruh nyata terhadap pH, kejenuhan basa dan S tersedia pada tanaman. Alfisol. Sifat kimia tanah mengalami peningkatan nilai masing-masing sebesar 48%, 9,01%, 61,3%, dan 134,5%. Perlakuan NPK + 1 PO meningkatkan produktivitas jagung sebesar 47,76% dibandingkan kontrol dengan produktivitas 12,7 t ha⁻¹ yang hasilnya tidak berbeda nyata dengan NPK standar. Dengan demikian, pemberian pupuk organik 10 t ha⁻¹ berpotensi menggantikan dosis pupuk anorganik.

Kata kunci: *Alfisol, hasil jagung, pupuk organik dan anorganik, sifat kimia tanah*

Abstract

Alfisols have low fertility, so fertilization is carried out to increase soil fertility and support the growth of maize plants. The continuous use of inorganic fertilizers in high quantities can cause land degradation, so it is necessary to reduce the amount by adding other fertilizers, such as organic fertilizers, as well as the relatively high price of inorganic fertilizers. This research was aimed to examine the potential of organic fertilizers in replacing inorganic fertilizers. The experimental design was a completely randomized block design with nine combination treatments of organic and inorganic fertilizers with three replications. The results showed fertilizer treatment ½ NPK + 1 PO affected and increased levels of organic C, CEC, base saturation, total N, and available P in Alfisols and maize yield. However, it did not significantly affect pH, base saturation and available S in Alfisols. The chemical properties of the soil had increased values of 48%, 9.01%, 61.3%, and 134.5%, respectively. The treatment of ½ NPK + 1 PO increased maize productivity by 47.76% compared to the control with the productivity of 12.7 t ha⁻¹, which the results were not significantly different from standard NPK. Thus, the application of 10 t ha⁻¹ of organic fertilizer has the potential to replace ½ doses of inorganic fertilizer.

Keywords: *Alfisols, chemical properties of soil, maize yield, organic and inorganic fertilizers*

Pendahuluan

Produktivitas jagung di tanah Alfisol tergolong rendah, untuk di wilayah Jumantono, Karanganyar pada tahun 2020 sebesar 5,8 t ha⁻¹ dimana hasil tersebut lebih rendah dibandingkan pada kecamatan Tawangmangu yang tanahnya Inceptisol (BPS, 2020). Wilayah Karanganyar menurut data BPS (2016), memiliki lahan pertanian yang berordo Alfisol seluas 1.595 ha, sehingga tanah Alfisol tergolong potensial untuk dimanfaatkan. Namun, tanah Alfisol memiliki permasalahan terutama dalam ketersediaan hara diantaranya rendahnya kadar P tersedia (Nusantara *et al.*, 2014). Menurut Wijanarko (2007) dan Minardi *et al.* (2009) dalam penelitiannya tanah Alfisol memiliki C-organik, N total yang rendah. Tanah Alfisol juga kahat unsur belerang (S) karena mengalami pelapukan lanjut dan intensif dalam waktu lama (Suntari dan Wiyahya, 2020). Selain itu, kemasaman tanah Alfisol termasuk tinggi, kandungan Al-dd dan kejenuhan Al tinggi (Ismangil, 2005).

Jagung di Indonesia adalah bahan pangan pokok kedua setelah padi, sebesar 55% dimanfaatkan untuk pakan ternak 30% untuk konsumsi dan sisanya untuk industri lain (Amzeri, 2018). Upaya untuk mengatasi krisis unsur hara salah satunya dengan pemupukan, pupuk anorganik walaupun mampu menyediakan unsur hara yang langsung tersedia bagi tanaman cenderung mudah mengalami leaching (Firmansyah dan Sumarni, 2013), tidak lestari bagi lingkungan (Liu *et al.*, 2021), harganya yang mahal (Wu dan Ge, 2019), dan sering terjadi kelangkaan pupuk. Upaya untuk mengatasi permasalahan pupuk anorganik adalah dengan menambahkan pupuk organik. Pupuk organik memiliki kandungan bahan organik yang tinggi dan mampu meningkatkan sifat fisika tanah, biologi tanah, kesuburan tanah serta meningkatkan hasil panen (Yaduvanshi, 2003). Menurut beberapa penelitian diantaranya oleh Tounkara *et al.* (2020); Fang *et al.* (2021) dan Liu *et al.* (2022) pemberian pupuk organik mampu mengefisiensikan penggunaan pupuk anorganik.

Penambahan pupuk organik mampu meningkatkan sifat kimia tanah, sebagaimana pada penelitian yang dilakukan oleh Agbede (2010); (Kang *et al.*, 2022) menunjukkan perlakuan yang diberi tambahan pupuk organik mampu meningkatkan kandungan C-organik tanah, N total, dan P tersedia. Serta menurut penelitian Liu *et al.* (2021) dimana substitusi 50% pupuk organik terhadap pupuk anorganik menghasilkan nilai pH tanah, kandungan bahan organik, N total tanah, dan

KTK tanah lebih tinggi dibandingkan perlakuan 100% pupuk anorganik. Mengingat besarnya peran pupuk organik terhadap hara tanah, namun sedikitnya informasi potensi pupuk organik dalam menggantikan pupuk anorganik. Sehingga dilaksanakanlah penelitian ini dengan tujuan untuk mengukur dan mengetahui potensi pengurangan pupuk anorganik oleh pupuk organik.

Bahan dan Metode

Penelitian dilakukan di Laboratorium Lapangan, Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret di Jumantoro, Kabupaten Karanganyar dengan jenis tanah Alfisol dan Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret mulai dari bulan Desember 2020 hingga Oktober 2021. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok lengkap dengan 9 perlakuan (Tabel 1) dan dilakukan sebanyak 3 kali ulangan dengan jumlah 27 petak perlakuan.

Tabel 1. Rancangan perlakuan penelitian.

Kode Perlakuan	Deskripsi
A	Kontrol
B	NPK Standar
C	¼ NPK + 1 PO
D	½ NPK + 1 PO
E	¾ NPK + 1 PO
F	1 NPK + 1 PO
G	¾ NPK + ¼ PO
H	¾ NPK + ½ PO
I	¾ NPK + ¾ PO

Keterangan : Kontrol : tanpa pupuk, NPK Standar : pupuk urea 350 kg ha⁻¹, pupuk KCl 100 kg ha⁻¹, dan pupuk SP-36 125 kg ha⁻¹, rekomendasi pupuk organik : 10 t ha⁻¹.

Penelitian dilaksanakan dengan dilakukan penanaman pada petak berukuran 4 x 5 m² dengan jarak tanam 75 x 25 cm² dengan setiap lubang berisi 2 biji jagung. Pemberian pupuk organik diberikan 2 minggu sebelum tanam sedangkan pupuk urea dilakukan tiga kali yakni, saat tanam, 14 HST (Hari Setelah Tanam), dan 30 HST, pupuk SP-36 dan pupuk KCl diberikan satu kali pada saat tanam. Pemeliharaan tanaman jagung dilakukan dengan cara yang biasa dilakukan oleh petani setempat berupa penyiraman, pemberantasan gulma dan pengendalian hama tanaman. Pengambilan sampel daun untuk analisis jaringan dan klorofil dilakukan pada saat vegetatif maksimal (\pm 63 HST) sudah

mulai keluar malai, sampel daun yang diambil yakni daun keempat dari atas yang terbuka (Salsabila dan Ghulamahdi, 2022). Pemanenan dilakukan pada \pm 100 HST dengan menimbang hasil tngkol berkelobot, serta mengambil sampel tanah untuk dianalisis. Analisis sifat kimia tanah dilakukan pada parameter berikut; C-organik tanah (metode Walkley dan Black), analisis pH (metode potensiometri), analisis KTK dan KB (metode Ekstraksi NH_4OAc) analisis N-total tanah (metode Kjeldahl), analisis P-tersedia (metode Olsen). Analisis Sulfur tersedia (metode Kolorimetri Manual), analisis N jaringan (metode titrasi), analisis P dan K jaringan (metode spektrofotometri). Data penelitian dianalisis menggunakan sidik ragam dengan taraf 95%, dilanjutkan analisis DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) pada parameter yang menunjukkan beda nyata. Guna mengetahui

hubungan antar parameter juga dilakukan analisis korelasi pada parameter tanah dan tanaman.

Hasil dan Pembahasan

Sifat kimia tanah

Parameter tanah yang diamati dari pemberian pupuk anorganik dan pupuk organik meliputi kadar C-organik tanah, KTK, pH, kejenuhan basa, unsur hara N total, P tersedia, dan S tersedia tanah. Pupuk organik mengandung unsur hara yang mampu meningkatkan sifat kimia tanah dan menekan penggunaan pupuk anorganik. Pupuk organik mampu menyediakan nutrisi penting untuk memperbaiki sifat kimia, fisika serta biologi tanah serta meningkatkan pertumbuhan tanaman (Saragih *et al.*, 2013; Wiwik *et al.*, 2015).

Tabel 2. Pengaruh pupuk organik dan anorganik terhadap sifat kimia tanah Alfisol.

Perlakuan	C organik (%)	KTK (me 100 g ⁻¹)	N total (%)	P tersedia (ppm)	pH	KB (%)	S tersedia (ppm)
Kontrol	0,50 a	19,9 a	0,21 a	3,44 a	6,07 a	18,8 a	3,11 a
1 NPK Standar	0,54 a	60,58 cd	0,44 b	5,37 ab	5,87 a	37,07 a	3,19 a
¼ NPK + 1 PO	0,68 c	56,78 bcd	0,52 bc	10,1 de	5,87 a	34,30 a	3,23 a
½ NPK + 1 PO	0,80 d	66,04 d	0,71 d	12,59 e	5,75 a	27,67 a	3,22 a
¾ NPK + 1 PO	0,65 bc	60,79 cd	0,51 bc	8,54 cd	5,77 a	41,31 a	3,27 a
1 NPK + 1 PO	0,67 c	49,77 bcd	0,56 c	6,52 bc	6,05 a	53,12 a	3,29 a
¾ NPK + ¼ PO	0,69 c	51,79 bcd	0,45 b	5,98 abc	5,75 a	46,89 a	3,20 a
¾ NPK + ½ PO	0,58 ab	42,18 bc	0,48 bc	5,67 abc	6,03 a	38,51 a	3,13 a
¾ NPK + ¾ PO	0,69 c	38,76 b	0,49 bc	7,46 bcd	5,99 a	50,05 a	3,15 a

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada satu kolom menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji DMRT. KTK = Kapasitas Tukar Kation, KB = Kejenuhan Basa.

Penambahan pupuk organik yang dikombinasikan dengan pupuk anorganik dapat meningkatkan C-organik tanah pada perlakuan ½ NPK + 1 PO menunjukkan nilai yang berbeda nyata dengan NPK standar dan lebih tinggi 48% sehingga pemberian 10 t ha⁻¹ PO mampu mensubstitusi pupuk NPK sebesar 50%. Sebagaimana menurut Chuan-chuan *et al.* (2017) dan Gunadi *et al.* (2020) penambahan bahan organik akan meningkatkan kadar C-organik tanah karena salah satu sumber karbon organik tanah berasal dari dekomposisi makhluk hidup. Perlakuan ¼ NPK + 1 PO, 1 NPK + 1 NPK, dan ¾ NPK + ½ PO menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata, namun berdasar perlakuan tersebut semakin tinggi takaran pupuk organik yang diberikan semakin tinggi kandungan karbon organik tanah dan sebaliknya. Parameter C-organik tanah berkorelasi positif dengan KTK, N total dan P tersedia tanah, sehingga peningkatan

kadar C-organik tanah akan meningkatkan ketiga parameter tersebut. Bahan organik mengandung senyawa organik yang dapat meningkatkan muatan negatif tanah sehingga meningkatkan KTK tanah (Edwin, 2016; Meimaroglou dan Mouzaks, 2019). Sebagaimana menurut Afandi *et al.* (2015) bahwa peningkatan C-organik tanah akan mempengaruhi proses dekomposisi tanah dan reaksi-reaksi dalam tanah seperti pelarutan P dan fiksasi N. Sumber utama P larutan tanah berasal dari pelapukan batuan atau bahan induk dan proses mineralisasi P-organik hasil dari dekomposisi sisa tanaman dan hewan (Afandi *et al.*, 2015). Sumber N total tanah salah satunya berasal dari mineralisasi bahan organik sehingga pemberian pupuk organik dan pupuk N akan menambah unsur N total tanah (Utami dan Handayani, 2003).

Kapasitas Tukar Kation (KTK) berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa imbalanced pupuk

organik dan anorganik berpengaruh nyata. Perlakuan $\frac{1}{2}$ NPK + 1 PO memiliki nilai yang berbeda nyata dengan NPK standar, serta pemberian 10 t ha⁻¹ PO mampu meningkatkan 9,01% KTK tanah dan menggantikan $\frac{1}{2}$ NPK. Sebagaimana menurut Ketterings *et al.* (2007) bahwa bahan organik memiliki 4 hingga 50 kali KTK lebih tinggi dibandingkan tanah klei (clay) karena sumber muatan negatifnya yang berasal dari dekomposisi bahan penyusunnya. Perlakuan $\frac{1}{4}$ NPK + 1 PO, 1 NPK + 1 PO, dan $\frac{3}{4}$ NPK + $\frac{1}{4}$ PO menunjukkan nilai KTK yang tidak berbeda nyata namun penggunaan NPK yang lebih sedikit menunjukkan hasil yang lebih tinggi. Lestari *et al.* (2022) bahwa pemberian bahan organik akan mempengaruhi KTK tanah, karena bahan organik tersusun atas humus yang berperan sebagai koloid tanah sehingga apabila bahan organik yang 26 diberikan tinggi maka KTK tanah juga akan tinggi.

N total tanah meningkat signifikan pada imbangan $\frac{1}{2}$ NPK + 1 PO sebesar 61,3% dibandingkan perlakuan NPK Standar. Sehingga, imbangan 10 t ha⁻¹ PO mampu menggantikan 50% pupuk NPK. Perlakuan NPK Standar dan perlakuan $\frac{3}{4}$ NPK + $\frac{1}{4}$ PO menunjukkan pengaruh yang berbeda tidak nyata dengan nilai N total tanah berturut-turut 0,44% dan 0,45% dimana perlakuan tanpa pupuk organik nilai N total tanahnya lebih rendah. N total dalam tanah sangat dipengaruhi oleh ketersediaan bahan organik tanah (Minardi *et al.*, 2009). Menurut Minardi *et al.* (2009), pupuk NPK bersifat cepat tersedia oleh tanaman akan tetapi mudah hilang dan tidak dapat disimpan didalam tanah.

Imbangan pupuk anorganik ditambah pupuk organik nyata mempengaruhi P tersedia tanah. Berdasarkan hasil pada Tabel 2 menunjukkan bahwa perlakuan $\frac{1}{2}$ NPK + 1 PO memiliki nilai yang berbeda nyata dengan NPK standar, serta lebih tinggi 134,5% sehingga pemberian 10 t ha⁻¹ PO mampu menggantikan $\frac{1}{2}$ NPK. Peningkatan P tersedia tanah disebabkan oleh pemberian pupuk SP-36 yang mengandung 36% P₂O₅ yang terbuat dari campuran batuan fosfat dengan asam sulfat (Hayat *et al.*, 2021). Pupuk organik berupa pupuk kandang yang ditambahkan ke tanah ini apabila terdekomposisi lanjut atau termineralisasi akan melepaskan mineral-mineral berupa kation basa-basa yang mengakibatkan pH asam menjadi naik menuju ke netral karena meningkatnya konsentrasi ion OH⁻ (Yuniarti *et al.*, 2020). pH tanah yang masam akan bereaksi dengan anion fosfat Al-fosfat, Fe-fosfat dan sedikit Ca-fosfat sehingga menyebabkan P sukar larut dan tidak tersedia

(Yuniarti *et al.*, 2020). Perlakuan NPK standar berbeda tidak nyata dengan $\frac{3}{4}$ NPK + $\frac{1}{4}$ PO, dan $\frac{3}{4}$ NPK + $\frac{1}{2}$ PO terhadap P tersedia tanah. Pemberian pupuk dengan dosis NPK yang lebih besar dibandingkan pupuk organik atau 100% NPK dapat meningkatkan P tersedia tanah namun, sifat pupuk anorganik yang dapat terserap cepat oleh tanaman akan tetapi mudah hilang seperti menguap, leaching dan lainnya sehingga tidak dapat menyimpan P tersedia didalam tanah. Berbeda jika dosis pupuk organik yang lebih tinggi dibandingkan NPK. Menurut Yuniarti *et al.* (2020), terjadi ketersediaan P yang tinggi apabila unsur hara tersebut belum diserap secara maksimal oleh tanaman. Selaras dengan sifat pupuk organik yang lambat tersedia oleh tanaman (Baghdadi *et al.*, 2018).

Pada sifat kimia tanah yang signifikan terhadap perlakuan diketahui bahwa pupuk organik berpotensi dalam menggantikan dosis pupuk NPK lebih dari 175 kg ha⁻¹ urea, 50 kg ha⁻¹ KCl, 62,5 kg ha⁻¹ SP36. Hal tersebut selaras dengan penelitian Baghdadi *et al.* (2018) bahwa penggunaan anorganik dan organik akan meningkatkan efisiensi pemupukan dan hasil yang lebih besar karena pupuk organik mampu menggantikan separuh pupuk anorganik tanpa mempengaruhi hasil tanaman. Sebagaimana menurut penelitian Rothé *et al.* (2019), bahwa pemberian pupuk organik akan meningkatkan rata-rata berat buah sama dengan pemupukan konvensional serta menyediakan nitrogen yang cukup untuk pertumbuhan tanaman. Serta berdasarkan penelitian oleh Liu *et al.* (2021) dan Weifeng *et al.* (2022), mengganti pupuk anorganik dengan pupuk organik mampu mengurangi pengasaman tanah, meningkatkan kandungan bahan organik tanah, kandungan hara dan aktivitas enzim, meningkatkan sifat fisika kimia tanah dan komunitas mikroba, dan meningkatkan metabolisme tanah.

Imbangan pupuk tidak menunjukkan hasil signifikan terhadap KB dan pH tanah, hal tersebut dapat disebabkan adanya larutan *buffer* yang mampu mempertahankan pH tanah. Selain itu, menurut Kartolo *et al.* (2017) rendahnya pH tanah karena pemberian bahan organik di dalam tanah yang kurang, bahan organik berfungsi mengikat ion Al³⁺ dan Fe²⁺ agar tidak bereaksi dengan air dan tidak membentuk ion H⁺ yang menyebabkan pH rendah. pH optimal menurut Ilmi dan Kuswytasari (2013) untuk tanaman jagung berkisar 5,5-7 dan yang paling baik adalah pH 6,8. Pada perlakuan $\frac{1}{2}$ NPK + 1 PO dan perlakuan $\frac{3}{4}$ NPK + $\frac{1}{4}$ PO menunjukkan pH terendah, sebagaimana menurut

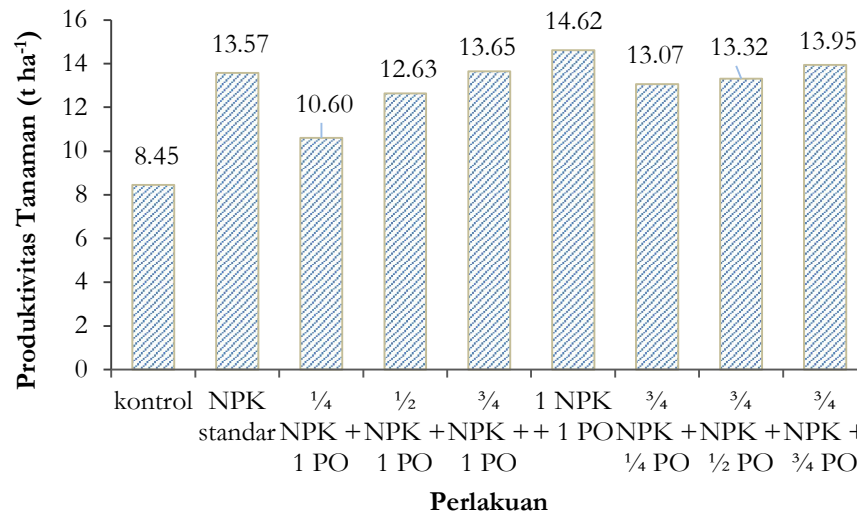
Kang *et al.* (2022) bahwa pemberian pupuk organik akan menurunkan pH tanah dibandingkan perlakuan yang hanya diberi pupuk anorganik. Walaupun pH tanah Alfisol menurun, pH tersebut masih tergolong optimal untuk mendukung tumbuh tanaman jagung. Penurunan pH tanah mempengaruhi kadar KB tanah pada imbangn 1/2 NPK + 1 PO menurun 25,6% dibandingkan perlakuan NPK standar, sebagaimana menurut Swandewi *et al.* (2018) pH yang rendah mengakibatkan kompleks jerapan berisi kation-kation asam Al dan H sehingga basa-basa tertukar pada tanah relatif rendah.

S tersedia tanah tidak berbeda nyata dari pemberian pupuk anorganik dan organik, dimana hasil S tersedia tanah dari imbangn pupuk hanya berkisar 3,11-3,29 ppm dengan rata-rata 3,2 ppm. Hal tersebut karena tidak adanya aplikasi unsur sulfat pada pupuk yang diberikan, serta kondisi tanah Alfisol yang memiliki kandungan S tersedia rendah. Sebagaimana menurut Poniman dan

Wihardjaka (2015) dalam penelitiannya, pemberian S dalam bentuk amonium sulfat selain mengatasi kekahatan S sekaligus dapat meningkatkan efisiensi pupuk dan hasil tanaman. Menurut Setyastika (2018), pengaruh aplikasi pupuk anorganik berupa ZA dan pupuk organik berupa kandang sapi dan kotoran kambing diduga mampu meningkatkan ketersediaan S (SO_4^{2-}) hanya 0,09%. Rendahnya kadar S tersedia juga disebabkan sifat ion SO_4^{2-} yang mobil dalam larutan tanah seperti halnya unsur N sehingga mudah hilang melalui proses penguapan dan pencucian (Setyastika, 2018).

Produktivitas tanaman

Imbangn pupuk organik dan anorganik yang diberikan membantu meningkatkan unsur-unsur hara tanah dan berpengaruh nyata terhadap produktivitas tanaman jagung. Hayat *et al.* (2021) menyatakan bahwa dalam proses pembungaan dan pembentukan biji dapat dipengaruhi dari ketersediaan pupuk fosfat.



Gambar 1. Pengaruh perlakuan kombinasi pupuk organik dan anorganik terhadap produktivitas tanaman jagung. Keterangan : angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji DMRT.

Penambahan pupuk organik dengan beberapa takaran yang dikombinasikan pupuk anorganik meningkatkan produktivitas tanaman jagung, imbangn pupuk 1/2 NPK + 1 PO menunjukkan perbedaan nyata dengan perlakuan kontrol dengan peningkatan hasil sebesar 47,76% dengan produktivitas sebesar 12,7 t ha⁻¹ (Gambar 1). Perlakuan 1/2 NPK + 1 PO dibandingkan dengan 1 NPK standar menunjukkan hasil panen

yang lebih rendah namun tidak berbeda nyata, sehingga penambahan pupuk organik 10 t ha⁻¹ pada 50% pupuk anorganik mampu memberikan hasil jagung yang setara dengan yang diberi 100% pupuk anorganik. Perlakuan 1 NPK + 1 PO menghasilkan produktivitas jagung terbaik sebesar 14,7 t ha⁻¹ dengan peningkatan 7,4% dibandingkan perlakuan NPK Standar. Sifat pupuk organik selain menambah hara tanah juga membantu perbaikan

tanah dimana berperan dalam pembentukan granulasi serta perbaikan aerasi yang membantu penyerapan unsur hara guna menjaga produktivitas dan kualitas lahan (Kriswantoro *et al.*, 2016; He *et al.*, 2022). Dengan melihat dari segi efisiensi penggunaan pupuk organik perlakuan $\frac{1}{2}$ NPK + 1 PO lebih efisien mengingat penggunaan pupuk anorganik yang hanya 50% dari dosis yang dianjurkan, sehingga penambahan 10 t ha⁻¹ pupuk organik mampu mensubstitusi 175 kg ha⁻¹ urea, 50 kg ha⁻¹ KCl, 62,5 kg ha⁻¹ SP36.

Uji korelasi pearson menunjukkan N total dan S tersedia tanah berkorelasi signifikan positif terhadap produktivitas tanaman dengan $r = 0,485^*$ untuk N total dan $r = 0,484^*$ untuk S tersedia tanah. Muhamad dan Kasto (2019) dan Ahmad *et al.* (2022) dalam penelitiannya unsur N merupakan salah satu unsur makro yang sangat berperan terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman serta membantu dalam peningkatan berat biji jagung. Unsur S walaupun tidak signifikan dari perlakuan yang diberikan ternyata berkorelasi terhadap produktivitas tanaman. Perannya dalam tanaman sulfur membantu penyusunan asam amino esensial dalam pembentukan klorofil serta dibutuhkan untuk sintesis protein (Poniman dan Wihardjaka, 2015).

Unsur hara P berperan dalam pembentukan bunga mempengaruhi pembentukan dan ukuran tkgol (Sangadji, 2018). Serta unsur K berperan dalam aktivator enzim, memacu translokasi karbohidrat dari daun ke organ tanaman yang lain (pembentukan bunga, tkgol, dan biji), serta penguat tanaman (Kriswantoro *et al.*, 2016). Berdasarkan hasil korelasi kadar N, P, K jaringan terhadap hasil jagung diketahui nilai r secara berturut-turut yaitu 0,406*, 0,241, dan 0,176 sehingga menunjukkan bahwa kadar N, P, K jaringan berkorelasi positif terhadap produktivitas jagung di Alfisol, maka pemberian pupuk organik dan anorganik yang meningkatkan kadar N, P, dan K jaringan akan mempengaruhi hasil tanaman menuju lebih baik.

Kesimpulan

Pemberian $\frac{1}{2}$ pupuk NPK dan ditambah pupuk organik sebesar 10 t ha⁻¹ mampu berpengaruh nyata dan memberikan hasil terbaik pada sifat kimia tanah dengan meningkatkan diantaranya C-organik 48%, KTK 9,01%, N total 61,3%, dan P tersedia tanah 134,5% dibandingkan perlakuan NPK standar serta produktivitas tanaman yang tidak berbeda nyata dengan nilai 12,7 t ha⁻¹ dimana produktivitas tersebut lebih tinggi daripada produktivitas jagung

oleh petani. Sehingga imbalan 10 t ha⁻¹ pupuk organik mampu menggantikan $\frac{1}{2}$ dosis pupuk NPK atau berpotensi mensubstitusi 50% pupuk anorganik.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terimakasih kepada staf laboratorium fisika dan kimia tanah, serta rumah kaca Jumanto, Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret atas bantuannya dalam pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Afandi, F.N., Siswanto, B. dan Nuraini, Y. 2015. Pengaruh pemberian berbagai jenis bahan organik terhadap sifat kimia tanah pada pertumbuhan dan produksi tanaman ubi jalar di Entisol Ngrangkah Pawon, Kediri. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 2(2):237-244.
- Agbede, T.M. 2010. Tillage and fertilizer effects on some soil properties, leaf nutrient concentrations, growth and sweet potato yield on an Alfisol in southwestern Nigeria. *Soil and Tillage Research* 110(1):25-32, doi:10.1016/j.still.2010.06.003.
- Ahmad, I., Batyrbek, M., Ikram, K., Ahmad, S., Kamran, M., Misbah, Khan, R.S., Hou, F. and Han, Q. 2022. Nitrogen management improved lodging resistance and production of maize (*Zea mays* L.) in dense plant density. *Journal of Integrative Agriculture*, doi:10.1016/j.jia.2022.08.074.
- Amzeri, A. 2018. Tinjauan perkembangan pertanian jagung di madura dan alternatif pengolahan menjadi biomaterial. *Rekayasa* 11(1):74-86.
- Baghdadi, A., Halim, R.A., Ghasemzadeh, A., Ramlan, M.F. and Sakimin, S. Z. 2018. Impact of organic and inorganic fertilizers on the yield and quality of silage corn intercropped with soybean. *PeerJ* 6:e5280, doi:10.7717/peerj.5280.
- BPS. 2016. Luas Lahan Karanganyar Menurut Penggunaan, 2014. <https://karanganyarkab.bps.go.id/subject/156/penggunaan-lahan.html#subjekViewTab3>
- BPS. 2020. Luas Panen dan Produksi Jagung Menurut Kecamatan tahun 2017-2020. Kabupaten Karanganyar. <https://karanganyarkab.bps.go.id/indicator/53/118/1/jagung.html>
- Chuan-chuan, G.P., Wang, B., Lin, W., Jiang, N. and Cai, K. 2017. Impacts of chemical fertilizer reduction and organic amendments supplementation on soil nutrient, enzyme activity and heavy metal content. *Journal of Integrative Agriculture* 16(8):1819-1831, doi:10.1016/S2095-3119(16)61476-4.
- Edwin, M. 2016. Penilaian stok karbon tanah organik pada beberapa tipe penggunaan lahan di Kutai Timur, Kalimantan Timur. *Jurnal Agrifor* 15(2):279-288.

- Fang, P., Abler, D., Lin, G., Sher, A. and Quan, Q. 2021. Substituting organic fertilizer for chemical fertilizer: evidence from apple growers in China. *Land* 10(8):858, doi:10.3390/land10080858.
- Firmansyah, I. dan Sumarni, N. 2013. Pengaruh dosis pupuk n dan varietas terhadap pH tanah, N-total tanah, serapan N, dan hasil umbi bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) pada Entisol-Brebes Jawa Tengah. *Hortikultura* 23(4):358-364.
- Gunadi, G., Juniarti, J. dan Gusnidar, G. 2020. Hubungan stok karbon tanah dan suhu permukaan pada beberapa penggunaan lahan di Nagari Padang Laweh Kabupaten Sijunjung. *Jurnal Solum* 17(1):1, doi:10.25077/j.solum.17.1.1-11.2020.
- Hayat, E.S., Andayani, S. and Hayati, R. 2021. Substitution of inorganic fertilizer with organic fertilizer based on poultry waste combined with rice husk biochar. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 824(1):012038, doi:10.1088/1755-1315/824/1/012038.
- He, H., Peng, M., Lu, W., Hou, Z. and Li, J. 2022. Commercial organic fertilizer substitution increases wheat yield by improving soil quality. *Science of the Total Environment* 851:158132, doi:10.1016/j.scitotenv.2022.158132.
- Imi, I.M. dan Kuswyasari, N.D. 2013. Aktifitas enzim lignin peroksidae oleh *Gliomastix* sp. T3.7 pada limbah bonggol jagung dengan berbagai pH dan suhu. *Jurnal Sains dan Seni Promits* 2(1):38-42.
- Ismangil. 2005. Potensi batu beku sebagai amelioran tanah lempung aktivitas rendah. *AGRIN* 9(1):1-11.
- Kang, Y.-G., Lee, J.-H., Chun, J.-H., Yun, Y.-U., Atef Hatamleh, A., Al-Dosary, M.A., Al-Wasel, Y.A., Lee, K.S. and Oh, T.-K. 2022. Influence of individual and co-application of organic and inorganic fertilizer on NH₃ volatilization and soil quality. *Journal of King Saud University - Science* 34(5):102068, doi:10.1016/j.jksus.2022.102068.
- Kartolo, R., Sagiman, S. dan Aspan, A. 2017. Identifikasi sifat kimia tanah di perkebunan kelapa sawit rakyat Desa Belitang II Kecamatan Belitang Kabupaten Sekadau. *Jurnal Sains Mahasiswa Pertanian* 6:1-9.
- Ketterings, Q., Reid, S. and Rao, R. 2007. Cation exchange capacity (CEC). *Agronomy Fact Sheet Series* 22(2).
- Kriswanto, H., Safriyani, E. dan Bahri, S. 2016. Pemberian pupuk organik dan pupuk NPK pada tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt). *Klorofil IX* (1):1-6.
- Lestari, R.A., Budiarsyah, F. dan Manurung, R. 2022. Status kesuburan tanah sawah pasang surut di Desa Pasir Kecamatan Mempawah Hilir Kabupaten Mempawah. *Jurnal Sains Mahasiswa Pertanian* 11:1-10.
- Liu, H., Zhang, X., Zhang, G., Kou, X. and Liang, W. 2022. Partial organic substitution weakens the negative effect of chemical fertilizer on soil micro- food webs. *Journal of Integrative Agriculture*, doi:10.1016/j.jia.2022.07.043.
- Liu, J., Shu, A., Song, W., Shi, W., Li, M., Zhang, W., Li, Z., Liu, G., Yuan, F., Zhang, S., Liu, Z. and Gao, Z. 2021. Long-term organic fertilizer substitution increases rice yield by improving soil properties and regulating soil bacteria. *Geoderma* 404:115287, doi:10.1016/j.geoderma.2021.115287.
- Liu, Z., Wang, S., Xue, B., Li, R., Geng, Y., Yang, T., Li, Y., Dong, H., Luo, Z., Tao, W., Gu, J. and Wang, Y. 2021. Emergy-based indicators of the environmental impacts and driving forces of non-point source pollution from crop production in China. *Ecological Indicators* 121:107023, doi:10.1016/j.ecolind.2020.107023.
- Meimaroglou, N. and Mouzakis, C. 2019. Cation Exchange Capacity (CEC), texture, consistency and organic matter in soil assessment for earth construction: The case of earth mortars. *Construction and Building Materials* 221:27-39, doi:10.1016/j.conbuildmat.2019.06.036.
- Minardi, S., Winarno, J., Hanif, D.A. dan Abdillah, N. 2009. Efek perimbangan pupuk organik dan pupuk anorganik terhadap sifat kimia tanah Andisol Tawangmangu dan hasil tanaman wortel (*Daucus carota* L.). *Sains Tanah-Jurnal Ilmu Tanah dan Agroklimatologi* 6(2):111-116.
- Muhamad, Y. dan Kasto, D. 2019. Pengaruh macam pupuk organik cair dan dosis pupuk anorganik terhadap pertumbuhan dan hasil jagung (*Zea mays* L.). *Vegetalika* 8(4):263-275.
- Nusantara, C.J., Sumarno, S., Dewi, W.S. dan Sudadi, S. 2014. Pengaruh dosis inokulum azolla dan pupuk fosfat alam terhadap ketersediaan P dan hasil padi di Alfisol. *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture* 29(2):106, doi:10.20961/carakatani.v29i2.13396.
- Poniman, dan Wihardjaka. 2015. Kontribusi hara sulfur terhadap produktivitas padi dan emisi gas rumah kaca di lahan sawah. *Iptek Tanaman Pangan* 10(1):9-17.
- Rothé, M., Darnaudery, M. and Thuriès, L. 2019. Organic fertilizers, green manures and mixtures of the two revealed their potential as substitutes for inorganic fertilizers used in pineapple cropping. *Scientia Horticulturae* 257:108691, doi:10.1016/j.scienta.2019.108691.
- Salsabila, H.P. dan Ghulamahdi, M. 2022. Pertumbuhan dan produksi jagung manis yang ditumpangsarikan dengan kacang tunggak pada lahan pasca tambang batu andesit. *Jurnal Agronomi Indonesia* 50(1):89-96, doi:10.24831/jai.v50i1.39312.
- Sangadji, Z. 2018. Pengaruh konsentrasi dan waktu aplikasi pupuk organik cair nasa terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman jagung manis pada tanah sawah. *Median* 10(1):18-27.
- Saragih, D., Hamim, H. dan Nurmauli, N. 2013. Pengaruh dosis dan waktu aplikasi pupuk urea dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil jagung (*Zea mays* L.) Pioneer 27. *Jurnal Agroteknologi Tropika* 1(1):50-54.

- Setyastika, U.S. 2019. Pengaruh aplikasi bokashi terhadap dinamika ketersediaan N, P, dan S pada Inceptisols Karangploso, Malang. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 6(2):1291-1299.
- Suntari, R. dan Wiyahya, A.G.M. 2020. Pengaruh aplikasi kompos *Crotalaria juncea* L. terhadap ketersediaan dan serapan Ca, Mg, S oleh jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt) di Entisol Wajak, Malang. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 7(2):201-208, doi:10.21776/ub.jtsl.2020.007.2.3.
- Swandewi, D.A.P.R., Trigunasih, N M. dan Supadma, A.N. 2018. Pengaruh pemupukan organik, semi organik dan anorganik terhadap sifat fisika, kimia tanah dan hasil padi pada beberapa munduk di Subak Mambal. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika* 7(1):81-92.
- Toukara, A., Clermont-Dauphin, C., Affholder, F., Ndiaye, S., Masse, D. and Cournac, L. 2020. Inorganic fertilizer use efficiency of millet crop increased with organic fertilizer application in rainfed agriculture on smallholdings in central Senegal. *Agriculture, Ecosystems dan Environment* 294:106878, doi:10.1016/j.agee.2020.106878.
- Utami, S.N.H. dan Handayani, S. 2003. Perubahan sifat kimia Entisol pada sistem pertanian organik. *Ilmu Pertanian* 10(2):63-69.
- Weifeng, S.A., Liu, J., Shi, W., Li, M., Zhang, W., Li, Z., Liu, G., Yuan, F., Zhang, S., Liu, Z. and Gao, Z. 2022. Effects of long-term fertilization with different substitution ratios of organic fertilizer on paddy soil. *Pedosphere* 32(4):637-648, doi:10.1016/S1002-0160(21)60047-4.
- Wijanarko, A. 2007. Karakteristik sifat kimia dan fisika tanah Alfisol di Jawa Timur dan Jawa Tengah. *Iptek Tanaman Pangan* 2(2):214-226.
- Wiwik, H., Husnain, dan Ladiyani, R.W. 2015. Peranan pupuk organik dalam peningkatan produktivitas tanah dan tanaman. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 9(2):107-120, doi:10.2018/jsdl.v9i2.6600.
- Wu, H. and Ge, Y. 2019. excessive application of fertilizer, agricultural non-point source pollution, and farmers' policy choice. *Sustainability* 11(4):1165, doi:10.3390/su11041165.
- Yaduvanshi, N.P.S. 2003. Substitution of inorganic fertilizers by organic manures and the effect on soil fertility in a rice-wheat rotation on reclaimed sodic soil in India. *The Journal of Agricultural Science* 140(2):161-168, doi:10.1017/S0021859603002934.
- Yuniarti, A., Solihin, E. dan Putri, A.T.A. 2020. Aplikasi pupuk organik dan N, P, K terhadap pH tanah, P-tersedia, serapan P, dan hasil padi hitam (*Oryza sativa* L.) pada Inceptisol. *Jurnal Kultivasi* 19(1):1040-1046.