

## PERILAKU PERTUKARAN AMONIUM PADA TANAH ULTISOL DAN NITROGEN TERPANEN PADA TANAMAN JAGUNG AKIBAT PERLAKUAN OLAH TANAH DAN PEMUPUKAN PADA MUSIM TANAM KE-9

### EXCHANGE BEHAVIOR OF AMMONIUM IN SOIL ULTISOL AND HARVESTED NITROGEN IN CORN PLANTATION DUE TO TILLING AND FERTILIZING TREATMENT IN THE 9TH PLANTING SEASON

Azzah Alfia, Septi Nurul Aini\*, Nur Afni Afrianti, Supriatin, Astriana Rahmi Setiawati, dan Jamal Lumbranraja

Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia

\* Corresponding Author. E-mail address: [septi.nurulaini@gmail.com](mailto:septi.nurulaini@gmail.com)

#### ARTICLE HISTORY:

Received: 15 January 2025  
Peer Review: 22 February 2025  
Accepted: 19 October 2025

#### KATA KUNCI:

Nitrogen, pemupukan, Q/I amonium, sistem olah tanah, ultisol

#### KEYWORDS:

Fertilization, nitrogen, Q/I ammonium, tillage system, ultisol

#### ABSTRAK

Kadar nitrogen yang rendah pada tanah dengan tingkat kesuburan yang rendah seperti tanah Ultisol, menyebabkan penurunan produksi tanaman jagung. Upaya yang dapat diterapkan untuk memperbaiki kualitas tanah Ultisol yaitu dengan pengolahan tanah dan pemupukan yang tepat. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh perlakuan olah tanah dan pemupukan dalam meningkatkan parameter Q/I amonium ( $PBC_{NH_4^+}$ ,  $CR_{NH_4^0}$ ,  $\Delta NH_4^0$  dan  $K_G$ ) dan nitrogen terpanen pada pertanaman jagung akibat perlakuan olah tanah dan pemupukan. Metode penelitian yang digunakan yaitu Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial ( $2 \times 2$ ) dengan 4 kelompok. Faktor pertama adalah perlakuan sistem olah tanah (T) yaitu T1 = olah tanah minimum, dan T2 = olah tanah intensif. Faktor kedua dalam penelitian ini adalah pemupukan (P) yaitu P0 = pemupukan setengah dan P1 = pemupukan penuh. Hasil menunjukkan bahwa perlakuan olah tanah intensif dan pemupukan setengah meningkatkan parameter Q/I amonium ( $PBC_{NH_4^+}$ ). Perlakuan pemupukan penuh berpengaruh meningkatkan ( $CR_{NH_4^0}$ ). Perlakuan olah tanah intensif dan pemupukan penuh meningkatkan ( $\Delta NH_4^0$ ). Perlakuan olah tanah intensif dan pemupukan setengah meningkatkan ( $K_G$ ). Interaksi antara perlakuan olah tanah minimum dan pemupukan penuh berpengaruh terhadap parameter Q/I amonium. Parameter Q/I ( $CR_{NH_4^0}$ , KTK) berkorelasi nyata positif terhadap N terpanen tanaman jagung. Parameter Q/I ( $PBC_{NH_4^+}$  dan  $K_G$ ) berkorelasi nyata negatif terhadap N terpanen tanaman jagung.

#### ABSTRACT

Low nitrogen levels in soils with low fertility levels such as Ultisol soils, cause a decrease in corn crop production. Efforts that can be applied to improve the quality of Ultisol soil are through proper soil processing and fertilization. The purpose of this study was to determine the effect of soil processing and fertilization treatments in increasing the Q/I parameters of ammonium ( $PBC_{NH_4^+}$ ,  $CR_{NH_4^0}$ ,  $\Delta NH_4^0$  and  $K_G$ ) and harvested nitrogen in corn crops due to soil processing and fertilization treatments. The research method used was a Randomized Block Design (RAK) arranged factorially ( $2 \times 2$ ) with 4 groups. The first factor was the soil processing system treatment (T), namely T1 = minimum soil processing, and T2 = intensive soil processing. The second factor in this study was fertilization (P), namely P0 = half fertilization and P1 = full fertilization. The results showed that intensive tillage and half fertilization treatments increased the Q/I parameter of ammonium ( $PBC_{NH_4^+}$ ). Full fertilization treatment had an effect on increasing ( $CR_{NH_4^0}$ ). Intensive tillage and full fertilization treatments increased ( $\Delta NH_4^0$ ). Intensive tillage and half fertilization treatments increased ( $K_G$ ). The interaction between minimum tillage and full fertilization treatments affected the Q/I parameter of ammonium. The Q/I parameters ( $CR_{NH_4^0}$ , CEC) had a significant positive correlation with the harvested N of corn plants. The Q/I parameters ( $PBC_{NH_4^+}$  and  $K_G$ ) had a significant negative correlation with the harvested N of corn plants.

## 1. PENDAHULUAN

Produksi jagung yang rendah disebabkan jagung banyak ditanam di tanah kesuburan yang rendah, salah satunya tanah Ultisol. Tanah ini memiliki berbagai permasalahan yaitu tanah yang masam, ketersediaan nutrisi makro (N,P,K) rendah (Fitriatin *et al.*, 2014), akibat pencucian, fiksasi oleh mineral tanah, dan rendahnya bahan organik (Achieng *et al.*, 2010; Mustaqim, *et al.*, 2023; Widowati *et al.*, 2021). Penggunaan tanah Ultisol dengan rendahnya kadar bahan organik dan pH dapat mengakibatkan rendahnya kapasitas penyangga (buffer) terhadap unsur hara nitrogen, khususnya dalam bentuk amonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Pada kondisi tanah masam, nitrogen lebih banyak tersedia dalam bentuk  $\text{NH}_4^+$  dibandingkan nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), sehingga diperlukan upaya untuk meningkatkan kapasitas penyangga terhadap  $\text{NH}_4^+$  (Lumbanraja *et al.*, 2019).

Beberapa cara yang dapat diterapkan untuk memperbaiki kualitas tanah Ultisol yaitu dengan cara pengolahan tanah yang tepat. Beberapa olah tanah yang umumnya digunakan oleh petani yaitu olah tanah intensif dan olah tanah minimum. Pengolahan tanah mempengaruhi ketersediaan N di dalam tanah. Hal ini didukung oleh penelitian Handayani (2009) bahwa sistem olah tanah mempengaruhi kuantitas N tersedia, dan juga banyaknya N yang termineralisasi. Upaya lain yang dapat memperbaiki kesuburan tanah Ultisol yaitu dengan pemupukan. Sebagian besar urea yang diaplikasikan ke dalam tanah akan mengalami konversi menjadi ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) yang kemudian teradsorpsi oleh koloid tanah. Namun,  $\text{NH}_4^+$  yang berada dalam larutan tanah dapat mengalami proses oksidasi menjadi nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) (Lumbanraja *et al.*, 2019). Ketersediaan N,P, dan K di dalam tanah meningkat bila diberi pupuk NPK (Ahmed *et al.*, 2019) karena pupuk NPK mengandung nitrogen (N) sekitar 15 % , Fosfor ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) 15% , Kalium ( $\text{K}_2\text{O}$ ) 15% yang tersedia bila mengalami proses pelarutan di dalam tanah (Kaya, 2013). Pemberian NPK juga menjaga keseimbangan hara tanah, mencegah defisiensi unsur, dan meningkatkan efisiensi penggunaan hara oleh tanaman (Wang *et al.*, 2024; Fall *et al.*, 2023).

Menurut Suwahyono (2011), perbaikan sifat kimia tanah dapat dilakukan melalui pemberian bahan organik, yang tidak hanya berperan sebagai sumber nitrogen hasil proses amonifikasi (Ma *et al.*, 2025; Elrys *et al.*, 2024), tetapi juga mampu meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah (Balah *et al.*, 2024). Peningkatan kapasitas tukar kation (KTK) sejalan dengan meningkatnya kapasitas penyangga tanah, sehingga koloid tanah mampu menyerap berbagai kation (Ciric *et al.*, 2023; Minhal *et al.*, 2020) termasuk ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) yang kemudian dapat dilepaskan ke dalam larutan tanah dan lebih mudah diserap oleh tanaman (Lumbanraja *et al.*, 2019). Penelitian yang dilakukan oleh Lumbanraja *et al.*, (2019) menunjukkan bahwa aplikasi pupuk anorganik, baik secara tunggal maupun dikombinasikan dengan pupuk organik, berpengaruh terhadap parameter Kuantitas-Intensitas (Q/I) ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Perlakuan ini meningkatkan nilai adsorpsi amonium yang mudah dilepaskan ( $\Delta\text{NH}_4^0$ ) serta rasio aktivitas amonium dalam kondisi setimbang ( $\text{CR}_{\text{NH}_4^0}$ ), namun menurunkan kapasitas penyangga amonium ( $\text{PBC}_{\text{NH}_4^0}$ ) dan koefisien selektivitas amonium ( $\text{Kv}$ ) dibandingkan dengan tanah tanpa pemupukan. Selain itu, nilai kapasitas tukar kation (KTK) diketahui berbanding lurus dengan  $\text{PBC}_{\text{NH}_4^+}$ ; semakin tinggi nilai KTK tanah, maka kapasitas penyangga amonium juga akan meningkat (Lumbanraja dan Evangelou, 1994; Lumbanraja *et al.*, 1997; Lumbanraja, 2017).

Ketersediaan amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dalam larutan tanah berkaitan erat dengan proses adsorpsi (kuantitas-Q) dan kelarutan (intensitas-I) amonium, yang dipengaruhi oleh kapasitas penyangga tanah terhadap  $\text{NH}_4^+$  ( $\text{PBC}_{\text{NH}_4^+}$ ) (Wang dan Alva, 2000; Ajiboye *et al.*, 2015; Evangelou *et al.*, 1986). Konsep Q/I menjelaskan proses pertukaran kation dan menghasilkan parameter yang mencerminkan kapasitas penyangga, yaitu sejauh mana koloid tanah mampu menyimpan dan melepaskan kation dalam sistem tanah (Shengxiang, 1998; Lumbanraja, 2017. Salah satu parameter dalam konsep Q/I untuk ion  $\text{NH}_4^+$  adalah potensi penyangga amonium ( $\text{PBC}_{\text{NH}_4^0}$ ), yang menggambarkan sejauh mana tanah mampu menahan ion  $\text{NH}_4^+$  dalam kompleks jerapan tanah.

Koefisien Gapon ( $K_G$ ), yang merupakan menunjukkan tingkat selektivitas tanah terhadap ion  $\text{NH}_4^+$ , berbanding lurus dengan nilai  $\text{PBC}_{\text{NH}_4^0}$ ; semakin tinggi nilai  $K_G$ , semakin tinggi kemampuan koloid tanah untuk mengadsorpsi ion  $\text{NH}_4^+$ . Sementara itu, nilai intensitas pada kondisi setimbang ( $\text{CR}_{\text{NH}_4^0}$ ) mencerminkan tingkat ketersediaan  $\text{NH}_4^+$  bagi tanaman. Adapun  $\Delta\text{NH}_4^0$  menunjukkan konsentrasi amonium yang terjerap pada koloid tanah.

Dalam konteks ini, penelitian perlu dilakukan guna memahami dinamika hara nitrogen yang dipengaruhi oleh perlakuan pengolahan tanah dan pemupukan, serta untuk mengevaluasi keterkaitan antara parameter Kuantitas-Intensitas (Q/I) dengan jumlah amonium yang terserap dan nitrogen yang diserap tanaman jagung pada tanah Ultisol di daerah Gedung Meneng.

## 2. BAHAN DAN METODE

### 2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2023 - Juni 2024. Percobaan penanaman jagung dilaksanakan di Laboratorium Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, yang terletak di Gedong Meneng, Rajabasa. Kegiatan analisis tanah dan tanaman, serta uji Q/I amonium, dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

### 2.2 Metode Penelitian

Percobaan penanaman jagung menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan perlakuan dua faktor yaitu faktor pertama adalah sistem olah tanah (T) yang terdiri dari sistem olah tanah minimum (T0) dan sistem olah tanah intensif (T1). Faktor kedua adalah pemupukan (P) yang terdiri dari dosis pemupukan setengah (P0) (Pupuk NPK 175 kg ha<sup>-1</sup> + Pupuk Urea 75 kg ha<sup>-1</sup> + Pupuk Kandang Ayam 2,5 Mg ha<sup>-1</sup>) dan aplikasi dosis pemupukan penuh (P1) (Pupuk NPK 350 kg ha<sup>-1</sup> + Pupuk Urea 150 kg ha<sup>-1</sup> + Pupuk Kandang Ayam 5 Mg ha<sup>-1</sup>). Setiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali sehingga terdapat 16 satuan percobaan. Lahan yang akan digunakan pada penelitian ini berukuran 2,5 m x 2,5 m tiap petaknya dan terdapat 16 petak percobaan dengan jarak antar petak 0,7 m. Petak olah tanah minimum dilakukan pengolahan hanya seperlunya dengan membersihkan gulma dan dikembalikan ke petak percobaan, sedangkan pada petak olah tanah intensif dilakukan pengolahan tanah secara sempurna dengan kedalaman 15-20 cm, serta gulma yang ada di petak tersebut di keluarkan.

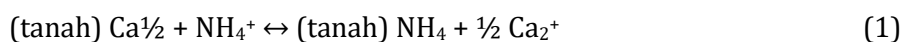
Penanaman dilakukan dengan memasukan tiap lubang sebanyak 3 benih jagung varietas varietas Bisi 18 dengan jarak tanam 60 x 25 cm. Setelah berumur 14 HST (Hari Setelah Tanam) dilakukan penjarangan menyisakan 1 tanaman tiap lubang. Pemupukan NPK diberikan ketika tanaman jagung berumur 14 hari, sedangkan pupuk urea diaplikasikan pada usia 30 hari setelah tanam menggunakan metode tugal. Sementara itu, pupuk kandang ayam diaplikasikan saat penanaman dengan cara ditaburkan di antara larikan tanaman jagung. Untuk menjaga proses budidaya tanaman jagung dilakukan pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman dan penyiangan gulma. Pemanenan dilakukan saat umur 110 HST dengan ciri-ciri memiliki klobot berwarna coklat, rambut jagung hitam kering, dan biji jagung keras. Pengambilan sampel tanah dilakukan 2 kali yaitu sebelum penanaman dan setelah pemanenan. Tiap petak diambil 5 titik secara acak menggunakan *bor belgi*, kemudian dikompositkan berdasarkan perlakuan. Sedangkan sampel tanaman tiap plot diambil 5 sampel, kemudian dipisahkan brangkas, tongkol, kelobot, dan biji untuk dihitung berat kering tanaman.

### 2.3 Variabel Pengamatan

Variabel utama pada penelitian ini yaitu percobaan *Quantity-Intensity* (Q/I) Amonium dan N terpanen tanaman jagung. Sedangkan variabel pendukung penelitian ini yaitu N-total tanah (metode Kjeldhal), C-organik tanah (Walkley and Black), pH tanah (aktual dan potensial), dan KTK tanah

(pengekstrak Ammonium Asetat 1N pH 7). Analisis  $\text{NH}_4^+$  dengan metode Q/I sesuai dengan prosedur yang digunakan oleh Beckett (1964) yaitu sampel tanah 4 gr yang sudah ditempatkan kedalam masing-masing satu seri (6 tabung *centrifuge*) kemudian ditambahkan 40 ml  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dengan konsentrasi dari 0; 0,2; 0,5; 1,0; 2,0; dan 3,0  $\text{mmol L}^{-1}$  yang sudah mengandung 0,005 M  $\text{CaCl}_2$ . Selanjutnya tanah di kocok selama 2 jam dan disentrifugasi selama 15 menit dengan kecepatan 3.000 rpm. Setelah disentrifugasi larutan disaring untuk memisahkan larutan bening dengan tanah. Larutan tanah bening didestilasi dengan penambahan larutan 40% NaOH, untuk mengukur  $\text{NH}_4^+$  yang ditampung dalam campuran asam borat dan indikator conway, serta Ca dan Mg menggunakan Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali (Wang et al., 2004).

Pertukaran kation akan terjadi di dalam tanah yang telah diberi larutan seri berdasarkan metode Q/I yang dilakukan. Konsep dari PBC dapat digambarkan dari reaksi pertukaran sederhana antara  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{NH}_4^+$ . Reaksi pertukaran dapat dituliskan sebagai berikut (Ninh et al., 2009):

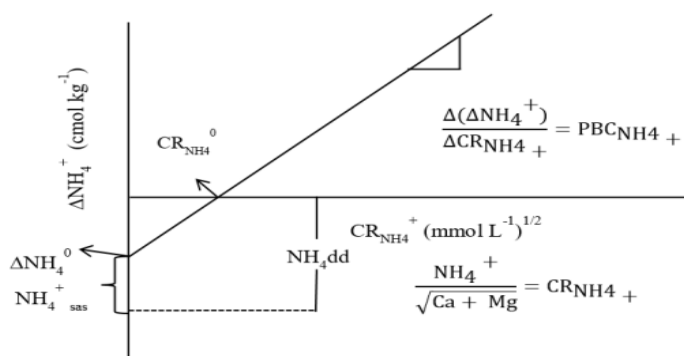


Dari metode Q/I  $\text{NH}_4^+$  diperoleh kurva (Gambar 1) yang dapat menyajikan tentang petunjuk untuk mengetahui kemampuan dan kuantitas keefekifan suplai amonium kedalam larutan pada tanah yang kemudian dapat tersedia bagi tanaman. Pendekatan Beckett (1964) digunakan untuk mempelajari hubungan Q/I  $\text{NH}_4^+$  pada tanah. Dari kurva ideal Q/I,  $\text{NH}_4^+$  memberikan masukan jumlah  $\text{NH}_4^+$  diserap atau dilepas dari tanah ( $\Delta\text{NH}_4^+$ ,  $\text{cmol kg}^{-1}$ ) dan Konsentrasi rasio  $\text{NH}_4^+$  ( $\text{CR}_{\text{NH}_4^+}$ ,  $(\text{mol L}^{-1})^{1/2}$ ). Dimana reaksi  $\Delta\text{NH}_4^+$  dan  $\text{AR}^{\text{NH}_4^+}$  digambarkan dengan persamaan (2 dan 3):

$$\Delta\text{NH}_4^+ = \text{C}_{\text{NH}_4^+}^{\text{i}} - \text{C}_{\text{NH}_4^+}^{\text{f}} \quad (2)$$

Perubahan nilai  $\text{NH}_4^+$  dapat ditukar ( $\Delta\text{NH}_4^+$ ) adalah perbedaan antara konsentrasi  $\text{NH}_4^+$  sebelum (i) dan  $\text{NH}_4^+$  sesudah keseimbangan (f) dengan koloid tanah dapat dilihat pada persamaan (2). Faktor Intensity  $\text{NH}_4^+(\text{CR}_{\text{NH}_4^+})$  adalah hasil perhitungan dari pengukuran konsentrasi  $\text{NH}_4^+$ , Ca, dan Mg yang dikoreksi menjadi aktivitas ion dimana aktivitas Ca sama dengan aktivitas Mg (persamaan 3).

$$\text{CR}_{\text{NH}_4^+} = (\text{NH}_4^+)/[(\text{Ca}) + (\text{Mg})]^{1/2} \quad (3)$$



Gambar 1. Kurva Ideal Q/I  $\text{NH}_4^+$ .  $\Delta\text{NH}_4^+$  = Jumlah  $\text{NH}_4^+$  yang diserap atau pelepasan  $\text{NH}_4^+$  dari tanah (vertikal);  $\text{CR}_{\text{NH}_4^+}$  = Konsentrasi ratio amonium (horizontal);  $\text{CR}_{\text{NH}_4^+}^0$  = Keseimbangan konsentrasi ratio amonium;  $\text{PBC}_{\text{NH}_4^+}$  = Kapasitas Penyangga  $\text{NH}_4^+$  (slope);  $\Delta\text{NH}_4^0$  = Kedudukan non-spesifik  $\text{NH}_4^+$ ;  $\text{NH}_4^{\text{dd}}$  =  $\text{NH}_4^+$  dapat ditukar yang diekstrak dengan 1 M  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ;  $\text{NH}_4^{\text{sas}}$  = Kedudukan spesifik  $\text{NH}_4^+$  ( $\text{NH}_4^{\text{dd}} - \Delta\text{NH}_4^0$ ) (Lumbanraja et al., 2019).

Konsentrasi ion  $\text{NH}_4^+$  ( $\text{CNH}_4^+$ ), Ca ( $\text{CCa}$ ), dan Mg ( $\text{CMg}$ ) di dalam larutan tanah. Kapasitas penyangga  $\text{NH}_4^+$  ( $\text{PBC}_{\text{NH}_4^+}$ ,  $\text{cmol kg}^{-1}$ ) merupakan slope dari garis linier kurva Q/I.  $\text{NH}_4^+$  non spesifik ( $\Delta\text{NH}_4^0$ ,  $\text{cmol kg}^{-1}$ ) diperoleh dari garis linier kurva Q/I ketika  $\text{AR}_{\text{NH}_4^+} = 0$  dan tempat adsorpsi  $\text{NH}_4^+$  tertentu ( $\text{NH}_4\text{-sas}$ ,  $\text{cmol kg}^{-1}$ ) (Wang dan Alva, 2000). Nilai-nilai  $\Delta\text{NH}_4^+$  dan  $\text{CR}_{\text{NH}_4^+}$  yang dihitung digunakan untuk membuat plot kurva Q/I dengan  $\Delta\text{NH}_4^+$  sebagai absis dan  $\text{CR}_{\text{NH}_4^+}$  sebagai ordinat dan  $\text{PBC}_{\text{NH}_4^+}$  sebagai kemiringan garis regresi (Becket, 1964). Nilai koefisien Gapon ( $K_G$ ) digunakan untuk mengetahui preferensi jerapan kation yang proporsional dari total kation yang ada ke dalam koloid tanah (Tan, 1982).  $K_G$  dihitung menggunakan persamaan Evangelou dan Philips (1987) rumus (7):

$$\text{PBC}_{\text{NH}_4^+} = \frac{1}{2} K_G \text{ KTK} \quad \text{jadi } K_G = \frac{2\text{PBC}_{\text{NH}_4^+}}{\text{KTK}} \quad (4)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Karakteristik Kimia Tanah Ultisol di Gedung Meneng

Hasil analisis kimia tanah awal (sebelum tanam) dan akhir (setelah panen) pada pertanaman jagung musim tanam ke-9 yang telah dilakukan di Gedung Meneng disajikan pada Tabel 1. Data pada Tabel 1 menunjukkan nilai pH tanah awal dan akhir memiliki kriteria agak masam hingga netral. Kandungan N-total tanah awal menunjukkan kriteria rendah kemudian meningkat pada tanah akhir sehingga masuk ke dalam kriteria sedang. Kandungan C-organik tanah awal menunjukkan kriteria rendah hingga sedang dengan kemudian meningkat pada tanah akhir sehingga masuk ke dalam kriteria sedang hingga tinggi. Nilai KTK pada semua perlakuan di tanah awal dan akhir tergolong rendah.

Pada perlakuan yang diberikan pemupukan penuh pada Tabel 1 dapat meningkatkan pH tanah daripada perlakuan yang hanya diberi pemupukan setengah. Salah satu pupuk yang digunakan dalam penelitian ini adalah pupuk kandang ayam, yang berfungsi untuk meningkatkan pH tanah. Hal ini sejalan dengan penelitian Yuniarti *et al.*, (2020) yang menyatakan bahwa penambahan pupuk kandang ayam ke dalam tanah akan mengalami dekomposisi dan menghasilkan kation basa seperti Ca, Mg, Na, dan K. Proses ini menyebabkan peningkatan konsentrasi ion hidroksida ( $\text{OH}^-$ ) sehingga pH tanah meningkat.

Tabel 1. Sifat Kimia Tanah Awal (Sebelum Tanam) dan Akhir (Setelah Panen) Pada Lahan Tanaman Jagung (*Zea mays* L.)

Jenis Analisis	Perlakuan							
	T0				T1			
	P0		P1		P0		P1	
pH (H <sub>2</sub> O)	Awal	6,29	AM	6,51	AM	6,37	AM	6,78
	Akhir	6,34	AM	6,61	N	6,43	AM	6,84
pH (KCl)	Awal	5,11		5,21		5,27		5,23
	Akhir	6,06		6,01		5,89		6,16
N-Total (%)	Awal	0,16	R	0,19	R	0,16	R	0,18
	Akhir	0,40	S	0,48	S	0,37	S	0,41
C-Organik (%)	Awal	1,80	R	2,70	S	2,44	S	1,28
	Akhir	2,55	S	3,32	T	2,47	S	2,58
KTK (cmol kg <sup>-1</sup> )	Awal	12,59	R	14,22	R	13,51	R	13,86
	Akhir	14,50	R	15,50	R	14,75	R	16,50

Keterangan : Angka yang diikuti huruf menyatakan T=tinggi; S=sedang; R=rendah; M=masam; AM=agak masam; N=netral (Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2009). T0= olah tanah minimum; T1= olah tanah intensif; P0 awal= tanpa pupuk; P1 awal= pemupukan; P0 akhir= pemupukan setengah; P1 akhir= pemupukan penuh; (data awal diperoleh dari skripsi Pramesti, 2023).

Tabel 2. Pengaruh Olah Tanah dan Pemupukan Terhadap Parameter *Quantity-Intensity* (Q/I) Amonium Akhir (Setelah Panen)

Perlakuan	PBCNH <sub>4</sub> <sup>+</sup> cmol kg <sup>-1</sup> (mol L <sup>-1</sup> )-1/2		K <sub>G</sub> (mol L <sup>-1</sup> )-1/2		CRNH <sub>4</sub> <sup>0</sup> (mol L <sup>-1</sup> )-1/2		ΔNH <sub>4</sub> <sup>0</sup> cmol kg <sup>-1</sup>	
	awal	akhir	awal	akhir	awal	akhir	awal	akhir
T0P0	2,239	3,266	0,356	0,450	0,142	0,232	0,317	0,761
T0P1	1,547	1,899	0,218	0,245	0,795	0,809	1,233	1,547
T1P0	2,095	3,115	0,310	0,422	0,188	0,330	0,395	1,033
T1P1	1,322	1,464	0,191	0,177	1,030	0,888	1,363	1,298

Keterangan : T0P0 (Olah Tanah Minimum + Pemupukan setengah), T0P1 (Olah Tanah Minimum + Pemupukan penuh), T1P0 (Olah Tanah Intensif + Pemupukan setengah), T1P1 (Olah Tanah Intensif + Pemupukan penuh); PBC<sub>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></sub> : *Potential Buffering Capacity* NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sub>G</sub> : *Koefisien gapon*, CR<sub>NH<sub>4</sub><sup>0</sup></sub> : *Concentration ratioe uillibria* NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, dan ΔNH<sub>4</sub><sup>0</sup> : Kedudukan non-spesifik NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: (data awal diperoleh dari skripsi Pramesti, 2023).

Tabel 1 menunjukkan kandungan N-total tanah akhir mengalami peningkatan. Pupuk yang digunakan pada penelitian ini yaitu NPK, urea dan kandang ayam. Kombinasi pupuk anorganik dan pupuk organik mampu meningkatkan N-total tanah (Sulaeman *et al.*, 2017). Pupuk NPK mudah larut dalam air sehingga dapat menyebabkan unsur N yang terkandung di dalam pupuk akan melarut pada tanah yang nantinya akan menghasilkan nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dan amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) dalam larutan tanah yang dapat meningkatkan N-total tanah (Ernawati *et al.*, 2024).

Kandungan C-organik tanah pada Tabel 1 mengalami peningkatan sehingga masuk ke dalam kriteria sedang hingga tinggi. Pada perlakuan olah tanah minimum dan pemupukan penuh memiliki nilai C-organik tertinggi daripada perlakuan lainnya yaitu 3,32%. Hal ini didukung oleh Utomo (2010) bahwa penerapan sistem olah tanah minimum berkontribusi dalam meningkatkan kandungan C-organik tanah hingga mencapai 13,0%. Nilai KTK pada Tabel 1 dari hasil analisis pada semua perlakuan di tanah awal dan akhir tergolong rendah. Hal ini disebabkan karena sifat tanah Ultisol yang memiliki KTK rendah dan penggunaan bahan organik belum mampu meningkatkan KTK tanah. Menurut Hardjowigeno (2010) Ultisol merupakan tanah dengan mineral liat kaolinit yang merupakan salah satu penyebab KTK pada Ultisol rendah.

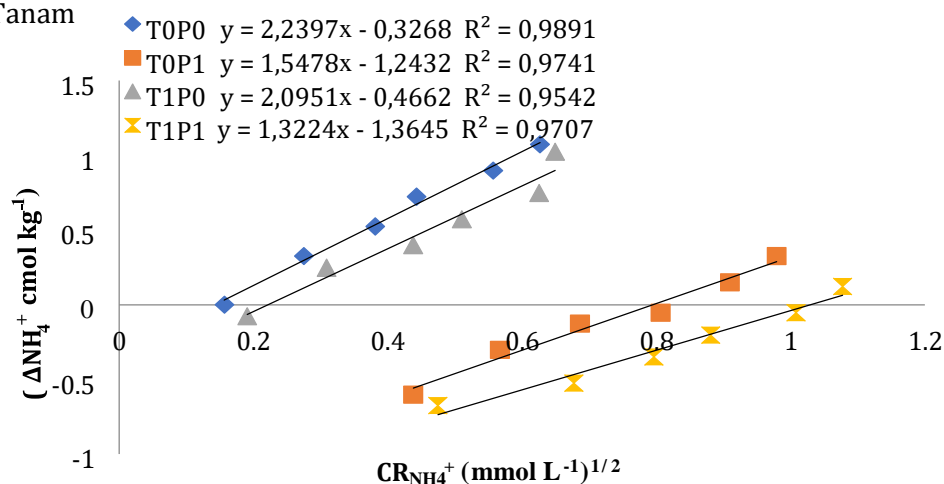
### 3.2 Pengaruh Perlakuan Olah Tanah dan Pemupukan terhadap Perilaku Pertukaran Amonium di dalam Tanah

#### 3.2.1 *Quantity-Intensity* (Q/I) Amonium di Tanah Ultisol Gedung Meneng

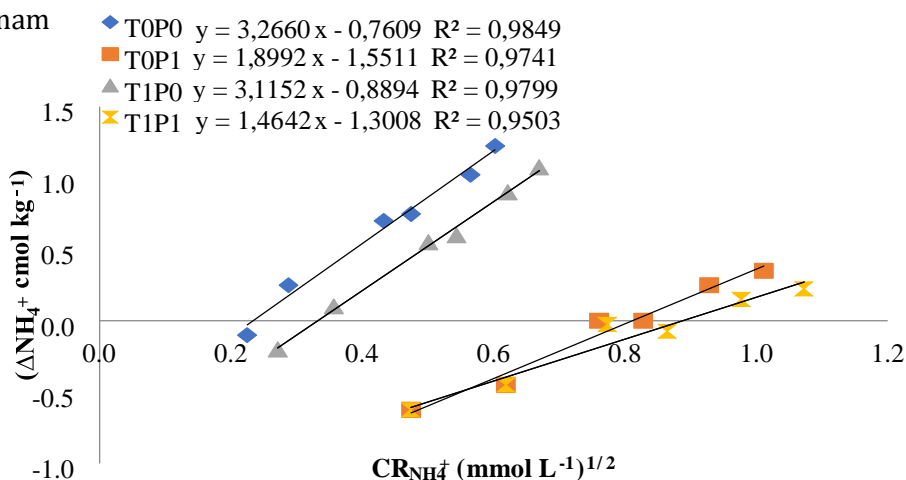
Hasil analisis pengukuran jerapan NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dengan menggunakan metode Q/I menunjukkan perilaku pertukaran NH<sub>4</sub><sup>+</sup> akibat perlakuan yang telah diberikan. Kurva linier Q/I NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (Gambar 2) menunjukkan hubungan antara ΔNH<sub>4</sub><sup>+</sup> (faktor quantity) dan CR<sub>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></sub> (faktor intensity). Pada Gambar 2, CR<sub>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></sub> merupakan sumbu X yaitu rasio konsentrasi NH<sub>4</sub><sup>+</sup> terhadap Ca<sup>2+</sup> yang berada di larutan tanah dan ΔNH<sub>4</sub><sup>+</sup> merupakan sumbu Y yaitu NH<sub>4</sub><sup>+</sup> yang dijerap di dalam koloid tanah. Nilai CR<sub>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></sub> di dalam larutan tanah menunjukkan bahwa tanah bergantung pada ketersediaan NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dan Ca<sup>2+</sup> tersedia di dalam tanah.

Kurva Q/I NH<sub>4</sub><sup>+</sup> awal (sebelum tanam) dan akhir (sesudah panen) pada T0P1 dan T1P1 berada di bawah sumbu X yang artinya pada perlakuan tersebut memiliki kadar NH<sub>4</sub><sup>+</sup> tersedia yang tinggi bagi tanaman, sedangkan pada T0P0 dan T1P0 berada di atas sumbu X yang artinya pada perlakuan tersebut mengalami penjerapan NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Lumbanraja (2019) mengatakan bahwa dinamika pertukaran ion NH<sub>4</sub><sup>+</sup> antara larutan tanah dan koloid tanah dalam kondisi kesetimbangan dipengaruhi oleh perlakuan pemupukan yang diberikan.

## a. Sebelum Tanam



## b. Setelah Tanam



Gambar 2. (a) Kurva Quantity-Intensity (Q/I) Amonium di Tanah Ultisol Gedung Meneng Awal (Sebelum Tanam) dan (b) Akhir (Setelah Tanam).

Tabel 2 menunjukkan hasil pengaruh olah tanah dan pemupukan terhadap parameter *Quantity-Intensity* (Q/I) amonium akhir (setelah panen). Metode Q/I digunakan untuk menggambarkan hubungan antara ion amonium yang terjerap pada permukaan koloid tanah dengan konsentrasi ion tersebut dalam larutan tanah pada kondisi kesetimbangan. Tabel 2 menunjukkan pada perlakuan T0P0, T0P1, T1P0 dan T1P1 mengalami kenaikan nilai  $PBC_{NH_4^+}$  dari awal ke akhir. Hal ini terjadi karena penambahan pupuk organik maupun anorganik dapat meningkatkan jerapan  $NH_4^+$ . Peningkatan KTK ini sejalan dengan peningkatan kapasitas penyangga tanah (PBC), yang mencerminkan kemampuan koloid tanah dalam menjerap ion amonium ( $NH_4^+$ ). Ion amonium ( $NH_4^+$ ) yang terjerap ini dapat dilepaskan kembali ke dalam larutan tanah ketika amonium ( $NH_4^+$ ) dalam larutan diserap oleh tanaman (Wang dan Alva, 2000).

Tabel 2 menunjukkan bahwa pada perlakuan T0P0, T0P1, T1P0 akhir mengalami kenaikan nilai  $K_G$ . Nilai  $K_G$  yang tinggi pada tanah mengindikasikan bahwa ion amonium ( $NH_4^+$ ) hasil aplikasi pupuk memiliki kecenderungan lebih besar untuk bertahan dalam kompleks koloid tanah, sehingga mengurangi risiko kehilangan melalui pencucian, khususnya pada lahan dengan intensitas curah hujan yang tinggi (Lumbanraja *et al.*, 1993). Pada perlakuan T1P1 akhir mengalami penurunan nilai  $K_G$  disebabkan karena adanya kegiatan olah tanah intensif (T1). Pengolahan tanah secara intensif dapat menyebabkan tanah rentan mengalami erosi. Pengolahan tanah intensif dapat meningkatkan laju erosi, yang dapat mengurangi efisiensi pemanfaatan pupuk akibat hilangnya lapisan tanah atas

yang mengandung unsur hara dan bahan organik penting bagi tanaman (Putriawan *et al.*, 2024; Seitz *et al.*, 2018). Semakin tinggi nilai  $CR_{NH_4^0}$  maka ketersediaan  $NH_4^+$  bagi tanaman akan semakin tinggi juga.

Tabel 2 menunjukkan pada perlakuan T0P1 dan T1P1 memiliki nilai  $CR_{NH_4^0}$  lebih tinggi dibandingkan pada perlakuan T0P0 dan T1P0. Hal ini dapat disebabkan karena adanya pemupukan penuh dari pupuk N,P dan K yang mampu meningkatkan kandungan  $N-NH_4^+$ . Pupuk NPK mampu meningkatkan sumber N didalam tanah sehingga ketersediaan  $NH_4^+$  meningkat di dalam tanah dan tersedia untuk tanaman (Aini *et al.*, 2022).

Tabel 2 diperoleh pada perlakuan T0P1 dan T1P1 memiliki nilai  $\Delta NH_4^0$  tertinggi. Hal ini dapat terjadi karena pemberian dosis pupuk penuh NPK, urea dan pupuk kandang ayam dapat meningkatkan  $NH_4^+$  di koloid tanah. Hal ini sejalan dengan penelitian Silahooy (2009) bahwa semakin tinggi dosis pupuk NPK maka akan meningkatkan kadar  $N-NH_4^+$  secara linier. Mujiyati dan Supriyadi (2009) juga menjelaskan aplikasi pupuk kandang juga berkontribusi terhadap peningkatan konsentrasi ion  $NH_4^+$  dalam tanah, sehingga dapat memperkaya ketersediaan nitrogen bagi tanaman.

### 3.2.2 Signifikansi Parameter $Q/I NH_4^+$

Uji *student-t* pada penelitian ini digunakan untuk mengevaluasi perbedaan nilai kemiringan *slope* ( $PBC_{NH_4^+}$ ), *intercept* ( $\Delta NH_4^0$ ) dan  $CR_{NH_4^0}$  antar perlakuan. Dari data yang diperoleh menunjukkan bahwa ada beberapa hubungan yang memiliki berbeda nyata, sangat berbeda nyata dan tidak berbeda nyata. Tabel 3 menunjukkan hasil uji *student-t*  $PBC_{NH_4^+}$  awal perlakuan T0P0 dan T1P0 memiliki nilai  $PBC_{NH_4^+}$  lebih tinggi daripada perlakuan T0P1 dan T1P1. Perlakuan tanpa pemupukan menunjukkan nilai  $PBC_{NH_4^+}$  lebih tinggi dibandingkan perlakuan yang diberi pupuk. Hal ini dapat terjadi karena pada tanah tanpa pemupukan secara alami memiliki nilai kapasitas untuk menahan amonium lebih tinggi (Lumbanraja, 2019). Tabel 3 menunjukkan hasil uji *student-t*  $\Delta NH_4^0$  awal perlakuan T0P1 dan T1P1 memiliki nilai  $\Delta NH_4^0$  lebih tinggi daripada perlakuan T0P0 dan T1P0. Perlakuan pemupukan memiliki nilai  $\Delta NH_4^0$  lebih tinggi daripada perlakuan tanpa pemupukan. Hal ini sejalan dengan penelitian Silahooy (2009) bahwa peningkatan dosis pupuk NPK secara linier berkontribusi terhadap peningkatan konsentrasi  $N-NH_4^+$  di dalam tanah.

Tabel 3 menunjukkan hasil uji *student-t*  $CR_{NH_4^0}$  awal didapatkan kesimpulan urutan nilai  $CR_{NH_4^0}$  dari terbesar hingga terkecil yaitu  $T1P1 > T0P1 > T1P0 > T0P0$ . Dari penjabaran tersebut menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan mampu meningkatkan ketersediaan  $NH_4^+$  untuk tanaman. Penelitian Yuliprianto (2010) menunjukkan bahwa penambahan bahan organik dapat meningkatkan kandungan  $NH_4^+$  dalam tanah, hal ini terjadi karena proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme tanah, dimana aktivitas metabolisme bakteri berjalan optimal, sehingga menghasilkan senyawa nitrogen termasuk  $NH_4^+$ .

Tabel 3 menunjukkan hasil uji *student-t*  $PBC_{NH_4^+}$  akhir dapat dilihat bahwa perlakuan pemupukan setengah memiliki nilai  $PBC_{NH_4^+}$  lebih tinggi daripada perlakuan pemupukan penuh. Hal ini dapat terjadi karena pada tanah awal sudah memiliki  $NH_4^+$  yang tinggi akibat pemberian pupuk sebagai sumber  $NH_4^+$ , sehingga tingginya  $NH_4^+$  menyebabkan jenuhnya  $NH_4^+$  yang dapat mengalami penolakan. Tanah dengan kadar  $NH_4^+$  tinggi sudah jenuh dengan ion  $NH_4^+$ , sehingga penambahan pupuk yang mengandung  $NH_4^+$  dapat mengalami penolakan (Shaviv dan Tarchitzky, 2003).

Tabel 3 menunjukkan hasil uji *student-t*  $\Delta NH_4^0$  akhir pada perlakuan T0P0 vs T1P1 berbeda nyata namun bernilai negatif, yang artinya nilai  $\Delta NH_4^0$  T1P1 lebih tinggi daripada T0P0. Dari penjabaran tersebut membuktikan bahwa pemberian dosis pemupukan penuh dan olah tanah intensif dapat meningkatkan  $NH_4^+$  di koloid tanah. Olah tanah intensif dapat meningkatkan ketersediaan amonium melalui mineralisasi bahan organik (Putriawan *et al.*, 2024). Tabel 3 menunjukkan hasil uji *student-t*  $CR_{NH_4^0}$  akhir pada perlakuan T0P0 vs T0P1 menunjukkan nilai berbeda nyata namun bernilai negatif, artinya T0P1 memiliki nilai  $CR_{NH_4^0}$  lebih tinggi daripada T0P0.



Tabel 3. Uji *Student-t* Terhadap Parameter Pengamatan  $PBC_{NH_4^+}$ ,  $\Delta NH_4^0$ , dan  $CR_{NH_4^0}$  Antar Perlakuan Awal (Sebelum Tanam) dan Akhir (Setelah Panen)

Perlakuan	t hitung			t tabel	
	$PBC_{NH_4^+}$	$\Delta NH_4^0$	$CR_{NH_4^0}$	0,05	0,01
<i>Sample Awal (sebelum tanam)</i>					
T0P0 VS T0P1	6,177*	-11,948**	-36,055**	4,303	9,925
T0P0 VS T1P0	1,550tn	-5,039*	-5,590*		
T0P0 VS T1P1	9,412*	-27,162**	-110,121**		
T0P1 VS T1P0	-8,721*	10,733**	32,525**		
T0P1 VS T1P1	3,274tn	-1,514tn	-12,661**		
T1P0 VS T1P1	25,877**	-23,425**	-91,291**		
<i>Sample Akhir (setelah panen)</i>					
T0P0 VS T0P1	-4,545tn	3,824tn	-9,441*	4,303	9,925
T0P0 VS T1P0	-0,392tn	1,895tn	8,173*		
T0P0 VS T1P1	-6,223tn	-6,741*	-27,698**		
T0P1 VS T1P0	-4,472*	-2,136tn	-7,732tn		
T0P1 VS T1P1	-4,343tn	-1,310tn	1,219tn		
T1P0 VS T1P1	-6,362tn	2,225tn	-21,570**		

Keterangan : T0P0 (Olah Tanah Minimum + Pemupukan setengah), T0P1 (Olah Tanah Minimum + Pemupukan penuh), T1P0 (Olah Tanah Intensif + Pemupukan setengah), T1P1 (Olah Tanah Intensif + Pemupukan penuh);  $PBC_{NH_4^+}$  : *Potential Buffering Capacity*  $NH_4^+$ ,  $\Delta NH_4^0$ : Kedudukan non-spesifik  $NH_4^+$ ,  $CR_{NH_4^0}$ : *Concentration ratioeullibria*  $NH_4^+$ , tn= tidak berbeda nyata pada taraf 5%, \*= berbeda nyata pada taraf 5%, \*\*= sangat berbeda nyata pada taraf 1% : (data awal diperoleh dari skripsi Pramesti, 2023).

Tabel 4. Uji *Student-t* Terhadap Parameter  $PBC_{NH_4^+}$ ,  $\Delta NH_4^0$ , dan  $CR_{NH_4^0}$  Pengamatan Awal (Sebelum Tanam) dan Akhir (Setelah Panen)

Perlakuan	t hitung			t tabel	
	$PBC_{NH_4^+}$	$\Delta NH_4^0$	$CR_{NH_4^0}$	0,05	0,01
T0P0 Awal VS T0P0 Akhir	3,407tn	-5,558tn	-14,142tn	4,303	9,925
T0P1 Awal VS T0P1 Akhir	3,179tn	-1,534*	-0,208**		
T1P0 Awal VS T1P0 Akhir	3,981tn	5,300tn	10,830tn		
T1P1 Awal VS T1P1 Akhir	2,808tn	-1,677*	-5,886**		

Keterangan : T0P0 (Olah Tanah Minimum + Pemupukan setengah), T0P1 (Olah Tanah Minimum + Pemupukan penuh), T1P0 (Olah Tanah Intensif + Pemupukan setengah), T1P1 (Olah Tanah Intensif + Pemupukan penuh);  $PBC_{NH_4^+}$  : *Potential Buffering Capacity*  $NH_4^+$ ,  $\Delta NH_4^0$ : Kedudukan non-spesifik  $NH_4^+$ ,  $CR_{NH_4^0}$  : *Concentration ratioeullibria*  $NH_4^+$ , tn= tidak berbeda nyata pada taraf 5%, \*= berbeda nyata pada taraf 5%, \*\*= sangat berbeda nyata pada taraf 1% : (data awal diperoleh dari skripsi Pramesti, 2023).

Perlakuan T0P0 vs T1P1 menunjukkan nilai sangat berbeda nyata namun bernilai negatif, artinya perlakuan T1P1 memiliki nilai  $CR_{NH_4^0}$  lebih tinggi daripada T0P0. Perlakuan T1P0 vs T1P1 menunjukkan nilai sangat berbeda nyata namun bernilai negatif, artinya perlakuan T1P1 memiliki nilai  $CR_{NH_4^0}$  lebih tinggi daripada T1P0. Hal ini dapat disebabkan karena pemupukan penuh mampu meningkatkan sumber N didalam tanah sehingga ketersediaan  $NH_4^+$  meningkat di dalam tanah dan tersedia untuk tanaman. Hal ini sejalan menurut Isnaini (2001) bahwa kandungan N- $NH_4^+$  meningkat karena adanya tambahan dari pupuk N dan K.

Uji *student-t* awal dan akhir pada Tabel 4 menunjukkan bahwa perlakuan T0P0 awal vs T0P0 akhir pada parameter  $PBC_{NH_4^+}$ ,  $\Delta NH_4^0$  dan  $CR_{NH_4^0}$  menunjukkan tidak berbeda nyata, artinya perlakuan T0P0 belum mampu meningkatkan  $NH_4^+$ . Perlakuan T0P1 awal vs T0P1 akhir pada parameter  $\Delta NH_4^0$  dan  $CR_{NH_4^0}$  menunjukkan berbeda nyata dan sangat berbeda nyata bernilai negatif, artinya perlakuan T0P1 akhir lebih tinggi daripada T0P1 awal. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan olah tanah minimum dan pemupukan penuh mampu meningkatkan  $NH_4^+$ . Olah tanah minimum dapat mempertahankan residu tanaman di permukaan tanah, yang selanjutnya mengalami dekomposisi dan melepaskan ion amonium ( $NH_4^+$ ) ke dalam tanah (Isnaini, 2001). Hal ini sejalan

dengan pernyataan Setiawati *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa pupuk NPK mudah larut dalam air dan akan melepaskan unsur nitrogen ke dalam tanah dalam bentuk nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) dan amonium ( $\text{NH}_4^+$ ), yang dapat diserap oleh tanaman serta berkontribusi terhadap peningkatan kandungan N-total tanah.

Perlakuan T1P0 awal vs T1P0 akhir menunjukkan pada parameter  $\text{PBC}_{\text{NH}_4^+}$ ,  $\Delta\text{NH}_4^0$  dan  $\text{CR}_{\text{NH}_4^0}$  menunjukkan tidak berbeda nyata, artinya perlakuan T1P0 belum mampu meningkatkan  $\text{NH}_4^+$ . Perlakuan T1P1 awal vs T1P1 akhir pada parameter  $\Delta\text{NH}_4^0$  dan  $\text{CR}_{\text{NH}_4^0}$  menunjukkan nilai berbeda nyata dan sangat berbeda nyata bernilai negatif, artinya perlakuan T1P1 akhir lebih tinggi daripada T1P1 awal. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan olah tanah intensif dan pemupukan penuh mampu meningkatkan  $\text{NH}_4^+$ . Olah tanah intensif dapat meningkatkan ketersediaan amonium melalui mineralisasi bahan organik (Putriawan *et al.*, 2024). Hal ini sejalan dengan pernyataan Setiawati *et al.*, (2021) yang menyatakan NPK mudah larut dalam air sehingga dapat menyebabkan unsur N yang terkandung di dalam pupuk akan melarut pada tanah yang nantinya akan menghasilkan nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) dan amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dalam larutan tanah yang dapat diserap tanaman maupun meningkatkan N-total tanah.

### 3.3 Pengaruh Perlakuan Olah Tanah dan Pemupukan terhadap N Terpanen Tanaman Jagung

Analisis ragam pada Tabel 5 menunjukkan perlakuan olah tanah berpengaruh sangat nyata terhadap N terpanen pada tongkol tanaman jagung, sementara pada brangkasan, biji, kelobot dan N terpanen total tidak berpengaruh nyata. Perlakuan pemupukan berpengaruh sangat nyata terhadap N terpanen brangkasan, biji, tongkol, kelobot dan N terpanen total tanaman jagung. Interaksi perlakuan olah tanah dan pemupukan hanya berpengaruh sangat nyata terhadap N terpanen brangkasan dan tidak berpengaruh nyata pada biji, kelobot, dan N terpanen total tanaman jagung.

Tabel 5. Ringkasan Analisis Ragam Pengaruh Olah Tanah dan Pemupukan Terhadap N Terpanen Tanaman Jagung Akhir (Setelah Panen)

Perlakuan	N Terpanen ( $\text{kg ha}^{-1}$ )				
	Brangkasan	Biji	Tongkol	Kelobot	Total
T0P0	92,99	139,52	9,78	0,62	242,91
T0P1	104,05	175,24	14,50	1,19	295,00
T1P0	80,57	152,26	12,74	0,70	246,27
T1P1	126,69	174,38	16,88	1,25	319,20
Sumber Keragaman	F Hitung dan Signifikansi				
T	0,91tn	0,61tn	100,52**	0,80tn	1,70tn
P	28,64**	14,37**	277,03**	59,82**	34,89**
T $\times$ P	10,77**	0,79tn	1,20tn	0,02tn	0,97tn

Keterangan : T0P0 = Olah Tanah Minimum + Pemupukan Setengah, T0P1 = Olah Tanah Minimum + Pemupukan Penuh, T1P0 = Olah Tanah Intensif + Pemupukan Setengah, T1P1 = Olah Tanah Intensif + Pemupukan Penuh ; tn=tidak berbeda nyata pada taraf 5%; \*\*= sangat nyata pada taraf 5% dan 1%.

Tabel 6. Pengaruh Olah Tanah Terhadap N Terpanen Tongkol Tanaman Jagung Akhir (Setelah Panen)

Perlakuan	N Terpanen ( $\text{kg ha}^{-1}$ )
	Tongkol
T0 (Olah Tanah Minimum)	12,14a
T1 (Olah Tanah Intensif)	14,81b
BNT 5%	0,60

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan uji BNT pada taraf 5%.

Tabel 7. Pengaruh Pemupukan Terhadap N Terpanen Tanaman Jagung Akhir (Setelah Panen)

Perlakuan	N Terpanen (kg ha <sup>-1</sup> )				
	Brangkasan	Biji	Tongkol	Klobot	Total
P0 (Pemupukan Setengah)	86,78a	145,89a	11,26a	0,66a	244,58a
P1 (Pemupukan Penuh)	115,37b	174,81b	15,69b	1,22b	307,10b
BNT 5%	12,09	17,26	0,60	0,16	23,94

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan uji BNT pada taraf 5%.

Tabel 8. Pengaruh Interaksi Olah Tanah dan Pemupukan Terhadap N Terpanen Brangkasan Tanaman Jagung Akhir (Setelah Panen)

Perlakuan	N Terpanen Brangkasan (kg ha <sup>-1</sup> )	
	T0 (Olah Tanah Minimum)	T1 (Olah Tanah Intensif)
P0 (Pemupukan Setengah)	92,99 a	80,57 a
	A	A
P1 (Pemupukan Penuh)	104,05 a	126,69 b
	A	B
BNT 5% : 17,09		

Keterangan : Pemupukan Penuh = NPK 350 kg ha<sup>-1</sup> + Urea 150 kg ha<sup>-1</sup> + Kandang Ayam 5 Mg ha<sup>-1</sup> ; Pemupukan Setengah = NPK 175 kg ha<sup>-1</sup> + Urea 75 kg ha<sup>-1</sup> + Kandang Ayam 2,5 Mg ha<sup>-1</sup>. Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 5%, huruf kecil dibaca horizontal, dan huruf kapital dibaca vertikal.

Tabel 6 menunjukkan bahwa N terpanen tongkol tanaman jagung pada perlakuan T1 (olah tanah intensif) lebih tinggi dibandingkan perlakuan T0 (olah tanah minimum). Hal ini disebabkan karena pada sistem olah tanah intensif, dimana permukaan tanah dibersihkan dari gulma dan mulsa, serta menggemburkan lapisan tanah untuk mendukung pertumbuhan akar tanaman. Kondisi ini dapat meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara oleh tanaman, termasuk pada bagian tongkol jagung (Utomo, 2012).

Tabel 7 menunjukkan bahwa N terpanen brangkasan, biji, tongkol, klobot dan total tanaman jagung pada perlakuan P1 (pemupukan penuh) lebih tinggi dibandingkan perlakuan P0 (pemupukan setengah). Hal ini terjadi akibat aplikasi pupuk dengan dosis penuh yang merupakan kombinasi antara pupuk tunggal (urea), pupuk majemuk (NPK), dan pupuk kandang ayam, sehingga mampu mencukupi kebutuhan nitrogen tanaman. Penelitian Rostaman dan Kasno (2013) menunjukkan bahwa pemberian pupuk NPK 15-15-15 mampu meningkatkan penyerapan nitrogen pada berbagai bagian tanaman jagung, termasuk brangkasan, biji, tongkol, klobot serta total serapan tanaman. Selain itu juga, pada perlakuan pemupukan cenderung memiliki nilai pH yang lebih tinggi dibandingkan tanpa pemupukan, dimana peningkatan pH pada tanah Ultisol akan meningkatkan akumulasi N pada jagung (Pan et al., 2019).

Tabel 8 menunjukkan bahwa N terpanen brangkasan tanaman jagung pada perlakuan P0 (pemupukan setengah) dengan T0 (olah tanah minimum) dan T1 (olah tanah intensif) tidak berbeda nyata. N terpanen brangkasan tanaman jagung pada perlakuan P1 (pemupukan penuh) dengan T1 (olah tanah intensif) lebih tinggi dibandingkan T0 (olah tanah minimum). Hal ini disebabkan karena pada sistem olah tanah intensif, dimana permukaan tanah dibersihkan dari gulma dan mulsa, serta menggemburkan lapisan tanah untuk mendukung pertumbuhan akar tanaman. Kondisi ini dapat meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara oleh tanaman, termasuk pada bagian tongkol jagung (Utomo, 2012).

N terpanen brangkasan tanaman jagung pada perlakuan T0 (olah tanah minimum) dengan P0 (pemupukan setengah) dan P1 (pemupukan penuh) tidak berbeda nyata. N terpanen brangkasan tanaman jagung pada perlakuan T1 (olah tanah intensif) dengan P1 (pemupukan penuh) lebih tinggi dibandingkan P0 (pemupukan setengah). Hal ini terjadi akibat pemberian pupuk dosis penuh

kombinasi antara pupuk tunggal urea, pupuk majemuk NPK dan pupuk kandang yang ditambahkan ke dalam tanah sehingga mampu memenuhi kebutuhan nitrogen tanaman. Penelitian Rostaman dan Kasno (2013) menunjukkan bahwa pemberian pupuk NPK 15-15-15 mampu meningkatkan penyerapan nitrogen pada berbagai bagian tanaman jagung, termasuk brangkasan, biji, tongkol, kelobot serta total serapan tanaman. Pemberian dosis pupuk Urea berpengaruh meningkatkan serapan hara nitrogen pada tanaman jagung (Masruroh *et al.*, 2017). Anjani (2013) dalam penelitiannya mengatakan bahwa penambahan pupuk kandang ayam sebagai pupuk organik dapat meningkatkan kandungan nitrogen yang terserap di dalam tanah dibandingkan dengan tanah tanpa bahan organik.

### 3.4 Pengaruh Perlakuan Olah Tanah dan Pemupukan terhadap Berat Kering Tanaman Jagung

Hasil analisis ragam Tabel 9 menunjukkan pada perlakuan olah tanah berpengaruh nyata hanya pada berat kering tongkol tanaman jagung, sedangkan pada perlakuan pemupukan berpengaruh sangat nyata terhadap berat kering brangkasan, biji, tongkol, kelobot dan total tanaman jagung. Interaksi antara perlakuan olah tanah dan pemupukan tidak berpengaruh nyata terhadap berat kering tanaman jagung.

Tabel 9. Ringkasan Analisis Ragam Pengaruh Olah Tanah dan Pemupukan Terhadap Berat Kering Tanaman Jagung Akhir (Setelah Panen)

Perlakuan	Berat Kering (Mg ha <sup>-1</sup> )				
	Brangkasan	Biji	Tongkol	Kelobot	Total
T0P0	7,25	7,57	1,61	0,40	16,83
T0P1	9,49	9,63	1,94	0,58	21,64
T1P0	7,85	8,26	1,76	0,43	18,3
T1P1	9,36	9,34	1,96	0,54	21,2
Sumber Keragaman	F Hitung dan Signifikansi				
T	0,24tn	0,23tn	5,43*	0,02tn	0,45tn
P	14,72**	14,18**	56,51**	11,16**	25,32**
T × P	0,55tn	1,37tn	3,83tn	0,86tn	1,57tn

Keterangan : T0P0= Olah Tanah Minimum + Pemupukan Setengah; T0P1= Olah Tanah Minimum + Pemupukan Penuh; T1P0= Olah Tanah Intensif + Pemupukan Setengah; T1P1= Olah Tanah Intensif + Pemupukan Penuh; tn=tidak berbeda nyata pada taraf 5%; \*= nyata pada taraf 5% dan 1%; \*\*= nyata & sangat nyata pada taraf 5% dan 1%.

Tabel 10. Pengaruh Olah Tanah Terhadap Berat Kering Tongkol Tanaman Jagung Akhir (Setelah Panen)

Perlakuan	Berat Kering (Mg ha <sup>-1</sup> )
	Tongkol
T0 (Olah Tanah Minimum)	1,78a
T1 (Olah Tanah Intensif)	1,86b
BNT 5%	0,05

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan uji BNT pada taraf 5%.

Tabel 11. Pengaruh Pemupukan Terhadap Berat Kering Tanaman Jagung Akhir (Setelah Panen)

Perlakuan	Berat Kering (Mg ha <sup>-1</sup> )				
	Brangkasan	Biji	Tongkol	Klobot	Total
P0 (Pemupukan Setengah)	7,55a	7,91a	1,69a	0,42a	17,56a
P1 (Pemupukan penuh)	9,42b	9,49b	1,95b	0,56b	21,42b
BNT 5%	1,11	0,94	0,08	0,10	1,73

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan uji BNT pada taraf 5%.

Tabel 12. Uji Korelasi Antara Parameter *Quantity/Intensity* Q/I Awal (Sebelum Tanam) dengan N Terpanen Kacang Hijau dan Akhir (Setelah Panen) N Terpanen Jagung

No.	Uji Korelasi	Persamaan	r
Awal (sebelum tanam)			
1	$\Delta\text{NH}_4^0$ VS N Terpanen Tanaman	$y = 6,1039x + 9,6184$	0,94*
2	$\text{PBC}_{\text{NH}_4^+}$ VS N Terpanen Tanaman	$y = -7,8263x + 28,764$	-0,96**
3	$\text{K}_G$ VS N Terpanen Tanaman	$y = -45,164x + 26,798$	-0,99**
4	$\text{CR}_{\text{NH}_4^0}$ VS N Terpanen Tanaman	$y = 4,6344x - 48,107$	0,91*
5	TK VS N Terpanen Tanaman Akhir (setelah panen)	$y = 7,5075x + 10,62$	0,94*
1	$\Delta\text{NH}_4^0$ VS N Terpanen Tanaman	$y = 88,065x + 173,72$	0,79tn
2	$\text{PBC}_{\text{NH}_4^+}$ VS N Terpanen Tanaman	$y = -41,906x + 377,93$	-0,99**
3	$\text{K}_G$ VS N Terpanen Tanaman	$y = -279,92x + 366,49$	-0,99**
4	$\text{CR}_{\text{NH}_4^0}$ VS N Terpanen Tanaman	$y = 110,96x + 213,19$	0,98**
5	KTK VS N Terpanen Tanaman	$y = 40,666x + 346,86$	0,97**

Keterangan :  $\text{PBC}_{\text{NH}_4^+}$  : *Potential Buffering Capacity*  $\text{NH}_4^+$  ,  $\text{CR}_{\text{NH}_4^0}$  : *Concentration ratioeullibria*  $\text{NH}_4^+$  ,  $\Delta\text{NH}_4^0$  : Kedudukan non-spesifik amonium, dan  $\text{K}_G$  : *Koefisien gapon*; tn= tidak berbeda nyata pada taraf 5%, \*= berbeda nyata pada taraf 5%, \*\*= sangat berbeda nyata pada taraf 1% ; (data awal diperoleh dari skripsi Pramesti, 2023).



Keterangan : P1 = Pengolahan tanah minimum + mulsa *in situ* dan ½ dosis pemupukan, P2 = Pengolahan tanah minimum + mulsa *in situ* dan dosis pemupukan penuh, P3 = Pengolahan tanah Intensif dan ½ dosis pemupukan, P4 = Pengolahan tanah Intensif dengan dosisi pemupukan penuh.

Gambar 3. Buah tanaman jagung akibat perlakuan olah tanah dan pemupukan

Tabel 10 menunjukkan bahwa berat kering tongkol tanaman jagung pada perlakuan T1 (olah tanah intensif) lebih tinggi dibandingkan perlakuan T0 (olah tanah minimum). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Nursyamsu (2022) pada perlakuan olah tanah intensif pengaruh nyata terhadap peningkatan berat kerig tongkol tanaman jagung. Peningkatan ini diduga terkait dengan meningkatnya kegemburan tanah akibat pengolahan intensif, yang memungkinkan sistem perakaran berkembang lebih optimal dan mempermudah penyerapan unsur hara oleh tanaman.

Tabel 11 menunjukkan bahwa berat kering brangkasan, biji, tongkol, klobot dan total tanaman jagung pada perlakuan P1 (pemupukan penuh) lebih tinggi dibandingkan perlakuan P0 (pemupukan setengah) (Gambar 3). Hal ini terjadi karena perlakuan dengan dosis pemupukan penuh akibat kombinasi antara pupuk Urea, pupuk NPK dan pupuk kandang ayam yang ditambahkan ke dalam tanah sehingga mampu memenuhi kebutuhan hara tanaman. Hal ini sesuai dengan penelitian Hidayah *et al.* (2016) bahwa pemberian pupuk Urea dan pupuk kandang ayam mampu meningkatkan berat kering tanaman jagung. Penelitian Rostaman dan Kasno (2013) menunjukkan bahwa pemberian pupuk NPK 15-15-15 mampu meningkatkan penyerapan nitrogen pada berbagai bagian tanaman jagung, termasuk brangkasan, biji, tongkol, kelobot serta total serapan tanaman.

### 3.5 Korelasi Antara Analisis Tanah dan Tanaman dengan Parameter Q/I

Uji korelasi dilakukan untuk mengetahui hubungan parameter Q/I ( $\text{PBC}_{\text{NH}_4^+}$ ,  $\Delta\text{NH}_4^0$ ,  $\text{CR}_{\text{NH}_4^0}$ , dan  $\text{K}_G$ ) dan KTK dengan N terpanen tanaman. Berikut tabel hasil uji korelasi yang telah dilakukan. Tabel

12 pada Parameter  $\Delta\text{NH}_4^0$ ,  $\text{CR}_{\text{NH}_4^0}$  dan KTK awal (sebelum tanam) berkorelasi nyata positif dengan N terpanen tanaman. Hal ini menunjukkan naiknya  $\Delta\text{NH}_4^0$ ,  $\text{CR}_{\text{NH}_4^0}$  dan KTK awal diikuti dengan meningkatnya N terpanen tanaman. Parameter  $\text{PBC}_{\text{NH}_4^+}$  dan  $\text{K}_G$  awal (sebelum tanam) dan akhir (setelah panen) berkorelasi nyata negatif dengan N terpanen tanaman. Hal ini menunjukkan  $\text{PBC}_{\text{NH}_4^+}$  dan  $\text{K}_G$  meningkat namun N terpanen menurun (Parwati, 2022).

Parameter  $\Delta\text{NH}_4^0$  akhir (setelah panen) berkorelasi tidak berbeda nyata dengan N terpanen tanaman.  $\text{CR}_{\text{NH}_4^0}$  dan KTK akhir (setelah panen) menunjukkan berkorelasi nyata positif dengan N terpanen tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa naiknya  $\text{CR}_{\text{NH}_4^0}$  dan KTK akan diikuti dengan meningkatnya N terpanen tanaman.  $\text{CR}_{\text{NH}_4^0}$  diartikan sebagai konsentrasi  $\text{NH}_4^+$  pada kondisi kesetimbangan, yang menunjukkan ketersediaan  $\text{NH}_4^+$  bagi tanaman. Semakin tinggi nilai  $\text{CR}_{\text{NH}_4^0}$  maka ketersediaan nitrogen dalam bentuk  $\text{NH}_4^+$  di tanah meningkat, yang berpotensi meningkatkan serapan nitrogen tanaman. Kaya (2018) berpendapat bahwa meningkatnya N terpanen tanaman sesuai pada ketersediaan N di dalam tanah.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa perlakuan olah tanah intensif dan pemupukan setengah meningkatkan parameter Q/I amonium ( $\text{PBC}_{\text{NH}_4^+}$ ). Perlakuan pemupukan penuh berpengaruh meningkatkan ( $\text{CR}_{\text{NH}_4^0}$ ). Perlakuan olah tanah intensif dan pemupukan penuh meningkatkan ( $\Delta\text{NH}_4^0$ ). Perlakuan olah tanah intensif dan pemupukan setengah meningkatkan ( $\text{K}_G$ ). Interaksi antara perlakuan olah tanah minimum dan pemupukan penuh berpengaruh terhadap parameter Q/I amonium. Parameter Q/I ( $\text{CR}_{\text{NH}_4^0}$ , KTK) berkorelasi nyata positif terhadap N terpanen tanaman jagung. Parameter Q/I ( $\text{PBC}_{\text{NH}_4^+}$  dan  $\text{K}_G$ ) berkorelasi nyata negatif terhadap N terpanen tanaman jagung.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Achieng, J., G. Ouma, G. Odhiambo, & F. Muyekho. 2010. Effect of farmyard manure and inorganic fertilizers on maize production on Alfisols and Ultisols in Kakamega, western Kenya. *Agriculture and Biology Journal of North America*. 1:430-439.
- Aini, N.S., O.M. Nurtyas, J. Lumbanraja, dan A.K. Salam. 2022. The behavior of ammonium exchange (q/i) in soil, nitrogen and carbon uptake, and mung beans (*Vigna Radiata L.*) yields as affected by tillage and fertilization at the sixth planting period in ultisol soil. *Journal of Tropical Soils*. 3(27):121-131.
- Ahmed, W., K. Liu, M. Qaswar, J. Huang, Q. Huang, Y. Xu, S. Ali, S. Mehmood, R. Asghar, M. Mahmood, & H. Zhang. 2019. Long-term mineral fertilization improved the grain yield and phosphorus use efficiency by changing soil P fractions in ferralic cambisol. *Agronomy*. 9(12):784.
- Balah, O., R. Thomas, & L. Ogallo. 2024. Effects of organic amendments and NPK on soil chemical properties in Kano Plains, Kisumu, Kenya. *International Journal of Plant & Soil Science*. 36(8): 1113-1137.
- Ćirić, V., N. Prekop, S. Šeremešić, B. Vojnov, B. Pejić, D. Radovanović, & D. Marinković. 2023. the implication of cation exchange capacity (CEC) assessment for soil quality management and improvement. *The Journal "Agriculture and Forestry"*. 69(4).
- Elrys, A., S. Chen, M. Kong, L. Liu, Q. Zhu, X. Dan, S. Tang, Y. Wu, L. Meng, J. Zhang, & C. Müller. 2024. Organic fertilization strengthens multiple internal pathways for soil mineral nitrogen production: evidence from the meta-analysis of long-term field trials. *Biology and Fertility of Soils*. 60(8):1173-1180.

- Ernawati, Sulakhudin, dan B. Widiarso. 2024. Pengaruh pemberian pakan ayam dan pupuk npk terhadap ketersediaan npk dan hasil tanaman jagung di tanah ultisol. *Jurnal Sains Pertanian Equator*. 13(2):753-762.
- Evangelou, V., A. Karathanasis, & R. Blevins. 1986. Effect of soil organic matter accumulation on potassium and ammonium quantity-intensity relationships. *Soil Science Society of America Journal*. 50:378-382.
- Fall, A., G. Nakabonge, J. Ssekandi, H. Founoune-Mboup, A. Badji, A. Ndiaye, M. Ndiaye, P. Kyakuwa, O. Anyoni, C. Kabaseke, A. Ronoh, & J. Ekwangu. 2023. Combined effects of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and NPK fertilizer on growth and yields of maize and soil nutrient availability. *Sustainability*. 15(3):2243.
- Fitriatin, N.B., A. Yuniarti, T. Turmuktini, dan K.F. Ruswandi. 2014. The effect of phosphate solubilizing microbe producing growth regulators on soil phosphate, growth and yield of maize and fertilizer efficiency on ultisol. *Journal of Soil Science Indonesia*. 2(3):101-107.
- Handayani, S., Karnilawati, dan Meizalisna. 2022. Sifat fisik ultisol setelah lima tahun di lahan kering gle gapui kecamatan indrajaya kabupaten pidie. *Jurnal Agroristek*. 1(5):1-7.
- Kaya, E. 2013. Pengaruh kompos jerami dan pupuk NPK terhadap N-tersedia tanah, serapan-N, pertumbuhan, dan hasil padi sawah (*Oryza sativa* L.). *Agrologia*. 1(2):43-50.
- Lumbanraja, J., H.A. Riajeng, Sarno, Dermiyati, H. Rosma, A. Wiwik, P.S. Catur, Z. Eldineri, dan R.A. Tegar. 2019. Perilaku pertukaran amonium dan produksi tebu (*Saccharum officinarum* L.) yang dipupuk anorganik npk dan organik pada pertanaman tebu di tanah ultisol gedung meneng. *Journal of Tropical Upland Resources*. 1(1):2-4.
- Ma, Y., Q. Wu, X. Wang, W. Sui, & X. Zhang. 2025. Carbon components in organic amendments drive nitrogen metabolism in one-year-long anaerobic soil microcosms. *Frontiers in Microbiology*. 16: 1588169.
- Masrurroh, I.A., H. Hamim, dan N. Nurmauli. 2017. Pengaruh pupuk urea terhadap hasil tanaman jagung yang ditumpangsarikan dengan kacang tanah. *Jurnal Agrotek Tropik*. 1(5):7-12.
- Minhal, F., A. Ma'as, E. Hanudin, & P. Sudira. 2020. Improvement of the chemical properties and buffering capacity of coastal sandy soil as affected by clays and organic by-product application. *Soil and Water Research*. 15:93-100.
- Mujiyati dan Supriyadi. 2009. Pengaruh pupuk kandang dan npk terhadap populasi bakteri azotobacter dan azospirillum dalam tanah pada budidaya cabai (*Capsicum annum*). *Jurnal Bioteknologi*. 6(2):63-69.
- Mustaqim, A., H. Ifansyah, & A.R. Saidy. 2023. Pengaruh pemberian berbagai macam bahan organik terhadap ketersediaan hara nitrogen, fosfor dan kalium serta serapan nitrogen oleh jagung (*Zea mays* L.) pada tanah Ultisols. *Acta Solum*. 1(3):151-157.
- Nursyamsu, A. 2022. Pengaruh beberapa sistem olah tanah terhadap sifat fisika tanah dan pertumbuhan serta hasil tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* L.). *Skripsi*. Universitas Andalas. Padang. 55 hlm.
- Pan, X., M. Baquy, P. Guan, J. Yan, R. Wang, R. Xu, & L. Xie. 2019. Effect of soil acidification on the growth and nitrogen use efficiency of maize in Ultisols. *Journal of Soils and Sediments*. 20: 1435-1445.
- Pramesti, A.D. 2023. Perilaku jerapan amonium dan nitrogen terpanen pada pertanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.) akibat perlakuan olah tanah dan pemupukan di tanah ultisol gedung meneng pada musim tanam ke-delapan. *Skripsi*. Universitas Lampung. Lampung. 124.
- Prasetyo, R.A., A. Nugroho, dan J. Moenandir. 2014. Pengaruh sistem olah tanah dan berbagai mulsa organik pada pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) var. grobogan. *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(6): 486-495.
- Putriawan, S.F., A.R. Rizky, dan A.K. Nadifa. 2024. Pengaruh sistem olah tanah intensif terhadap sifat fisik dan ketersediaan air tanah. *Jurnal Pertanian, Peternakan, Perikanan*. 2(1):1-10.

- Rostaman, T., dan A. Kasno, 2013. Serapan hara dan peningkatan produktivitas jagung dengan aplikasi pupuk npk majemuk. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 3(32): 179–186.
- Seitz, S., P. Goebes, V. Puerta, E. Pereira, R. Wittwer, J. Six, M. Van Der Heijden, & T. Scholten. 2018. Conservation tillage and organic farming reduce soil erosion. *Agronomy for Sustainable Development*: 39(1): 4.
- Shaviv, A., dan M. Tarchitzky. 2003. The effect of soil organic matter on nitrogen availability and its management. *Soil Science and Plant Nutrition*. 1(49): 12-17.
- Sulaeman, Y., Maswar, dan D. Erfandi. 2017. Pengaruh kombinasi pupuk organik dan anorganik terhadap sifat kimia tanah, dan hasil tanaman jagung di lahan kering masam. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*. 1(20): 1-12.
- Wang, N., Z. Ai, Q. Zhang, P. Leng, Y. Qiao, Z. Li, C. Tian, H. Cheng, G. Chen, & F. Li. 2024. Impacts of nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) fertilizers on maize yields, nutrient use efficiency, and soil nutrient balance: Insights from a long-term diverse NPK omission experiment in the North China Plain. *Field Crops Research*. 318: 109616.
- Widowati, L.R., A.F. Siregar, & A. Samsun. 2021. The use of soil ameliorants and fertilizers to increase the yields of rice and maize in ultisols Lampung, Indonesia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 648 (1): 012198.
- Yuniarti, A., E. Solihin, dan A.T.A. Putri. 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.