



**Respon Morfologi dan Fisiologi Tanaman Gandum
(*Triticum aestivum* L.) Yang Diberi Pupuk Kotoran Ayam
dan Mikoriza**

***Morphological And Physiological Responses Of Wheat
(Triticum aestivum L.) Plants Given Chicken Manure
and Mycorrhizal***

**Siti M.G. Panjaitan^{1*}, Sukmarayu P. Gedoan², Utari Satiman²,
Mercy M.F. Rampengan², dan Marthy L.S. Taulu²**

¹Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Negeri Manado

²Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Negeri Manado

Kampus Unima di Tondano, Sulawesi Utara 95618, Indonesia

*Korespondensi. e-mail: Panjaitansiti01@gmail.com

Diterima 29 April 2022/Disetujui 29 Mei 2022

ABSTRAK

Budidaya gandum yang membutuhkan tanah dengan tersedianya nutrisi yang berasal dari pupuk anorganik, organik, atau hayati agar dapat tumbuh optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji respon morfologi dan fisiologis tanaman gandum (*Triticum aestivum* L.) yang diberi pupuk kandang ayam dan pupuk mikoriza pada berbagai dosis. Penelitian menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 faktor dan 3 ulangan. Faktor pertama kotoran ayam adalah 0 (tanpa kotoran ayam), 49 gram/polybag, 98 gram/polybag. Faktor kedua pupuk mikoriza adalah 0 (tanpa mikoriza), 20 gram/polybag, 30 gram/polybag. Data penelitian dianalisis menggunakan Anova dan dilanjutkan dengan uji beda nyata jujur (BNJ) pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa respon morfologi dan fisiologi yang tertinggi didapat melalui interaksi antara pupuk kandang ayam 98 gram/polybag dengan pupuk mikoriza 30 gram/polybag pada karakter tinggi tanaman, jumlah daun, anakan, jumlah malai, berat kering tanaman, dan kadar klorofil total.

Kata kunci: Gandum, pupuk kotoran ayam, mikoriza

ABSTRACT

*Wheat cultivation requires soil with available nutrients from inorganic, organic or biological fertilizers in order to grow optimally. This study aimed to examine the morphological and physiological responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) plants given chicken manure and mycorrhizal fertilizers at various doses. The study used a completely randomized design (CRD) method with 2 factors and 3 replications. The first factor of chicken manure is 0 (without chicken manure), 49 grams/polybag, 98*

grams/polybag. The second factor of mycorrhizal fertilizer is 0 (without mycorrhizal), 20 grams/polybag, 30 grams/polybag. The research data were analyzed using Anova and continued with the honest real difference test (BNJ) at the 5% level. The results showed that the highest morphological and physiological responses were obtained through the interaction between chicken manure 98 grams/polybag and mycorrhizal fertilizer 30 grams/polybag on plant height, number of leaves, tillers, panicle number, plant dry weight, and total chlorophyll content.

Keywords: *Wheat, chicken manure, mycorrhizal*

PENDAHULUAN

Tanaman gandum (*Triticum aestivum* L.) adalah tumbuhan sereal yang memiliki kandungan gluten yang tinggi. Pada setiap biji gandum mengandung 60-80% karbohidrat, 16-17% protein, 1,5-2,0% lemak, 1,5-2,0% mineral dan sejumlah vitamin (Simanjuntak 2002), dengan komponen utama biji gandum yaitu sebagai makanan pokok dalam pembuatan tepung terigu. Kebutuhan tepung terigu di Indonesia masih lewat impor dan terus menerus kebutuhannya meningkat sehingga diperlukan suatu usaha budidaya tanaman gandum untuk mengatasi impor yang berlebihan. Di Indonesia gandum telah ditanam di beberapa provinsi, antara lain Sumatera Barat (Sukarami), Jawa Tengah (Salatiga), Jawa Timur (Tosari) dan Sulawesi Selatan (Malino) (Nevo *et al.* 2002). Budidaya gandum membutuhkan tanah dengan tersedianya unsur hara tanah, tidak ada zat yang beracun, kelembapan rata-rata 80-90%, suhu tanah 12-28°C, aerasi pada tanah baik, dan pH tanah 6,8-7,5.

Pada budidaya tanaman gandum dalam keadaan nutrisi tanah tidak mencukupi tanaman gandum sehingga petani memberi pemupukan menggunakan pupuk kimia (anorganik), berlangsung secara terus menerus dengan volume jumlah yang semakin banyak sehingga mengakibatkan terjadinya ketidakseimbangan unsur hara yang ada di dalam tanah, dan menurunkan produktivitas tanah pertanian akibat struktur tanah yang rusak (Sudarmin 2011). Untuk menjaga keseimbangan unsur hara dan meningkatkan kesuburan pada tanah akibat ketidakseimbangan pemberian bahan anorganik berupa pupuk sintetik dengan bahan organik, diperlukan pemberian pupuk kotoran ayam dan pupuk mikoriza. Secara umum untuk meningkatkan kesuburan tanah dalam sistem pertanian terpadu, diberikan pupuk organik 5-20 ton/ha, pupuk organik cair, pupuk hayati seperti cendawan mikoriza arbuskular (Nasution & Harahap 2020).

Pupuk kotoran ayam dapat menjaga kesuburan tanah, memenuhi unsur hara mikro dan makro untuk tanaman. Pupuk kotoran ayam dapat memperbaiki keadaan tanah dan meningkatkan produksi tanaman persis seperti menggunakan pupuk anorganik (Yusnaini 2009). Selain pupuk organik, terdapat pupuk hayati berupa mikoriza adalah suatu simbiosis akar tanaman dengan jamur, di sini jamur yang berfungsi untuk membantu akar memperbaiki agregat tanah, meningkatkan serapan fosfor dan unsur hara lain, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan. Tumbuhan yang diberi pupuk mikoriza dapat menyerap lebih banyak fosfor daripada yang tidak diberi (Halis *et al.* 2008). Mikoriza dapat menambah ketahanan tanaman meranti merah pada rehabilitasi lahan hutan di Kalimantan Timur, karena pupuk ini dapat memperbaiki keadaan lingkungan (Omon 2008). Penggunaan pupuk kotoran ayam dan pupuk mikoriza dapat membantu para petani mengurangi penggunaan pupuk kimia (anorganik) yang harganya terus menerus meningkat dan sulit diperoleh. Pemberian pupuk kotoran ayam pada tanaman dapat diaplikasikan bersama pupuk mikoriza, karena pupuk mikoriza dapat meningkatkan produksi tumbuhan pada

lingkungan cekaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon dari tanaman gandum yang diberi pupuk kotoran ayam dan mikoriza.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2021 sampai dengan Januari 2022 di green house, Jurusan Biologi, FMIPA Universitas Negeri Manado dan untuk mengukur berat kering tanaman gandum dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Manado.

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut: biji gandum, tanah, pupuk kotoran ayam, pupuk mikoriza arbuskula (MA) sedangkan alat yang digunakan adalah: polybag, kubus *rockwool*, kotak persemaian, klorofil meter SPAD (*Soil Plant Analysis Development*), mistar, alat tulis, kertas label, timbangan, dan teko ukuran.

Metode Penelitian

Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dalam faktorial, sebagai faktor pertama adalah pupuk kotoran ayam yang terdiri atas tiga taraf: 0 g/polybag (KA₀), 49 g/polybag atau 10 ton/ha (KA₁), dan 98 g/polybag atau 20 ton/ha (KA₂) sedangkan faktor yang kedua adalah mikoriza yang terdiri atas tiga taraf: 0 g/polybag (M₀), 20 g/polybag (M₁), dan 30 g/polybag (M₂). Setiap perlakuan diulang tiga kali dengan empat tanaman dalam setiap unit percobaan sehingga terdapat 108 polybag.

Prosedur Penelitian

a. Persiapan media tanam

Kegiatan awal yaitu persiapan media tanam. Bersihkan terlebih dahulu tanah dari berbagai akar, daun dan kotoran lainnya sebelum dimasukkan ke polybag. Lalu tanah digemburi, dan dimasukkan ke polybag yang berukuran 25 cm x 25 cm dengan berat tanah sekitar 3 kg. Setiap polybag diberi label nama perlakuan dan diatur sesuai dengan hasil tata pengacakan dengan menggunakan microsof excel dan jarak antar polybag 10 cm.

b. Persemaian benih

Persemaian benih dilakukan pada kubus *rockwool* dan kotak persemaian yaitu *pot tray* yang ukurannya 3 cm x 3cm yang terbuat dari plastik. Kubus *rockwool* direndam air terlebih dahulu. Kemudian setiap satu kubus *rockwool* diberi satu biji gandum. Benih disiram setiap hari, setelah beberapa hari akan muncul kecambah. Setelah kecambah mencapai 10 hingga 15 cm, sudah dapat dipindah ke polybag yang sudah diisi tanah.

c. Penanaman

Penanaman dilakukan pada pagi hari dengan menanam benih gandum pada polybag 1 biji/ polybag dengan kedalaman tanah kurang lebih 5 cm lalu di tutup dengan tanah sampai kubus *rockwool* tertutup atau tidak kelihatan.

d. Penyiraman

Penyiraman pertama dilaksanakan waktu tanaman belum dipindahkan tujuannya untuk memudahkan saat penanaman. Penyiraman ke-2 dan ke-3 dilaksanakan waktu tanaman gandum sudah berumur 4 hari setelah tanam, 7 hari setelah tanam dan selanjutnya penyiraman dilakukan 2 kali seminggu.

e. Penyulaman

Pada penyulaman tanaman dilaksanakan saat tanaman sudah berumur tujuh hari

setelah tanam, jika terdapat benih tanaman yang tak normal dan pertumbuhannya tidak bagus dapat mencabut dan menggantinya dengan bibit yang baru dan bagus.

f. Penyiangan

Kegiatan penyiangan dilaksanakan untuk mencegah adanya persaingan antar tanaman dan gulma baik unsur hara, air maupun cahaya matahari. Penyiangan dengan mencabut gulma menggunakan tangan.

g. Pengukuran Kadar Klorofil Total

Langkah awal dalam pengujian klorofil yaitu dengan menyalakan terlebih dahulu alat klorofilometer dengan mengarahkan tombol on pada alat. Dilayar akan muncul kalibrasi kemudian tekan kepala bawah alat. Alat akan berbunyi setelah kalibrasi selesai dan muncul N=O. Kemudian tempelkan daun gandum ke dalam slot kepala klorofil meter lalu tekan kepala alat sampai bunyi dan dilayar muncul jumlah hasil klorofil pada daun.

h. Analisis Data

Data penelitian dianalisis menggunakan Anova dan dilanjutkan dengan uji beda nyata jujur (BNJ) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman gandum menunjukkan perbedaan nyata pada setiap perlakuan. Tanaman tertinggi ditunjukkan pada kombinasi perlakuan pupuk kotoran ayam 98 g dengan mikoriza 30 g dengan tinggi tanaman 46,60 cm (Tabel 1). Hasil penelitian Santosa *et al.* 2013 dengan memberikan mikoriza 10 g/polybag dapat menanbah tinggi tanaman bibit jati putih, bobot basah bibit tanaman, dan bobot kering bibit tanaman jati putih. Pupuk kandang dari kotoran ayam juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui karakter tinggi tanaman (Gustiana 2017). Bibit tertinggi yaitu 157,89 cm, bobot basah terberat yaitu 333,42 g, dan bobot kering terberat yaitu 86,37 g. Unsur hara seperti nitrogen dapat mempengaruhi tinggi tanaman, jika nitrogen terpenuhi, maka pertumbuhan vegetatif tanaman akan baik.

Tabel 1 Jumlah tinggi gandum yang diberi pupuk kotoran ayam dan mikoriza (cm)

Kotoran Ayam	Mikoriza		
	M ₀	M ₁	M ₂
KA ₀	37,25a	38,97b	39,44c
KA ₁	41,16c	42,49d	43,16e
KA ₂	43,71f	45,45g	46,60h

Keterangan : Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ taraf 5%.

Jumlah Daun (Helai)

Pada pemberian tanpa pupuk kotoran ayam dan tanpa mikoriza, mikoriza 20 g dan pupuk mikoriza 30 g menunjukkan tidak berbeda nyata pada setiap perlakuan dan pada perlakuan yang lain menunjukkan perbedaan yang nyata. Jumlah helai daun terbanyak ditunjukkan pada perlakuan pupuk kotoran ayam 98 g dan mikoriza 30 g dengan jumlah daun tanaman 6,58 (Tabel 2). Aplikasi pupuk kandang 10 ton ha⁻¹ + CMA 10 g memberikan penambahan jumlah daun yang banyak (Sari *et al.* 2015). Penambahan jumlah daun ini disebabkan karena ketersediaan unsur hara dan pupuk

mikoriza yang meningkatkan tanaman dalam penyerapan unsur hara. Di dalam pupuk kandang terkandung unsur hara N yang berguna dalam pertumbuhan dan perkembangan daun menjadi segar dan mengandung banyak klorofil dan menambah kandungan hara tanah (Dewanto 2013).

Tabel 2 Jumlah daun yang diberi pupuk kotoran ayam dan mikoriza (helai)

Kotoran Ayam	Mikoriza		
	M ₀	M ₁	M ₂
KA ₀	5,64a	5,57a	5,43a
KA ₁	6,01c	5,76b	5,91b
KA ₂	5,62a	6,32d	6,58e

Keterangan : Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ taraf 5%.

Jumlah Anakan Total per Rumpun Tanaman Gandum

Pada pemberian tanpa pupuk kotoran ayam dan tanpa mikoriza, mikoriza 20 g dan mikoriza 30 g menunjukkan tidak berbeda nyata pada setiap perlakuan dan pada perlakuan yang lain menunjukkan perbedaan yang nyata. Tanaman tertinggi ditunjukkan pada perlakuan KA₁M₁ dan KA₂M₁ yaitu dengan jumlah anakan 7,44 (Tabel 3). Kebutuhan tanaman gandum akan unsur hara dapat terpenuhi setelah diberikannya pupuk kandang dengan dosis 400 g/polybag yang ditandai dengan peningkatan jumlah anakan dan jumlah daun secara nyata (Bowo & Hardiatmi 2019). Pupuk kotoran ayam dapat menambah jumlah anakan tanaman lebih banyak karena memiliki kandungan nitrogen yang tinggi yaitu 1,5 % daripada kotoran kambing sebesar 0,7 % dan kotoran sapi sebesar 0,3 % (Patola & Ariyantoro 2015). Hal ini disebabkan jumlah unsur nitrogen yang cukup tinggi sehingga terjadi peningkatan jumlah anakan yang cukup nyata.

Tabel 3 Jumlah anakan yang diberi pupuk kotoran ayam dan mikoriza

Kotoran ayam	Mikoriza		
	M ₀	M ₁	M ₂
KA ₀	4,44a	4,44a	4,44a
KA ₁	6,44c	7,44d	5,44b
KA ₂	5,44b	7,44d	4,44a

Keterangan : Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ taraf 5%.

Jumlah Malai Tanaman

Tabel 4 Jumlah malai yang diberi pupuk kotoran ayam dan mikoriza

Kotoran ayam	Mikoriza		
	M ₀	M ₁	M ₂
KA ₀	10,07a	11,07a	11,07a
KA ₁	11,07a	12,07a	11,07a
KA ₂	13,07a	12,40a	13,07a

Keterangan : Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ taraf 5%.

Jumlah malai tanaman gandum menunjukkan tidak berbeda nyata pada setiap

perlakuan. Tanaman tertinggi ditunjukkan pada perlakuan perlakuan KA₂M₁ dan KA₂M₂ yaitu dengan jumlah malai 13,07 (Tabel 4). Barus (2012) bahwa pada penelitiannya yaitu dengan memberikan pupuk kandang pada tanaman dapat menambah jumlah anakan tanaman yaitu jumlah malai dan gabah serta meningkatkan jumlah produksi padi gogo.

Berat Kering Total Tanaman

Berat kering total tanaman gandum menunjukkan berbeda nyata hanya pada perlakuan KA₂M₂ yaitu pada pemberian pupuk kotoran ayam 98 gram dan pupuk mikoriza 30 gram dengan jumlah berat basah 4,01 gram (Tabel 5). Aplikasi pupuk kandang 10 ton ha per hektar + mikoriza 10 gram menghasilkan bobot kering tanaman lebih tinggi dibandingkan tanpa memberi pupuk kandang dan mikoriza (Sari 2015). Pemberian banyak bahan organik seperti pupuk kandang ke dalam tanah akan menyebabkan pertumbuhan tanaman akan semakin optimal yang disebabkan makin banyak nutrisi yang tersedia bagi tanaman, selain itu cendawan mikoriza yang dapat membantu akar tanaman untuk menyerap nutrisi dan air untuk pertumbuhan tanaman gandum. Pupuk organik dan mikoriza dapat menambah berat kering jagung, sehingga hasil panen lebih besar dan terbukti dengan menambahkan pupuk organik dan mikoriza arbuskular (Farida & Chozin 2015).

Tabel 5 Berat kering tanaman yang diberi pupuk kotoran ayam dan mikoriza (g)

Kotoran ayam	Mikoriza		
	M ₀	M ₁	M ₂
KA ₀	2,21a	2,34a	2,31a
KA ₁	2,97a	2,81a	2,97a
KA ₂	2,67a	2,84a	4,01b

Keterangan : Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ taraf 5%.

Kadar Klorofil Tanaman

Tabel 6 Kadar klorofil tanaman yang diberi pupuk kotoran ayam dan mikoriza

Kotoran ayam	Mikoriza		
	M ₀	M ₁	M ₂
KA ₀	23,20a	23,76a	25,42b
KA ₁	26,01b	28,15c	28,98d
KA ₂	29,53d	29,83d	30,32d

Keterangan : Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ taraf 5%.

Kadar klorofil tanaman gandum pada pemberian kotoran ayam 98 g dengan kombinasi perlakuan tanpa mikoriza, mikoriza 20 g dan mikoriza 30 g dan kombinasi perlakuan 49 g /polybag dengan mikoriza 30 g tidak berbeda nyata (Tabel 6). Kadar klorofil tertinggi ditunjukkan pada perlakuan KA₂M₂ yaitu pupuk kotoran ayam 98 gram dan mikoriza 30 gram dengan jumlah daun tanaman 30,32. Dewanto (2013) mengungkapkan bahwa di dalam pupuk kandang terkandung unsur hara N yang berguna dalam pertumbuhan dan perkembangan daun menjadi segar dan mengandung banyak klorofil dan menambah kandungan hara tanah. Semakin lebar luas daun maka semakin banyak klorofil yang dihasilkan yang dapat meningkatkan proses fotosintesis

sehingga menambah hasil produksi tanaman jagung. Alloway (2008), bahwa unsur Zn dapat membantu dalam proses berfotosintesis tanaman. Pada pemberian bahan organik sebanyak 20 ton/ha dan pupuk ZnSO₄ sebanyak 25 kg/ha membuat kandungan klorofil pada tanaman menjadi meningkat.

KESIMPULAN

Respon morfologi dan fisiologi yang terbaik didapat dari pemberian dosis pupuk kotoran ayam 98 gram dan mikoriza 30 gram pada karakter tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah anakan, jumlah malai, berat kering tanaman, dan kadar klorofil total.

DAFTAR PUSTAKA

- Alloway BJ. 2008. *Zinc in Soils and Crop Nutrition*. Second Edition. Brussel: International Zinc Association.
- Barus J. 2012. Pengaruh aplikasi pupuk kandang dan sistim tanam terhadap hasil varietas unggul padi gogo pada lahan kering masam di Lampung. *Jurnal Lahan Suboptimal* 1(1): 102-106.
- Bowo PA, Sumarmi, Hardiatmi S. 2019. *Penerapan macam dan dosis pupuk organik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman gandum (Triticum aestivum L.)*. *Innofarm: Jurnal Inovasi Pertanian* 21(1):1-6.
- Dewanto F. 2013. Pengaruh pemupukan anorganik dan organik terhadap produksi tanaman jagung sebagai sumber pakan. *Jurnal ZooteK* 32(5):1-8.
- 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.
- Gustiana V. 2017. Pengaruh pemberian arang sekam dan pupuk kandang ayam terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman gandum (*Triticum aestivum L.*) di Alahan Panjang kabupaten Solok. [tesis]. Padang: Program Pascasarjana, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas.
- Halis, Murni P, Fitria AB. 2008. Pengaruh jenis dan dosis cendawan mikoriza arbuskular terhadap pertumbuhan cabai (*Capsicum annum L.*) pada tanah ultisol. *Jurnal Biospecies* 1(2): 59-62.
- Nasution MNH, Harahap RA 2020. Analisis tanah untuk rekomendasi pemupukan pada budidaya gandum (*Triticum aestivum L.*) di Kota Padangsidimpuan Sumatera Utara. *Agrohita Jurnal* 5(2):227-231.
- Nevo E, Korol AB, Beiles A, Fahima T. 2002. *Evolution of wild emmer and wheat improvement: population genetics, genetic resources, and genome organization of wheat's progenitor, Triticum dicoccoides*. Berlin: Springer.
- Omon RM 2007. Pengaruh dosis tablet mikoriza terhadap pertumbuhan dua jenis meranti merah asal benih dan stek di HPH PT. ITCIKU, Balikpapan, Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Dipterokarpa* 1(1):55-63.
- Patola E, Ariyantoro H. 2015. Uji pemberian pupuk hayati biotamax dan macam pupuk kandang terhadap pertumbuhan dan hasil gandum (*Triticum aestivum L.*). *Joglo* 28(1):10-18.
- Santosa AC, Harwati T, Siswadi. 2013. Pengaruh pemberian mikoriza arbuskula dan pupuk organik terhadap pertumbuhan bibit jati putih. *Innofarm: Jurnal Inovasi Pertanian* 12(2), 53-66.
- Sari AD, Hariyono D, Sumarni T. 2015. Pengaruh pupuk kandang dan cendawan mikoriza arbuskula (CMA) pada pertumbuhan dan hasil tanaman jagung (*Zea mays L.*). *Jurnal Produksi Tanaman*, 3(6):450-456.

- Simanjuntak BH. 2002. Prospek Pengembangan Gandum (*Triticum aestivum* L.) di Indonesia. Seminar Nasional Pengembangan Gandum. Direktorat Serelia Direktorat Jenderal Bina Produksi Tanaman Pangan Departemen Pertanian, di Tosari, Pasuruan, Jawa Timur pada 3-5 September 2002.
- Sudarmin. 2011. Pertumbuhan dan perkembangan tanaman gandum (*Triticum eastivum* L.) dan taraf pemupukan nitrogen yang berbeda. [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Yusnaini S. 2009. Keberadaan mikoriza vesikular arbuskular pada pertanaman jagung yang diberi pupuk organik dan anorganik jangka panjang. *J. Tanah Trop.* 14(3): 253-260.