

## Perbaikan Kualitas Kimia Vertisol Melalui Pemberian Bahan Organik *Mucuna*, *Crotolaria*, dan Dosis Pupuk Hayati

### (Improving the Chemical Quality of Vertisol Through the Provision of Organic Materials Such as *Mucuna*, *Crotolaria*, and Doses of Biofertilizers)

Rupa Matheus\*, Donatus Kantur

(Diterima Maret 2022/Disetujui Juli 2022)

#### ABSTRAK

Tujuan penelitian ini ialah untuk mengevaluasi pengaruh perlakuan sumber bahan organik *Mucuna* dan *Crotolaria* serta dosis cendawan micorisa arbuskular (CMA) terhadap kualitas kimia vertisol, serapan hara dan hasil jagung di lahan kering. Penelitian dilaksanakan di lahan percobaan Politeknik Pertanian Negeri Kupang, di desa Oesao, Kecamatan Kupang Timur, Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur. Penelitian berlangsung dari Mei–September 2021. Desain penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) pola faktorial. Perlakuan pertama sumber bahan organik (B) biomasa tanaman penutup tanah, terdiri dari tiga jenis: B0 = tanpa biomasa tanaman penutup tanah (Kontrol); BM = *Mucuna* dan biomasanya ditanam; BC = *Crotolaria* dan biomasanya ditanam. Perlakuan kedua adalah dosis pupuk hayati CMA (D), yaitu M0 = 0 g tanaman<sup>-1</sup> (tanpa CMA); M1 = 10 g tanaman<sup>-1</sup>; M2 = 20 g tanaman<sup>-1</sup>. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi sumber bahan organik dan dosis CMA, masing-masing secara nyata memperbaiki sifat kimia vertisol. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan bahan organik dan dosis CMA terbukti paling efektif meningkatkan kualitas kimia vertisol. Aplikasi bahan organik *Mucuna* dan *Crotolaria* pada dosis CMA 20 g tanaman<sup>-1</sup> secara nyata meningkatkan serapan N jagung sebesar 53,26–54,45%, serapan P jagung sebesar 27,83% dan 28,85% dan hasil jagung pipilan kering masing-masing sebesar 146,92% dan 146,92% dibanding perlakuan lainnya.

Kata kunci: cendawan mikorisa arbuskular (CMA), bahan organik, sifat kimia tanah

#### ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the effect of the treatment of organic material sources *Mucuna* and *Crotolaria* and the dose of vesicle arbuscular mycorrhizae (VAM) on the chemical quality of vertisol, nutrient uptake and maize yield in dry land. The research was carried out in the experimental field of the Kupang State Agricultural Polytechnic, in the village of Oesao, East Kupang District, Kupang Regency, East Nusa Tenggara. The study took place from May to September 2021. The study design used a factorial randomized block design. The first factortreatment was source of organic matter (B) of ground cover plant biomass, namely: B0 = no ground cover plant biomass; BM = *Mucuna* and its biomass are immersed; BC = *Crotolaria* and its biomass immersed. The second treatment was dose of VAM biofertilizer (D), namely: M0 = 0 g plant<sup>-1</sup> (without VAM); M1 = 10 g plant<sup>-1</sup>; M2 = 20 g plant<sup>-1</sup>. The results showed that the application of organic material sources and the dose of VAM, respectively, could significantly improve the chemical properties of vertisol. The results showed that the use of organic matter and dose of VAM independently was proven to be the most effective in improving the chemical quality of vertisol. Application of organic matter *Mucuna* and *Crotolaria* at a dose of VAM 20 g plant<sup>-1</sup> significantly increased N uptake in maize by 53.26–54.45%, maize P uptake by 27.83% and 28.85%, and the yield of dry shelled corn by 146.92% and 146.92% compared to other treatments.

Keywords: organic matter, vesicle arbuscular mycorrhizae, soil chemical

#### PENDAHULUAN

Potensi lahan kering untuk pengembangan pertanian di Indonesia masih sangat luas. Di Nusa Tenggara Timur, potensi lahan kering mencapai 3.230.649 ha (87,51%) dari total lahan pertanian potensial yang mencapai 3,69 juta ha dan sisanya

12,48% adalah lahan basah (Matheus 2019). Salah satu jenis tanah potensial di lahan kering adalah vertisol. Vertisol merupakan salah satu jenis tanah endapan yang banyak digunakan untuk usaha pertanian karena memiliki tingkat kesuburan yang cukup baik, solum tanahnya dalam, warna kelam/hitam dengan pH netral hingga alkalis yang berkisar antara 6-8,5 (Prasetyo 2007).

Salah satu kelemahan tanah vertisol pada usaha tani lahan kering adalah secara fisik keras sehingga relatif sulit diolah. Hal ini karena tanah vertisol memiliki kandungan liat >60% (Prasetyo 2007). Secara kimia, vertisol memiliki kelemahan, yaitu: kandungan C-

Program Studi Penyuluhan Pertanian Lahan Kering, Politeknik Pertanian Negeri Kupang, Jl. Prof. Dr. Herman Yohanes Kel. Lasiana Kupang 85228

\* Penulis Korespondensi:

Email: [matheusrupa@yahoo.com](mailto:matheusrupa@yahoo.com)

organik (<2%), K tersedia (0,10 me/100 g tanah) dan P tersedia (12,60 ppm) yang tergolong rendah, dan unsur N total yang sedang (0,24%) (Sudadi *et al.* 2007). Selain itu, permasalahan umum pada vertisol adalah ketersediaan hara P yang rendah yang dapat mempengaruhi produktivitas tanaman di lahan kering.

Sehubungan dengan kendala tersebut maka upaya praktis yang dapat dilakukan untuk mengatasi kondisi vertisol di lahan kering adalah dengan penggunaan teknologi berbasis mikrob, seperti penggunaan bahan organik tanah dan pupuk hayati. Tanaman dari Famili Leguminosae, seperti *Mucuna* (*Mucuna pruriens* L.) dan *Crotolaria* (*Clrotolaria juncea*) sudah sering ditanam di aeral perkebunan, sebagai sumber bahan organik (pupuk hijau) sekaligus sebagai bahan pembenah tanah. Banyak peneliti yang merekomendasikan legume penutup tanah semusim mempunyai potensi untuk dikembangkan dalam sistem usaha tani lahan kering. Alasannya karena mampu tumbuh pada kondisi kering, produksi dan kualitas biomassa yang tinggi, dan dapat dijadikan sebagai tanaman rotasi dalam pemulihan dan perbaikan kesuburan tanah (Steenwerth *et al.* 2008; Olson *et al.* 2010). Penggunaan legum penutup tanah semusim sebagai tanaman rotasi selama masa bera (*fallow*) nyata meningkatkan simpanan karbon organik dan hasil jagung di lahan kering selama dua musim tanam (Matheus 2014; Matheus *et al.* 2018). Secara umum, pupuk organik bersifat *slow release*, artinya unsur hara dalam pupuk dilepaskan secara perlahan-lahan dan terus-menerus dalam jangka waktu tertentu sehingga tidak terjadi sinkronisasi antarketersediaan unsur hara dan penyerapan hara oleh akar tanaman (Matheus *et al.* 2017). Solusi untuk membantu meningkatkan sinkronisasi serapan hara oleh tanaman dapat digunakan pupuk hayati.

Pupuk hayati (biofertilizer) adalah pupuk yang mengandung mikroorganisme hidup yang dapat mendorong pertumbuhan dengan meningkatkan kebutuhan nutrisi tanaman (Simanungkalit & Suriadikarta 2006; Silitonga & Nasution 2020). Pupuk hayati dapat disebut juga sebagai inokulan berbahan aktif organisme hidup dengan fungsi untuk menambat hara tertentu atau memfasilitasi ketersediaan hara untuk tanaman. Pupuk hayati bermanfaat pula untuk mengaktifkan serapan hara oleh tanaman, menekan "*soil-borne disease*", mempercepat proses pengomposan, memperbaiki struktur tanah, dan menghasilkan substansi aktif yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (Tombe 2008). Salah satu jenis pupuk hayati yang telah berkembang luas adalah cendawan mikoriza. Cendawan mikoriza merupakan salah satu jenis cendawan yang mempunyai peranan penting dalam mempertahankan kesuburan tanah dengan cara meningkatkan serapan hara N, P, dan K, meningkatkan penyerapan air dan meningkatkan resistansi terhadap kekeringan serta meningkatkan aktivitas mikrob tanah (Ningrum *et al.* 2013) dan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk hingga 50% (Musfal 2010). Penggunaan pupuk hayati dari jenis *Cendawan mikoriza*

*arbuskular* (CMA) nyata meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman. Tanaman yang bersimbiosis dengan CMA pertumbuhannya relatif lebih baik bila dibandingkan dengan tanaman yang tidak bersimbiosis dengan CMA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman jagung yang diberi CMA menghasilkan pertumbuhan dan produksi jagung yang lebih tinggi dibandingkan tanpa CMA (Farida & Chozin 2015). Pemanfaatan bahan organik yang bersumber dari biomassa legume penutup tanah dan pupuk hayati berupa CMA, diharapkan mampu meningkatkan kualitas kimia tanah vertisol lahan kering yang ditanami jagung. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh perlakuan sumber bahan organik *Mucuna*, *Crotolaria*, dan dosis CMA pada kualitas kimia tanah vertisol, serapan hara, dan hasil jagung di lahan kering.

## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Tempat

Pelaksanaan kajian dilakukan pada lahan percobaan Politeknik Pertanian Negeri Kupang, di Desa Oesao, Kecamatan Kupang Timur, Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur. Penelitian berlangsung dari bulan Mei–September 2021. Sementara itu, pengukuran kualitas tanah dan serapan hara tanaman dilakukan di Laboratorium Tanah dan Air, Politeknik Pertanian Negeri Kupang dan Laboratorium Tanah BPTP Naibonat.

### Materi Percobaan

Bahan yang digunakan adalah lahan percobaan yang termasuk dalam jenis tanah vertisol, benih jagung komposit varietas Lamuru, biomassa *Mucuna* dan biomassa *Crotolaria* sebagai sumber bahan organik, inokulan campuran cendawan mikorisa arbuskular (CMA) dari Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik (Balittro) Bogor, pupuk anorganik berupa pupuk urea, SP-36, dan KCl, ajir, dan kantong sampel. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat pengolah tanah, timbangan, dan peralatan laboratorium untuk analisis tanah dan tanaman.

### Rancangan Percobaan

Kajian yang dilakukan adalah mengevaluasi efek pemberian sumber bahan organik dari biomassa *Mucuna* dan *Crotolaria* serta dosis pupuk hayati dari jenis cendawan mikorisa arbuskular (CMA) pada kualitas kimia vertisol, serapan hara, dan hasil jagung di lahan kering. Penelitian ini di desain dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) pola faktorial. Perlakuan pertama adalah sumber bahan organik (B) biomassa tanaman penutup tanah, yang terdiri atas tiga jenis, yaitu B0 = tanpa biomassa tanaman penutup tanah (Kontrol); BM = *Mucuna* dan biomasnya ditanam; BC = *Crotolaria* dan biomasnya ditanam. Perlakuan kedua adalah dosis pupuk hayati CMA (D), dengan tiga level dosis CMA, yaitu M0 = 0 g tanaman<sup>-1</sup> (tanpa CMA); M1 = 10 g tanaman<sup>-1</sup>; M2

= 20 g tanaman<sup>-1</sup>. Setiap perlakuan diulang 3 kali sehingga terdapat 27 unit percobaan.

### Pelaksanaan percobaan

Lahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah lahan tegalan yang secara intensif ditanami jagung. Jenis tanah percobaan ini adalah Vertisols. Hasil analisis tanah pada awal percobaan memiliki karakteristik, seperti: kadar liat 72,74% (liat berlempung), C-organik 1,56% (sangat rendah), pH 7,65 (agak alkalis), N total 0,16% (sangat rendah), dan P tersedia 5,26 ppm (rendah), menurut Sulaeman *et al.* (2005). Lahan percobaan diolah seluruhnya dan dibagi sesuai dengan pola percobaan dan ukuran masing-masing unit percobaan. Lahan percobaan dibagi menjadi 3 blok sebagai ulangan. Ukuran masing-masing blok adalah 7 x 4 m (Total luas lahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah 25 x 16 m (400m<sup>2</sup>). Jarak antarblok adalah 1.5 m. Ukuran masing-masing unit percobaan adalah 4 x 2 m, jarak antaranak petak adalah 1 m. Bobot biomassa segar *Mucuna* dan *Crotolaria* yang diberikan dalam penelitian ini, masing-masing 10 t ha<sup>-1</sup>. Biomassa *Mucuna* dan *Crotolaria* segar, yang telah dipersiapkan dipotong kecil-kecil dengan ukuran 3–5 cm, dihamparkan di atas permukaan petak perlakuan hingga kering (selama 1 minggu) dan ditanam bersamaan dengan pengolahan tanah ke dua. Masa inkubasi biomassa tanaman penutup tanah ditetapkan selama 20 hari (Matheus 2014).

Selanjutnya setelah masa inkubasi 20 hari, masing-masing plot ditanami benih jagung Lamuru. Perlakuan pupuk hayati CMA diberikan seluruhnya pada awal percobaan (pada saat tanam) dengan cara tugal pada masing-masing lubang tanam sesuai dengan dosis perlakuan (0, 10, dan 20 g CMA tanaman<sup>-1</sup>) Pupuk anorganik berupa SP-36, Urea, dan KCL sebagai variabel bebas diberikan secara merata untuk seluruh unit percobaan. Pupuk SP-36 sebagai sumber P diberikan satu hari sebelum penanaman jagung dengan cara larikan. Pupuk urea dan KCL diberikan pada saat tanaman jagung berumur dua minggu setelah tanam. Dosis pupuk anorganik diberikan sebesar 50% dari dosis rekomendasi, yaitu 50 kg SP-36 ha<sup>-1</sup>, 75 kg urea ha<sup>-1</sup>, dan 35 kg KCL ha<sup>-1</sup>.

### Variabel Pengamatan

Pengamatan dilakukan pada sifat kimia pada akhir percobaan, yang meliputi: pH, N-total (Kjeldhal), P-tersedia (Bray-2), K-dd dan KTK (ekstrak amonium asetat pH 7 1N), dan C-organik (metode Walkey and Black). Sampel tanah pada akhir percobaan diambil pada saat tanaman berumur 70 HST (hari setelah

tanam) pada kedalaman 0–20 cm. Sebelum analisis sifat kimia, sampel tanah dikering-anginkan, ditumbuk, dan diayak. Pengamatan pada tanaman jagung meliputi: derajat infeksi akar; serapan hara N dan P, bobot kering, dan hasil jagung pipilan kering. Untuk analisis hara tanaman, sampel tanaman diambil pada saat fase vegetatif maksimum (menjelang jagung berbunga), yang dilakukan secara destruktif. Analisis infeksi CMA dilakukan pada akar tanaman jagung pada fase vegetatif maksimum. Persen infeksi mikoriza dihitung dari jumlah akar yang terinfeksi dibagi dengan jumlah seluruh potongan akar yang diamati (Brundrett *et al.* 1996).

### Analisis Data

Sebelum dilakukan uji statistik, data hasil penelitian terlebih dahulu diuji normalitas dan homogenitasnya. Jika data dinyatakan normal dan homogen, maka uji dilanjutkan dengan analisis varians guna menguji nilai perbedaan antarperlakuan. Apabila terdapat perbedaan nyata antarperlakuan, maka dilanjutkan uji beda nilai tengah dengan model beda nyata jujur pada taraf  $\alpha = 5\%$  untuk membandingkan pengaruh perlakuan yang berbeda nilai tengahnya. Semua uji tersebut menggunakan aplikasi SPSS-25.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Biomassa Tanaman Penutup Tanah

Hasil analisis pada kualitas biomassa LCC menunjukkan adanya perbedaan karakteristik biomassa (komposisi kimia dan biologi) antarbiomassa tanaman penutup tanah yang dicoba (Tabel 1).

Secara keseluruhan, komposisi kimia dua jenis biomassa yang dicobakan memiliki kualitas yang tinggi yang tercermin pada kandungan N total, P, C, C/N, C/P, dan K. Selain itu, dua jenis biomassa yang dicobakan memiliki senyawa lignin dan polifenol yang rendah. Menurut Rahmat *et al.* (2006), batas kritis yang menentukan kecepatan dekomposisi bahan organik adalah lignin <15% dan Polifenol <4%. Selanjutnya Palm dan Sanches (1991) mengemukakan bahwa senyawa lignin dan polifenol dalam jaringan tanaman merupakan parameter penting yang digunakan dalam pendugaan kecepatan dekomposisi pangkasan legume di daerah tropis. Stevenson (1994) mengemukakan bahwa kandungan lignin dan polifenol yang tinggi dalam bahan organik akan menghambat proses mineralisasi karena lignin dan polifenol dapat mengikat protein yang menghambat peran mikroba tanah dalam menguraikan bahan organik tersebut.

Tabel 1 Kualitas kimia biomassa *Mucuna* dan *Crotolaria*

Jenis biomassa	N total (%)	P total (%)	C total (%)	C/N	C/P	K (%)	Lignin (%)	Polifenol (%)
<i>Mucuna</i>	3,27	0,57	34,30	10,48	60,17	1,21	11,52	3,78
<i>Crotolaria</i>	4,70	0,35	35,65	12,91	101,85	0,59	9,64	3,46

Sumber: Hasil analisis laboratorium kimia tanah, Fakultas Petanian Universitas Brawijaya, dalam Matheus *et al.* (2018).

**Sifat Kimia Tanah**

Secara umum, aplikasi sumber bahan organik biomassa tanaman penutup tanah dan dosis CMA tidak memberikan pengaruh interaksi ( $P>0,05$ ) pada kualitas kimia tanah pada akhir percobaan. Perlakuan faktor tunggal sumber bahan organik tanaman penutup tanah dan dosis CMA masing-masing memberikan pengaruh yang sangat nyata ( $P<0,01$ ) pada kualitas kimia tanah vertisol. Hasil analisis kualitas kimia tanah pada akhir percobaan untuk masing-masing perlakuan faktor tunggal disajikan pada Tabel 2.

**pH tanah**

pH tanah merupakan salah satu indikator kesuburan kimiawi tanah yang penting karena mencerminkan ketersediaan hara dalam tanah tersebut. Analisis BNJ pada Tabel 2 menunjukkan perlakuan bahan organik biomassa *Mucuna pruriens* dan *Crotolaria juncea* yang ditanam 20 hari sebelum tanam nyata menurunkan pH tanah vertisol dari pH 7,65 (agak alkalis) menjadi pH 7,15 dan 6,09 (kategori netral). Penurunan pH tanah vertisol lebih dominan disebabkan adanya peran humus yang dihasilkan dari pelapukan bahan organik biomassa tanaman penutup tanah sehingga dapat membantu pertukaran ion untuk mendorong terjadinya perubahan pH. Perubahan pH ke arah netral akan mempermudah pertukaran ion-ion tanah dalam menyediakan hara bagi pertumbuhan tanaman. Menurut Stevenson (1994), pengaruh penambahan bahan organik dapat meningkatkan atau menurunkan pH tanah bergantung pada tingkat kematangan bahan organik yang ditambahkan dan jenis tanahnya.

Faktor dosis CMA memberikan perbedaan yang nyata antarperlakuan dosis CMA dan tanpa CMA. Dosis CMA 10 g tanaman<sup>-1</sup> dan 20 g tanaman<sup>-1</sup> memperlihatkan adanya penurunan nilai pH dan berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan kontrol, walaupun masih dalam kategori pH netral. Penurunan pH tanah dapat disebabkan oleh kemampuan mikoriza dalam menghasilkan asam organik dan dapat meningkatkan populasi mikroorganisme lain di dalam tanah (Mustafa *et al.* 2015).

**C-organik**

Karbon organik (C-organik) tanah merupakan kunci kesuburan tanah karena dapat meningkatkan kemampuan tanah mengikat dan menyerap hara dan air bagi tanaman, mengurangi pencucian hara, meningkatkan granulasi tanah, serta sebagai sumber energi bagi biota tanah (Tornquist *et al.* 2009 dalam Matheus 2014). Hasil analisis kandungan C-organik dalam tanah setelah perlakuan (Tabel 2) menunjukkan terjadinya peningkatan pada masing-masing faktor tunggal semua perlakuan.

Perlakuan sumber bahan organik *Mucuna* dan *Crotolaria* secara statistik memberikan pengaruh yang sangat signifikan ( $P<0,01$ ) pada kandungan C-organik tanah pada akhir percobaan. Peningkatan C-organik tanah oleh perlakuan biomassa *Mucuna* dan *Crotolaria* masing-masing sebesar 2,32% dan 2,42% dibandingkan dengan perlakuan kontrol (1,52%) karena adanya kontribusi bahan organik dari luar berupa biomassa tanaman penutup tanah yang ditanam sebelum penanaman. Biomassa tanaman penutup tanah yang ditanam akan mengalami proses dekomposisi menjadi senyawa-senyawa organik sehingga dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi vertisol.

Perlakuan dosis CMA juga memperlihatkan adanya perbedaan kandungan C-organik pada vertisol. Dosis CMA 10 g tanaman<sup>-1</sup> dan 20 g tanaman<sup>-1</sup>, nyata meningkatkan C-organik tanah lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Hal ini terjadi karena adanya peran jamur mikorisa dalam zona perakaran yang dapat mendegradasi bahan organik dalam tanah.

**N Total tanah**

Berdasarkan hasil analisis tanah pada akhir percobaan (Tabel 2) menunjukkan kandungan N dalam tanah berbeda nyata antara perlakuan sumber bahan organik dan dosis CMA. Bahan organik *Mucuna* dan *Crotolaria* yang ditanam 20 hari sebelum tanam, mampu meningkatkan total N pada vertisol masing-masing sebesar 0,24% dan 0,27% lebih tinggi dan berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol (tanpa

Tabel 2 Rata-rata sifat kimia tanah vertisol pada akhir percobaan pada perlakuan sumber bahan organik dan dosis CMA

Perlakuan	pH	C-organik (%)	N Total (%)	P-tersedia (ppm)	K-dd (me 100g <sup>-1</sup> )	KTK (me 100g <sup>-1</sup> )
Sumber bahan organik						
B0 (tanpa bahan organik)	7,60-a	1,52-b	0,17-b	6,42-b	0,25-b	16,10-b
B1 (biomassa <i>Mucuna</i> )	7,15-b	2,32-a	0,24-a	8,83-a	0,43-a	28,11-a
B2 (Biomassa <i>Crotolaria</i> )	6,97-b	2,40-a	0,27-a	8,59-a	0,48-a	29,99-a
BNJ 5%	0,29	0,19	0,02	1,11	0,13	6,20
Dosis CMA						
D0 (0g/tanaman)	7,51-a	1,94-a	0,18-b	4,52-b	0,23-b	14,69-b
D1 (10g/tanaman)	7,23-b	2,12-b	0,24-a	7,10-a	0,33-a	21,45-a
D2 (20g/tanaman)	7,28-b	2,17-b	0,25-a	7,85-a	0,43-a	27,32-a
BNJ 5%	0,20	0,14	0,05	2,48	0,13	4,91

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama adalah tidak berbeda nyata pada taraf uji BNJ 5%.

biomassa) yang menampilkan total N tanah yang rendah sebesar 0,17%. Pemberian biomassa *Mucuna* dan *Crotolaria* berkontribusi dalam peningkatan total N dalam tanah karena adanya sumbangan N dari masing-masing biomassa yang mencapai 3,27% dan 4,20% (Tabel 1). Menurut Tisdale *et al.* (1985) bahwa peningkatan kadar hara N dalam tanah selain ditentukan oleh adanya input dari pemupukan juga adanya kontribusi dari pelapukan bahan organik. Bahan organik *Mucuna* dan *Crotolaria* yang memiliki kandungan N tinggi sehingga mudah menyumbangkan N dalam tanah, dan sifat tanah lainnya. Hal ini juga sejalan dengan penelitian Riyanti *et al.* (2015) bahwa bahan organik di dalam tanah dapat meningkatkan aktivitas organisme dalam mendekomposisi dan melepaskan N tanah, serta memacu perkembangan populasi bakteri penambat N. Menurut Simanungkalit dan Suriadikarta (2006) bahwa ketersediaan C-organik di lingkungan rhizosfer merupakan faktor utama yang menentukan jumlah nitrogen yang dihasilkan.

Hasil analisis pada Tabel 2 juga menunjukkan bahwa aplikasi CMA nyata meningkatkan total N tanah pada akhir percobaan. Dosis CMA 10 g tanaman<sup>-1</sup> dan 20 g tanaman<sup>-1</sup> mampu meningkatkan total N tanah vertisol masing-masing 0,24% dan 0,25% lebih tinggi dan berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol yang total N tanahnya sebesar 0,18%. Hal ini diduga adanya peran CMA melalui hifa yang mampu memperluas peyerapan hara yang tersimpan dalam pori mikro. Barsi (2018) mengemukakan bahwa Mikoriza juga diketahui dapat berinteraksi secara sinergis dengan bakteri-bakteri penambat N<sub>2</sub> dan pembentukan bintil akar meningkat bila tanaman alfalfa diinokulasi dengan *Glomus*.

### P Tersedia

Konsentrasi P-tersedia tertinggi dengan indeks 8,85 dan 8,59 ppm ditemukan pada pemberian bahan organik biomassa *Mucuna* dan *Crotolaria* yang lebih tinggi dan berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan kontrol (Tabel 2). Peningkatan P-tersedia vertisol pada akhir percobaan karena adanya peran bahan organik yang bersumber dari biomassa legume yang ditanam dan mengalami mineralisasi sehingga dapat melepaskan atau membebaskan P dari ikatan misel yang terjerap oleh logam, seperti Al dan Fe. Hal ini berbeda dari perlakuan kontrol yang memperlihatkan P-tersedia 6,42 ppm. Hal ini sejalan dengan penelitian Hairani dan Susilawati (2013) yang mendapatkan kenaikan P setelah aplikasi kompos jerami padi dibanding tanpa kompos.

Hal yang sama juga terlihat pada perlakuan aplikasi dosis CMA pada vertisol menunjukkan bahwa perlakuan dosis 10 g CMA tanaman<sup>-1</sup> (D1) dan 20 g CMA tanaman<sup>-1</sup> (D2) nyata meningkatkan P-tersedia tanah masing-masing 7,10 ppm dan 7,85 ppm dan berbeda nyata dibandingkan perlakuan kontrol (Tabel 2). Peningkatan P-tersedia pada vertisol karena adanya peran cendawan mikorisa (CMA) yang diaplikasikan pada tanaman jagung. Hal ini sejalan

dengan penelitian Hasanudin (2003); Mustafa *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa pemberian dosis 30 spora mikorisa arbuskular dan bakteri *fluoresces* nyata meningkatkan serapan P sebesar 107% (24.40 ppm) dibandingkan dengan perlakuan kontrol yang menunjukkan nilai sebesar 11,77 ppm. Menurut Douds *et al.* (2000) dalam (Muzakir 2010) bahwa aplikasi CMA mampu meningkatkan P-tersedia dan hara lainnya karena adanya koloni akar dengan mikorisa.

### K-dapat Ditukar

Hasil analisis BNJ (Tabel 2) menunjukkan bahwa pemberian bahan organik *Mucuna* dan *Crotolaria* berpengaruh nyata pada K dapat ditukar dan berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan kontrol (tanpa rotasi). Hasil analisis tanah menunjukkan K dapat ditukar pada perlakuan *Mucuna* dan *Crotolaria* yang meningkat masing-masing sebesar 0,43 dan 0,48 me 100g<sup>-1</sup>. Hal ini membuktikan bahwa biomassa *Mucuna* dan *Crotolaria* dikembalikan ke lahan tanam yang merupakan sumber bahan organik berkualitas sehingga mudah terdekomposisi dan melepaskan hara makro, seperti K, ke dalam tanah yang berguna bagi tanaman. Hal ini sejalan dengan temuan Abdillah dan Widiyastuti (2021) bahwa aplikasi kompos jerami padi dan limbah agroindustri mampu meningkatkan kualitas kimia tanah, yaitu K dapat ditukar serta serapan K tanaman padi.

Dosis pemberian CMA (Tabel 2) juga memperlihatkan terjadi peningkatan K tersedia tanah pada vertisol. Peningkatan K dapat ditukar diduga karena adanya peran cendawan mikorisa dalam tanah dalam memineralsasi bahan organik biomassa tanaman penutup tanah menjadi hara yang siap diserap tanaman jagung.

### KTK Tanah

Kapasitas tukar kation tanah merupakan salah satu sifat kimia tanah yang penting karena berpengaruh pada kemudahan dan ketersediaan hara bagi akar tanaman. Perlakuan sumber bahan organik dari biomassa *Mucuna* dan *Crotolaria* berpengaruh sangat nyata ( $P < 0,01$ ) pada nilai KTK tanah vertisol pada akhir percobaan masing-masing 28,11 dan 29,99 me 100 g tanah<sup>-1</sup> lebih tinggi dan berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol (16 dan 10 me 100 g tanah<sup>-1</sup>). Peningkatan nilai KTK tanah vertisol berkaitan dengan adanya peran humus hasil dekomposisi bahan organik tanah yang bersumber dari biomassa yang ditanam dalam tanah. Supriyadi (2003) menyatakan bahwa pemberian bahan organik yang telah mengalami dekomposisi memberikan kontribusi yang nyata pada KTK tanah karena bahan organik dapat meningkatkan daya jerap dan kapasitas pertukaran kation. Hal ini dapat terjadi karena pelapukan bahan organik akan menghasilkan humus (koloid organik) yang merupakan sumber muatan negatif tanah sehingga mempunyai permukaan yang dapat menahan unsur hara dan air. Dengan semakin menurunnya kandungan bahan organik tanah, humus

(koloid organik) sebagai sumber muatan negatif tanah juga semakin berkurang sehingga muatan positif (kation-kation) dalam tanah yang dapat dipertukarkan juga semakin rendah (Stevenson 1994).

Perlakuan faktor tunggal dosis CMA juga memberikan pengaruh pada peningkatan KTK tanah vertisol. Dosis 10 g dan 20 g CMA/tanaman nyata meningkatkan KTK tanah masing-masing 21,45 me 100 g tanah<sup>-1</sup> dan 27,32 me 100 g tanah<sup>-1</sup> dibanding tanpa CMA yang nilai KTK tanah rendah (14,69 me 100 g tanah<sup>-1</sup>).

**Serapan N jagung**

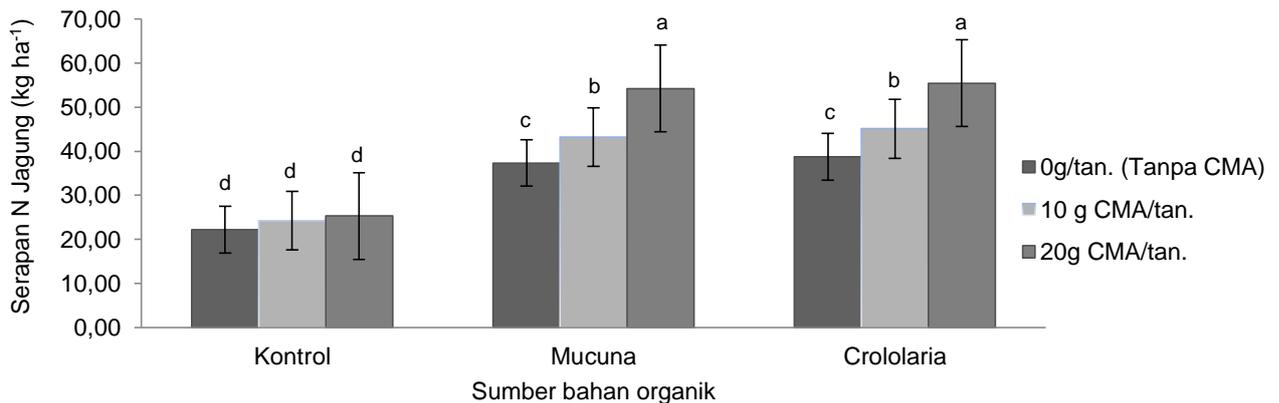
Hasil analisis ragam menunjukkan adanya interaksi (P<0,01) antara sumber bahan organik tanaman penutup tanah dan dosis CMA pada penyerapan hara N tanaman. Berdasarkan uji BNJ pada taraf 5%, menunjukkan perlakuan sumber bahan organik *Mucuna* dan *Crotolaria* yang dikombinasikan dengan dosis CMA 10 dan 20 g tanaman<sup>-1</sup> menghasilkan rata-rata serapan hara N tertinggi dan berbeda nyata dibandingkan dengan kombinasi perlakuan tanpa biomassa dan tanpa CMA (Gambar 1).

Pemanfaatan bahan organik biomassa *Mucuna* dan *Crotolaria* dikombinasikan dengan dengan dosis CMA 20 g

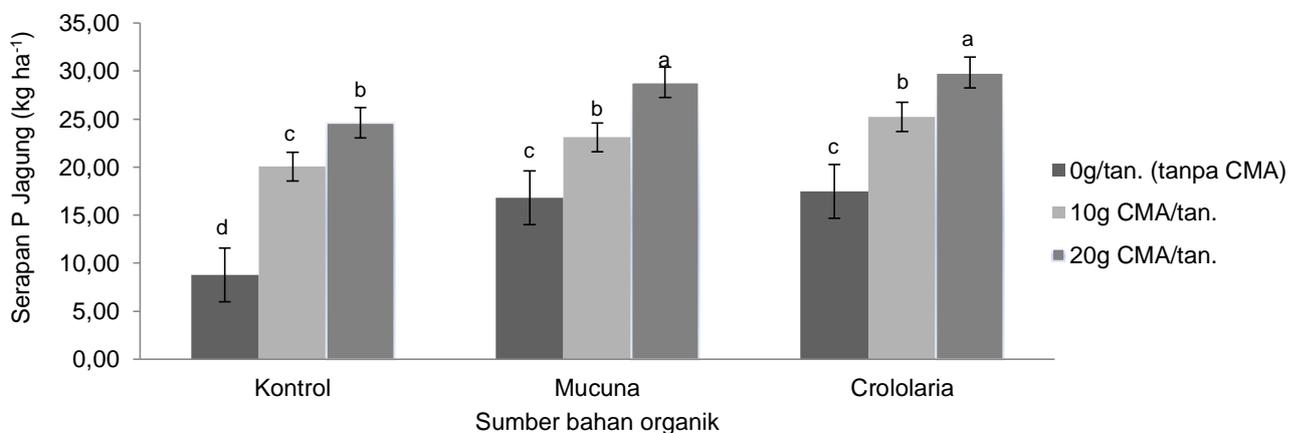
tanaman<sup>-1</sup>, meningkatkan serapan N jagung, masing-masing 54,26 kg N ha<sup>-1</sup> dan 55,45 kg N ha<sup>-1</sup>, yang lebih tinggi dan berbeda nyata dibandingkan dengan kombinasi perlakuan lainnya (Gambar 1). Peningkatan serapan N juga terlihat pada perlakuan yang sama pada dosis CMA 10 g tanaman<sup>-1</sup> (51,44 dan 52,72 kg N ha<sup>-1</sup>). Tren peningkatan serapan N ini menunjukkan adanya kontribusi nyata bahan organik *Mucuna* maupun *Crotolaria* yang telah melapuk yang diikuti dengan aplikasi dosis CMA yang tinggi mampu melepaskan dan menyediakan hara N bagi tanaman. Peningkatan serapan N disebabkan oleh kadar N yang tinggi dalam tanah yang disumbangkan oleh biomassa *Mucuna* dan *Crotolaria* yang telah melapuk, juga kemungkinan disebabkan oleh peran jamur mikorisa yang menginfeksi akar jagung sehingga merangsang dan memperluas bidang serapan dalam penyerapan hara tersedia, seperti hara N dan hara lainnya.

**Serapan P**

Hasil analisis BNJ (Gambar 2) menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antara perlakuan kombinasi jenis biomassa dan dosis CMA yang diaplikasikan pada pertanaman jagung.



Gambar 1 Rata-rata serapan hara N Jagung (kg ha<sup>-1</sup>) pada pengaruh sumber bahan organik tanaman penutup tanah dan dosis CMA.



Gambar 2 Rata-rata serapan hara P Jagung (kg ha<sup>-1</sup>) pada pengaruh sumber bahan organik tanaman penutup dan dosis CMA.

Aplikasi bahan organik *Mucuna* dan *Crotolaria* yang dikombinasikan dengan pemberian CMA dosis 20 g tanaman<sup>-1</sup>, nyata meningkatkan serapan P jagung, masing-masing 28,83 kg tanaman<sup>-1</sup> dan 29,85 kg tanaman<sup>-1</sup> dan berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan biomassa yang sama pada taraf dosis 10 g CMA kg tanaman<sup>-1</sup>, dengan serapan P jagung yang lebih rendah masing-masing sebesar 23,11 kg tanaman<sup>-1</sup> dan 25,23 kg tanaman<sup>-1</sup>. Perlakuan tanpa bahan organik dengan dosis CMA 20 g tanaman<sup>-1</sup> memperlihatkan adanya peningkatan serapan P yang tidak berbeda nyata dibandingkan dengan kombinasi perlakuan *Mucuna* dan *Crotolaria* pada dosis CMA 10 g tanaman<sup>-1</sup> dibandingkan dengan tanpa CMA pada perlakuan bahan organik, masing-masing 25,23, 23,11, dan 24,62 kg P tanaman<sup>-1</sup>, berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan tanpa CMA, yang serapan P hanya sebesar 8,78 kg tanaman<sup>-1</sup>.

Peningkatan serapan P tanaman terjadi karena adanya peningkatan jaringan hifa eksternal CMA yang menginfeksi akar tanaman yang akan memperluas bidang serapan akar terhadap air dan unsur hara. Di samping itu, ukuran hifa yang sangat halus pada bulu-bulu akar memungkinkan hifa dapat menyusup ke pori-pori tanah yang paling halus sehingga hifa menyerap air pada kondisi kadar air tanah yang sangat rendah (Kilham 1994). Serapan air yang lebih besar oleh tanaman bermikoriza juga akan membawa unsur hara seperti N, P, dan K sehingga serapan hara oleh tanaman akan meningkat. Utomo *et al.* (2017) melaporkan bahwa tanaman yang terinfeksi CMA mampu menyerap unsur P yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang tidak terinfeksi. Serapan P yang tinggi oleh tanaman yang terinfeksi CMA disebabkan oleh hifa CMA yang mengeluarkan enzim fosfatase sehingga P yang terikat di dalam tanah akan terlarut dan tersedia bagi tanaman. Menurut Musfal (2010) penggunaan CMA dapat membantu penyediaan hara, terutama fosfat bagi tanaman melalui kolonisasi akar tanpa menimbulkan nekrosis

**Infeksi CMA pada akar jagung**

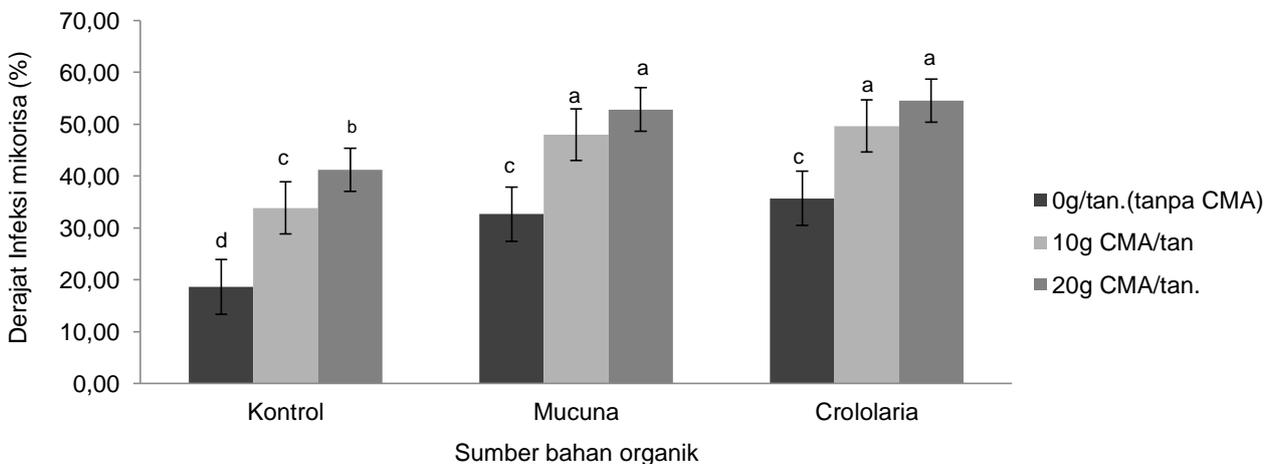
Gambar 3 memperlihatkan adanya pengaruh interaksi antara sumber bahan organik dengan dosis CMA pada derajat infeksi CMA pada akar tanaman jagung.

Perlakuan bahan organik *Mucuna* dan *Crotolaria* dengan dosis CMA 20 g tanaman<sup>-1</sup> memberikan derajat infeksi yang lebih besar (55,85% dan 56,56%) dan berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Perlakuan tanpa CMA pada sumber bahan organik yang berbeda memperlihatkan adanya infeksi CMA pada akar jagung, dan hal ini mengindikasikan bahwa terdapat CMA indigenous di lahan pertanian jagung sehingga dapat menginfeksi akar jagung.

Perlakuan bahan organik *Mucuna* dan *Crotolaria* dengan dosis CMA 20 dan 10 g tanaman<sup>-1</sup>, menunjukkan adanya infeksi akar yang lebih tinggi. Hal ini membuktikan bahwa CMA yang digunakan dapat tumbuh baik pada kondisi lahan percobaan. Farida dan Chozin (2015) menyatakan bahwa peningkatan dosis CMA akan meningkatkan infeksi akar. Semakin banyak akar yang terinfeksi maka semakin besar pula tingkat penyerapan hara, terutama pada tanah yang miskin unsur hara. Hasil yang sama dilaporkan oleh Utomo *et al.* (2017) bahwa tinggi rendahnya persentase infeksi CMA pada akar tanaman jagung dipengaruhi oleh banyaknya CMA dan pupuk yang diberikan

**Bobot Kering Tanaman**

Bobot kering tanaman mencerminkan pertumbuhan tanaman dan jumlah unsur hara yang terserap per satuan bobot biomassa yang dihasilkan. Semakin berat bobot kering tanaman yang dihasilkan, pertumbuhan tanaman semakin baik dan unsur hara yang terserap tanaman semakin banyak. Peningkatan dosis CMA juga meningkatkan bobot kering tanaman. Pada penelitian ini terjadi interaksi antara sumber bahan organik dan CMA yang diberikan dalam meningkatkan bobot kering tanaman. Adanya interaksi ini menunjukkan bahwa kedua faktor yang diuji saling berpengaruh.



Gambar 3 Rata-rata derajat infeksi akar jagung pada pengaruh sumber bahan organik legume penutup tanah dan dosis MCA.

Bobot kering tanaman jagung pada tanah vertisol meningkat sangat nyata dengan pemberian bahan organik *Mucuna* dan *Crotolaria* dan dosis CMA. Bobot kering jagung tertinggi (6,23 t ha<sup>-1</sup> dan 6,49 kg ha<sup>-1</sup>) diperoleh pada perlakuan bahan organik *Mucuna* dan *Crotolaria* pada dosis 20 g CMA tanaman<sup>-1</sup>, diikuti dengan perlakuan sumber bahan organik yang sama pada dosis 10 g CMA tanaman<sup>-1</sup>, masing-masing sebesar 5,71 t ha<sup>-1</sup> dan 5,85 t ha<sup>-1</sup>. Sebaliknya, perlakuan tanpa bahan organik dan tanpa CMA memberikan bobot kering terendah (2,96 t ha<sup>-1</sup>). Bobot kering tanaman yang rendah pada perlakuan tanpa bahan organik dan CMA dibandingkan perlakuan lainnya diduga karena walaupun tanaman telah menyerap hara P dan K yang cukup tersedia dalam tanah, ketersediaan unsur N dalam tanah menjadi faktor pembatas pertumbuhan tanaman.

**Hasil Jagung**

Gambar 4 menunjukkan terjadi interaksi antara sumber bahan organik dan dosis CMA yang diberikan pada bobot pipilan kering jagung. Adanya interaksi ini menunjukkan bahwa kedua faktor yang diuji saling berpengaruh.

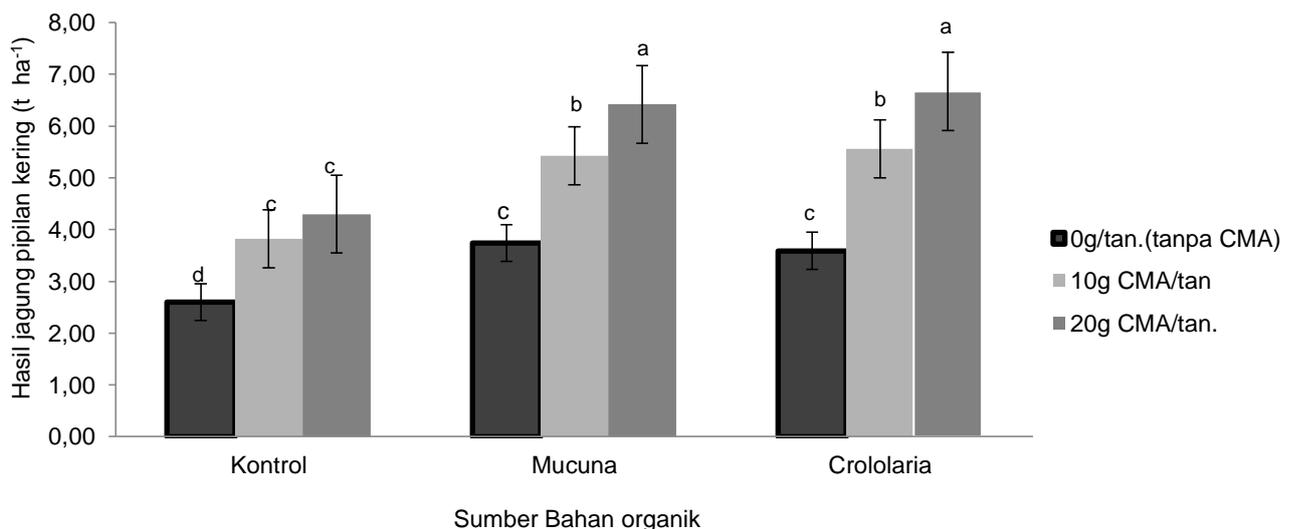
Hasil pipilan kering jagung pada tanah vertisol sangat nyata dipengaruhi oleh pemberian bahan organik *Mucuna* dan *Crotolaria* dengan aplikasi dosis CMA. Hasil pipilan kering tertinggi (6,42 t ha<sup>-1</sup> dan 6,67 t ha<sup>-1</sup>) diperoleh pada perlakuan bahan organik *Mucuna* dan *Crotolaria* pada dosis 20 g CMA tanaman<sup>-1</sup>, diikuti dengan perlakuan sumber bahan organik yang sama pada dosis 10 g CMA tanaman<sup>-1</sup>, masing-masing sebesar 5,43 t ha<sup>-1</sup> dan 5,56 t ha<sup>-1</sup>. Sebaliknya, perlakuan tanpa bahan organik dan CMA memberikan bobot kering terendah (2,60 t ha<sup>-1</sup>). Bobot kering

tanaman yang rendah pada perlakuan tanpa bahan organik dan CMA dibandingkan perlakuan lainnya diduga karena pengaruh karbon organik yang sangat minim dalam tanah.

Indriati *et al.* (2013) menyatakan bahwa peningkatan hasil pipilan kering jagung dengan penambahan CMA terjadi karena tanaman yang terinfeksi CMA melalui jaringan hifa eksternalnya mampu memperluas bidang serapan akar sehingga tanaman mendapatkan pasokan hara yang cukup untuk pertumbuhan dan peningkatan hasil. Peningkatan hasil pipilan kering tanaman jagung dengan pemberian CMA juga dilaporkan oleh Yusnaeni (2009); Utomo *et al.* (2017); Ainun *et al.* (2019).

**KESIMPULAN**

Penggunaan bahan organik dan dosis CMA secara mandiri terbukti paling efektif meningkatkan kualitas kimia vertisol, yang meliputi: pH, C-organik, N total, P tersedia, K dapat ditukar, dan KTK tanah. Aplikasi bahan organik *Mucuna* dan *Crotolaria* pada dosis CMA 20 g tanaman<sup>-1</sup> secara nyata meningkatkan serapan N jagung sebesar 53,26–54,45% dibandingkan dengan kontrol (54,25 kg N tanaman<sup>-1</sup> dan 55,45 kg N tanaman<sup>-1</sup>), serapan P jagung meningkat sebesar 27,83% dan 28,85% dibandingkan dengan kontrol (28,83 kg P tanaman<sup>-1</sup>, 29,85 kg P tanaman<sup>-1</sup>) dan meningkatkan hasil jagung pipilan kering masing-masing sebesar 146,92% dan 146,92% dibandingkan dengan kontrol (6,42 t ha<sup>-1</sup> dan 6,67 t ha<sup>-1</sup>) dibanding perlakuan lainnya.



Gambar 4 Rata-rata bobot pipilan kering jagung (t ha<sup>-1</sup>) pada pengaruh sumber bahan organik legume penutup tanah dan dosis MCA

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Politeknik Pertanian Negeri Kupang, yang telah mendanai Penelitian ini melalui skema Penelitian Terapan Kompetitif Tahun 2021.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah MH, Widiyastuti DA. 2022. Peningkatan Kualitas Kimia Tanah Sulfat Masam dengan Aplikasi Kombinasi Bahan Organik Lokal dan Limbah Agroindustri. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 27(1): 120–131. <https://doi.org/10.18343/jipi.27.1.120>
- Ainun SM, Safruddin, Syafrizal. 2019. Pengaruh Dosis Mikoriza dan Pupuk Phonska NPK 15-15-15 terhadap Pertumbuhan dan Produksi Jagung Manis (*Zea mays saccharata* Sturt). *BERNAS Agricultural Research Journal*. 15(2): 35–43. <https://doi.org/10.36985/rhizobia.v9i1.220>
- Basri AHH. Kajian Peranan Mikoriza dalam Bidang Pertanian. *Jurnal Agrica Ekstensia*. 12(2): 74–78
- Brundrett M, Bougher N, Dell B, Grove T, Malajczuk N. 1996. Working with Mycorrhiza in Forestry and Agriculture. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research.
- de la Cruz RE. 1991. Final Report of the Consultant on Mycorrhizal Program Development in the IUC Biotechnology Center. Pusat Antaruniversitas Institut Pertanian Bogor. Bogor (ID).
- Farida R, Chozin MA. 2015. Pengaruh Pemberian Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA) dan Dosis Pupuk Kandang Ayam terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Jagung (*Zea mays* L.). *Buletin Agrohorti*. 3(3): 323–329. <https://doi.org/10.29244/agrob.v3i3.15808>
- Hairani A, Susilawati A. 2013. Changes of soil chemical properties during rice straw decomposition in different types of acid sulphate soils. *Journal of Tropical Soil*. 18(2): 99–103. <https://doi.org/10.5400/jts.2013.18.2.99>
- Hasanudin. 2003. Peningkatan ketersediaan dan serapan N dan P serta hasil tanaman jagung melalui inokulasi mikoriza, azotobakter dan bahan organik pada Ultisol. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 5(2): 83–89
- Indriati, G., Liza Irda Ningsih, Rizki. 2013. Pengaruh Pemberian Fungi Mikoriza Multispora Terhadap Produksi Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung. Lampung (ID).
- Matheus R. 2014. Peran Legum penutup tanah tropis dalam meningkatkan simpanan karbon organik tanah dan Kualitas tanah serta Hasil jagung (*Zea maiz* L) di lahan kering. (Disertasi). Universitas Udayana. Denpasar (ID).
- Matheus R, Salli M, Kantur D, Moata M. 2017. Synchronization Between Available Nitrogen And Maize (*Zea Mays*) Need: Study On Different Application Time And Type Of Green Fertilizers. *International Journal of Agriculture and Bioreserch (IJAEB)*. 2(5): 260–171,
- Matheus R, Donatus K, Naema B. 2018. Innovation of The Fallow System With The Legume Cover Crop A Season For Improved Physical Properties Of Soil Degradated On Dryland Farming. *International Journal Of Scientific & Technology Research*. 7(7): 107–111
- Matheus R. 2019. Skenario Pengelolaan Sumber Daya Pertanian Lahan Kering: Menuju Pertaian Berkelanjutan. Penerbit Deepublish. Yogyakarta (ID).
- Musafa MK, Aini LQ, Prasetya B. 2017. Peran mikoriza arbuskula dan bakteri *Pseudomonas fluorescens* dalam meningkatkan serapan P dan pertumbuhan tanaman jagung pada andisol. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*. 2(2): 191–197
- Musfal. 2010. Potensi Cendawan Mikoriza Arbuskula Untuk Meningkatkan Hasil Tanaman Jagung. *Jurnal Litbang Pertanian*. 29(4): 154–158.
- Muzakkir. 2010. Keragaman dan Potensi Pemanfaatan Fungi Mikoriza Arbuskula Indigenus Bersama Pupuk Hijau Terhadap Tanaman Jarak Pagar. (Tesis) Fakultas Pertanian. Padang (ID): Universitas Andalas.
- Ningrum DP, Anton M, Titin S. 2013. Aplikasi Cendawan Mikoriza Arbuskular (Cma) Dan Bokhasi Dalam Meminimalisir Pemberian Pupuk Anorganik Pada Produksi Benih Tanaman Jagung Ketan (*Zea mays ceratina*). *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(5): 398–407
- Olson KR, Ebelhar S, Lang A, James M. 2010. . Cover crop effects on crop yields and soil organic carbon content. *Soil Science*. 175: 89–98. <https://doi.org/10.1097/SS.0b013e3181cf7959>
- Palm CA, Sanchez PA. 1991. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as effected by their lignin and polyphenolic contents. *Journal of Biology and Biochemistry*. 23: 83–88. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(91\)90166-H](https://doi.org/10.1016/0038-0717(91)90166-H)
- Prasetyo BH. 2007. Perbedaan Sifat-Sifat Tanah Vertisol Dari Berbagai Bahan Induk. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*. 9(1): 20–31. <https://doi.org/10.31186/jipi.9.1.20-31>
- Rachman A, Dahria A, Santoso J. 2006. Pupuk Hijau. p.41–58. Dalam: R.D.M. Simanungkalit, D.A.

- Suriadikarta, R. Saraswati, D. Setyorini dan W. Hartatik (eds.). *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor. Bogor (ID).
- Riyanti R, Heni P, Sugiyanta. 2015. Pengaruh Aplikasi Pupuk Organik Dan Pupuk Hayati Serta Reduksi Pupuk NPK terhadap Ketersediaan Hara dan Populasi Mikroba Tanah Pada Tanaman Padi Sawah Musim Tanam Kedua di Karawang, Jawa Barat. *Buletin Agrohorti*. 3(3): 330–339. <https://doi.org/10.29244/agrob.v3i3.15810>
- Roslani Y, Hilman, dan N. Sumarni. 2009. Pemanfaatan Mikoeiza, Bahan organik dan Fosfat Alam terhadap Hasil, serapan hara tanaman mentimun dan Sifat Kimia pada tanah Masam Ultisol. *Jurnal Hortikultura*. Vol 19(1): 66–74
- Silitonga SW, Nasution MNH. 2020. Efektivitas Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA) terhadap Pertumbuhan dan Produksi Jagung Putih (*Zea mays L.*). *Jurnal Ilmu Pertanian*. 23(1): 36–40. DOI:<https://doi.org/10.30596/agrium.v21i3.2456>
- Simanungkalit, Suriadikarta DA. 2006. Pupuk organik dan pupuk hayati (organic fertilizer and biofertilizer editor). Di dalam: Simanungkalit, R.D.M., Suriadikarta, D. A., Saraswati, R., Setyorini, D., Hartatik, W., editors. Peranan Pupuk Organik dan Pupuk Hayati dalam Keberlanjutan Produksi dan Kelestarian Lingkungan. Jawa Barat (ID): Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. hlm 10–14.
- Sudadi YN, Hidayati, Sumani. 2007. Ketersediaan K dan Hasi Kedelai (*Glycine max L. Merril*) Pada Tanah Vertisol Yang Diberi Mulsa dan PupukKandang. *Jurnal Carak Tani*. 22(2): 27–31. <https://doi.org/10.20961/carakatani.v22i2.20554>
- Sulaeman, Suparto, Eviati. 2005. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. Balai Penelitian Tanah. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian R.I. 136p.
- Supriyadi. 2003. Studi Penggunaan Biomassa *Tithonia diversifolia* dan *Tephrosia candida* untuk Perbaikan P dan Hasil Jagung (*Zea mays*) di Andisol. (Disertasi). Program Pascasarjana Universitas Brawijaya. Malang (ID).
- Steenwerth K, Belina RJ. 2008. Cover crops enhance soil organic matter, carbon dynamics and microbiological function in a vineyard agroecosystem. *Journal Applied Soil Ecology*. 40: 359–369. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2008.06.006>
- Stevenson FJ. 1994. *Humus Chemistry, Genesis, Composition, Reaction*. Second Ed. New York (US): John Wiley & Sons. Inc. 496p.
- Tisdale SL, Nelson WL, Beaton JD. 1985. Soil and Fertilizer Potassium. Ch. 7. p.249-291. In: S.L. Tisdale, W.L. Nelson, and J.D. Beaton (eds.). *Soil Fertility and Fertilizers*, 4th ed. New York (US): Macmillan.
- Tombe M. 2008. Teknologi Aplikasi Mikroba pada Tanaman. [internet] Tersedia pada: <http://www.google/sekilas-pupuk-hayati.html>. [diakses tanggal 12 Maret 2022].
- Utomo W, Murti A, Yulia ES. 2017. Pengaruh Mikoriza dan Jarak Tanam terhadap Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea mays var. saccharata* Sturt). *Jurnal Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika*. 2(1): 28–33.
- Yusnaini S. 2009. Keberadaan mikoriza vesikular arbuskular pada pertanaman jagung yang diberi pupuk organik dan anorganik jangka panjang. *Jurnal Tanah Tropis*. 14(3): 253–256.