

## Perilaku Pertukaran Amonium dan Produksi Tebu (*Saccharum officinarum* L.) yang Dipupuk Anorganik NPK dan Organik pada Pertanaman Tebu di Tanah Ultisol Gedung Meneng

Jamalam Lumbanraja\*, Riajeng Hanum Amalia, Sarno, Dermiyati, Rosma Hasibuan, Wiwik Agustina, Catur Putra Satgada, Eldineri Zulkarnain, Tegar Rafshodi Awang

Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung 35145

\*email korespondensi: j.lumbanraja53@gmail.com

**ABSTRACT.** Ammonium Exchange Behavior and Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) Yield Affected by Inorganic NPK and Organic Fertilizer Planting in an Ultisol soil of Gedung Meneng – Nitrogen plant availability in the form of ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) can be influenced by the availability of other cations such as availability of K, Ca, Mg in soil solutions. Increasing crop production by no exception of sugarcane requires both organic and inorganic fertilizers. The objectives of this research are to study: (1) the effect of inorganic and organic fertilizers on sugarcane production, (2) behavior of  $\text{NH}_4^+$  exchange in soil given NPK inorganic and organic fertilizers in sugarcane planting plots and (3) correlation of  $\text{NH}_4^+$  Q/I parameters with harvested N and sugarcane biomass. The results of this study indicate that: (1) Giving a combination of inorganic and organic fertilizers (treatment C = 100% NPK + 50% organic) has a significant effect on biomass, harvested N and C by sugarcane but not significantly different from the treatment of only inorganic fertilizers (treatment A = 100% NPK). (2) Giving inorganic and its combination with organic fertilizers (A, C, and D) affect the parameters of the (Q/I)  $\text{NH}_4^+$  which is increasing the easily released adsorption of ammonium ( $\Delta\text{NH}_4^0$ ) and the ammonium activity ratio in balance ( $\text{AR}_{\text{NH}_4^0}$ ) but decreases ammonium buffer capacity ( $\text{PBC}_{\text{NH}_4}$ ) and the selectivity coefficient of ammonium ( $K_v$ ) compared to the treatment of only organic fertilizer (B = 100% organic) and without fertilization (E). (3) Harvested N and sugarcane biomass are positively correlated with the easily release of ammonium ( $\Delta\text{NH}_4^0$ -non-specific adsorbed), ammonia activity ratio in equilibrium with other cations in soil solution ( $\text{AR}_{\text{NH}_4^0}$ ) and cation exchange capacity (CEC), but not significantly negative correlated with ammonium potential buffer capacity ( $\text{PBC}_{\text{NH}_4}$ ).

**Keywords:** ammonium exchange, organic and inorganic fertilizers, sugar cane production

**ABSTRAK.** Ketersediaan Nitrogen dalam bentuk amonium ( $\text{NH}_4$ ) untuk tanaman dapat dipengaruhi oleh ketersediaan kation lain seperti kation K, Ca, Mg dalam larutan tanah. Peningkatan produksi tanaman tidak terkecuali tanaman tebu memerlukan pemupukan baik pupuk organik maupun pupuk anorganik. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari: (1) pengaruh pupuk anorganik dan pupuk organik terhadap produksi tanaman tebu, (2) perilaku pertukaran  $\text{NH}_4^+$  dalam tanah yang diberi pupuk anorganik NPK dan pupuk organik pada pertanaman tebu, dan (3) korelasi parameter Q/I dengan N terangkut dan biomassa tebu. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa: (1) Pemberian kombinasi pupuk anorganik dan pupuk organik (perlakuan C = 100% NPK + 50% organik) berpengaruh nyata meningkatkan biomassa, N terangkut dan C terangkut tanaman tebu tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan hanya pupuk anorganik (perlakuan A = 100% NPK). (2) Pemberian pupuk anorganik dan yang dikombinasikan dengan pupuk organik (A, C, dan D) berpengaruh terhadap parameter Kuantitas-Intensitas (Q/I)  $\text{NH}_4^+$  yaitu meningkatkan adsorpsi amonium yang mudah dilepaskan ( $\Delta\text{NH}_4^0$ ) dan aktifitas rasio amonium dalam keseimbangan ( $\text{AR}_{\text{NH}_4^0}$ ) tetapi menurunkan kapasitas penyangga  $\text{NH}_4^+$  ( $\text{PBC}_{\text{NH}_4}$ ) dan koefisien selektivitas  $\text{NH}_4^+$  ( $K_v$ ) dibandingkan dengan pemberian hanya pupuk organik (B = 100% organik) dan tanpa pemupukan (E). (3) Serapan nitrogen dan biomassa tebu nyata berkorelasi positif dengan adsorpsi  $\text{NH}_4^+$  yang mudah dilepaskan ( $\Delta\text{NH}_4^0$ -non-specific adsorbed), aktivitas rasio amonium dalam keseimbangan dengan kation lain dalam larutan tanah ( $\text{AR}_{\text{NH}_4^0}$ ) dan kapasitas tukar kation (KTK), tetapi tidak nyata berkorelasi negatif dengan kapasitas penyangga  $\text{NH}_4^+$   $\text{PBC}_{\text{NH}_4}$ .

**Kata kunci:** pertukaran amonium, produksi tebu, pupuk organik dan anorganik

## 1. Pendahuluan

Salah satu usaha meningkatkan produksi gula adalah dengan ekstensifikasi yang dilaksanakan di wilayah lahan kering, namun saat ini ekstensifikasi di lahan kering sangat terbatas karena keterbatasan lahan, sehingga pendekatan teknologi intensifikasi -- meningkatkan produksi dengan lahan terbatas -- sangat dibutuhkan [1]. Usaha pengembangan lahan kering untuk pertanaman tebu di Indonesia didominasi oleh jenis tanah ultisol yaitu sekitar 46 juta ha yang tingkat kesuburan dan pH rendah dimana tanah ini umumnya terbentuk dari bahan induk batuan sedimen yang sudah mengami pelapukan yang sangat lanjut [2,3].

Dalam pemanfaatan tanah ultisol yang akibat kadar bahan organik sangat rendah dan pH rendah dapat menyebabkan daya sangga (*buffer*) unsur hara N khususnya  $\text{NH}_4^+$  sangat rendah, Ketersediaan N di dalam tanah masam didominasi dalam bentuk  $\text{NH}_4^+$  dibandingkan dengan dalam bentuk nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) sehingga perlu memperbaiki daya sangga  $\text{NH}_4^+$ . Daya sangga amonium dapat ditingkatkan dengan teknologi pengelolaan pupuk dan bahan organik [4]. Pupuk yang biasa digunakan dalam penambahan unsur hara N adalah urea. Urea di dalam tanah sebagian besar terkonversi menjadi bentuk  $\text{NH}_4^+$  yang teradsorpsi di koloid tanah, tetapi  $\text{NH}_4^+$  di dalam larutan tanah dapat teroksidasi menjadi  $\text{NO}_3^-$  [5]. Nitrat yang bermuatan negatif akan ditolak oleh koloid tanah yang bermuatan negatif sehingga mudah hilang melalui pencucian, dan hanyut melalui aliran air [3,6]. Ketersediaan N dalam tanah sangat labil, sehingga perlu adanya strategi pemupukan organik agar pemupukan N lebih efisien [7].

Masalah ketersediaan amonium di dalam larutan tanah berhubungan dengan keberadaan teradsorpsi (kuantitas - Q) dan yang berada dalam keseimbangan dengan kation lain di dalam larutan tanah (intensitas - I) yang digambarkan oleh kapasitas penyangga tanah—*potensial buffering capacity* [7–10]. Konsep kuantitas/intensitas (Q/I) menjelaskan tentang pertukaran kation [3]. Hubungan kuantitas/intensitas (Q/I) akan menghasilkan Kapasitas Penyangga ( $\text{PBC}_{\text{NH}_4}$ ) yang merupakan kemampuan koloid tanah dalam mempertahankan kation di dalam tanah [11–13].

Sifat kimia tanah juga dapat diperbaiki dengan memberikan bahan organik [14] yang dapat menyediakan nitrogen hasil amonifikasi bahan organik dan juga dapat meningkatkan nilai kapasitas tukat kation (KTK) tanah [3,6]. Secara kimia, bahan organik tanah yang sangat aktif mempunyai fungsi ikatan negatif (-) yang sangat berperan penting dalam meningkatkan KTK tanah [3, 15, 16]. Peningkatan KTK ini sejalan dengan nilai kapasitas penyangga tanah, sehingga koloid tanah dapat menjerap  $\text{NH}_4^+$  dan menjadi lebih tersedia untuk dilepaskan ke dalam larutan tanah apabila  $\text{NH}_4^+$  dari larutan tanah diserap tanaman [7]. Salah satu teknik pemupukan adalah mengkombinasikan pupuk organik dengan pupuk anorganik [17]. Aplikasi kombinasi pupuk ini digunakan untuk melihat ketersediaan N dan perilaku Q/I  $\text{NH}_4^+$  pada pertanaman tebu lahan kering di Tanah Ultisol Gedung Meneng. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari: (1) pengaruh pupuk organik dan kombinasinya dengan pupuk anorganik (NPK) terhadap biomassa tanaman tebu, N terangkut dan C terangkut tanaman tebu pada saat panen, (2) pengaruh kombinasi antara pupuk organik dan pupuk

anorganik (NPK) terhadap parameter Q/I  $\text{NH}_4^+$  pada pertanaman tebu dan (3) korelasi parameter Q/I- $\text{NH}_4^+$ , KTK ammonium dapat ditukan dengan N terangkut panen akibat pemberian pupuk organik dan pupuk anorganik (NPK) di dalam tanah lahan kering.

## 2. Metode Penelitian

### Percobaan Lapang

Penelitian pertanaman tebu di lapang dilaksanakan di Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung selama satu tahun (September 2015 sampai dengan Agustus 2016). Penelitian pertanaman tanaman tebu dilaksanakan pada plopercobaan  $425 \text{ m}^2$  ( $25 \text{ m} \times 17 \text{ m}$ ) yang dibagi menjadi 15 plot untuk 5 perlakuan dengan 3 ulangan. Luas setiap plot berukuran  $5 \text{ m} \times 4 \text{ m}$  dengan jarak antar plot satu (1) meter. Ke lima perlakuan itu adalah : (A) 100% NPK (Urea:  $300 \text{ kg ha}^{-1}$ ; TSP :  $150 \text{ kg ha}^{-1}$ ; KCl :  $300 \text{ kg ha}^{-1}$ ), (B) 100% pupuk organik ( $10 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), (C) 100 % NPK+50% pupuk organik, (D) 50% NPK+100% pupuk organik dan (E) tanpa pemupukan, yang disusun dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) [17].

### Analisis Tanah dan Tanaman di Laboratorium

Analisis sampel tanah diambil dari 15 plot percobaan dengan kedalaman 0-20 cm sebelum tanam tebu dan setelah panen yang dikompositkan dari 3 kelompok menjadi 5 perlakuan (A, B, C, D, dan E) untuk mengetahui kandungan unsur hara N-total (metode *Kjeldhal*), P-tersedia (*Bray-1*), K-dd (pengekstrak 1 N ammonium asetat –  $\text{C}_2\text{H}_7\text{NO}_2$ - pH 7), C-total (*Walkey and Black*), kapasitas tukar kation (KTK) tanah dan pH tanah; sampel daun dan batang tanaman tebu juga diambil untuk menetapkan hara N,

P, K dan C yang terangkut panen oleh tanaman tebu.

### Percobaan Perilaku Pertukaran Amonium di Laboratorium

Untuk penelitian perilaku pertukaran pertukaran  $\text{NH}_4^+$  dalam tanah, percobaan dengan menggunakan metode Q/I sesuai dengan prosedur yang digunakan oleh Beckett [18] yang dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung yaitu menggunakan contoh tanah lapisan tanah *subsoil* (20-40 cm) dari pertanaman tebu setelah panen; dari masing-masing 15 plot perlakuan diambil sebanyak 2 kg; dari 3 plot kelompok perlakuan dikompositkan menjadi 5 contoh tanah yaitu perlakuan A, B, C, D dan E; tanah tersebut kemudian dikeringudarkan dan diayak dengan saringan 2 mm [12, 17, 18]. Kemudian, dari komposit sampel tanah tersebut diambil masing-masing 2 kg dan diberi perlakuan dosis pupuk sama dengan perlakuan pemupukan tebu di lapangan. Kemudian tanah yang sudah diberi perlakuan diinkubasi selama 1 minggu dengan perbandingan air dan tanah sebanyak 2:5. Sampel tanah seberat 4 g yang sudah diinkubasi ditempatkan ke dalam masing-masing satu seri tabung (6 tabung *centrifuge*), kemudian ditambahkan 40 ml larutan seri  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dengan konsentrasi (larutan seri) dari 0; 0,2; 0,5; 1,0; 2,0; dan 3,0  $\text{mmol L}^{-1} \text{NH}_4^+$  yang masing-masing mengandung 5  $\text{mmol L}^{-1} \text{CaCl}_2$ . Selanjutnya tanah dikocok selama 2 jam dengan menggunakan mesin kocok dua arah. Suspensi tanah, kemudian, disentrifusi selama 15 menit dengan kecepatan 3.000 rpm. Setelah suspensi tanah disentrifusi, larutan bening disaring untuk memisahkan untuk larutan bening dengan koloid tanah. Kekuatan ion (I) larutan bening diukur

menggunakan alat pengukur daya hantar listrik (*Electro Conductivity*- EC) untuk memperkirakan kekuatan ion dengan **Persamaan (1)**.

$$I = a \text{ EC} \quad (1)$$

Dimana I adalah kekuatan ion (mol L<sup>-1</sup>), EC adalah daya hantar listrik (mmhos cm<sup>-1</sup>) dan *a* = konstantan yang bernilai 0,013 untuk larutan encer - I < 0,1= mol L<sup>-1</sup> ) yang digunakan untuk menghitung koefisien aktifitas ion  $\gamma$  [3, 16, 19]. Kemudian 20 ml larutan bening tersebut didestilasi untuk menetapkan konsentrasi NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (dengan penambahan larutan 40% NaOH, yang ditampung dalam campuran asam borat dan indikator *conway*, dan sisa larutan bening digunakan untuk menetapkan konsentrasi Ca dan Mg (dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* - AAS) masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali [21].

Aktivitas kation NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> dihitung dengan menggunakan **Persamaan (2)**.

$$\alpha_j = c_j \gamma_j \quad (2)$$

Dimana  $\gamma_j$  adalah koefisien aktifitas ion tunggal untuk ion j dan C<sub>j</sub> adalah konsentrasi ion j. Koefisien aktifitas ion dapat dihitung dengan persamaan Davies (3) dengan memasukkan nilai *A* (suatu konstanta dengan nilai 0,512), muatan ion (Z<sub>j</sub>) dan pada suhu 25°C; *B* yaitu konstanta yang berhubungan dengan suhu air 25°C, *a* = bilangan parameter yang berhubungan dengan radius ion dengan nilai *aB* = 0,1506 [3, 16, 21].

$$\log \gamma_j = -Az_j^2 [I^{0.5} / (1 + BaI^{0.5})] \quad (3)$$

maka **Persamaan (3)** menjadi **Persamaan (4)**

$$\log \gamma_j = -0,512z_j^2 [I^{0.5} / (1 + 0,1506 I^{0.5})] \quad (4)$$

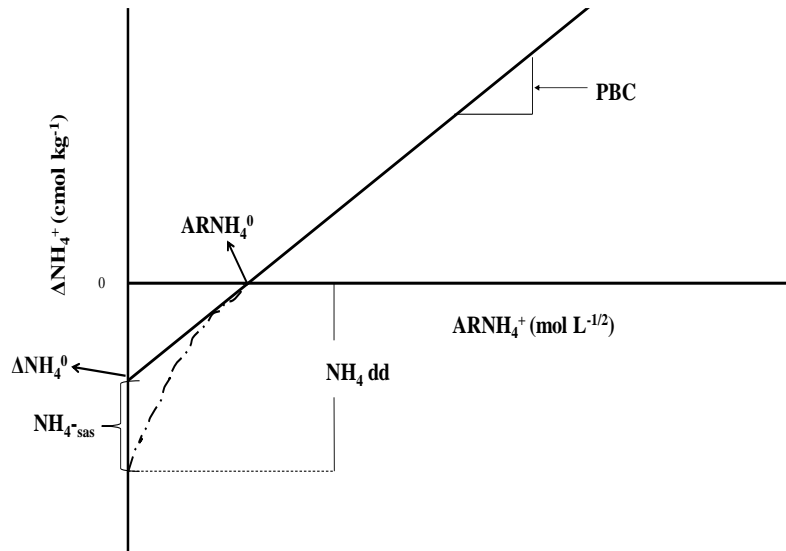
Grafik dari *Quantity/ intensity* (Q/I) NH<sub>4</sub><sup>+</sup> diperoleh kurva ideal (**Gambar 1**) yang menggambarkan suplai amonium dari koloid tanah ke dalam larutan pada tanah yang kemudian dapat tersedia bagi tanaman [18]. Selanjutnya, dari kurva ideal Q/I, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> menggambarkan kuantitas NH<sub>4</sub><sup>+</sup> yang dijerap koloid tanah atau dilepas dari tanah ( $\Delta\text{NH}_4^+$ , cmol kg<sup>-1</sup>) dan aktivitas rasio NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ( $\text{AR}_{\text{NH}_4^+}$  (mol L<sup>-1</sup>)<sup>1/2</sup>). Dimana nilai  $\Delta\text{NH}_4^+$  dan  $\text{AR}_{\text{NH}_4^+}$  dapat dihitung dengan menggunakan **Persamaan (5)** dan **(6)**.

$$\Delta\text{NH}_4^+ = \text{C}_{\text{NH}_4^+i} - \text{C}_{\text{NH}_4^+f} \quad (5)$$

Perubahan nilai NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dapat ditukar ( $\Delta\text{NH}_4^+$ ) adalah perbedaan antara konsentrasi NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dalam larutan seri (*i*) dalam larutan seri dan konsentrasi NH<sub>4</sub><sup>+</sup> sesudah keseimbangan (*f*) dengan koloid tanah dapat dapat dihitung dengan **Persamaan (5)**. Faktor intensitas NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ( $\text{AR}_{\text{NH}_4^+}$ ) adalah hasil perhitungan dari pengukuran konsentrasi NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Ca, dan Mg yang dikoreksi menjadi aktivitas ion dimana aktivitas Ca sama dengan aktivitas Mg (**Persamaan 6**).

$$\text{AR}_{\text{NH}_4^+} = (\text{NH}_4) / [(\text{Ca}^{2+}) + (\text{Mg}^{2+})]^{1/2} \quad (6)$$

Apabila diplot nilai  $\Delta\text{NH}_4^+$  sebagai sumbu vertical dan  $\text{AR}_{\text{NH}_4^+}$  sebagai sumbu horizontal maka didapat kurva linier dimana *slope*-nya adalah kapasitas daya sangga (*potensial buffering capacity* – PBC) kation amonium (**Gambar 1**).



**Gambar 1.** Kurva Ideal Q/I  $\text{NH}_4^+$ .  $\Delta\text{NH}_4^+$  = Jumlah  $\text{NH}_4^+$  yang dijerap atau dilepas  $\text{NH}_4^+$  dari tanah (vertikal);  $\text{AR}_{\text{NH}_4^+}$  = Aktivitas rasio amonium (orizental);  $\text{AR}_{\text{NH}_4^+}^0$  = Keseimbangan aktivitas rasio 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 KCl;  $\text{NH}_4^{\text{sas}}$  = Kedudukan spesifik  $\text{NH}_4^+$  ( $\text{NH}_4^{\text{dd}} - \Delta\text{NH}_4^0$ ).

Salah satu cara untuk mengevaluasi perilaku adsorpsi  $\text{NH}_4^+$  di dalam tanah menurut Evangelou dan Karathanasis [23] adalah menghitung koefisien selektivitas ( $K_v$ ) amonium – perlu diingat bahwa semakin tinggi nilai  $K_v$  maka koloid tanah lebih mengadsorpsi kation  $\text{NH}_4^+$  dibandingkan dengan kation  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  -- dengan menggunakan **Persamaan (7)**.

$$K_v = \text{PBC}_{\text{NH}_4^+} / \text{KTK} \quad (7)$$

### 3. Hasil Dan Pembahasan

#### Sifat Kimia Tanah dan Produksi Tanaman Tebu

Hasil analisis kimia tanah sampel awal sebelum tanam dan setelah panen dapat dilihat pada **Tabel 1**. Tanah Ultisol Gedung Meneng memiliki pH tanah yang agak masam (pH 5,5- 6,5), kandungan hara P-tersedia dan K-dd pada tanah setelah panen mengalami penurunan, baik yang diberi 100% pupuk organik maupun kombinasi dengan pupuk anorganik NPK. Hal ini

dapat terjadi karena kandungan P dan K pada tanah banyak yang diserap oleh tanaman setelah proses pertumbuhan tebu (dari bobot kering tebu 7-15  $\text{Mg ha}^{-1}$  terdapat 30-90  $\text{kg ha}^{-1}$  K dan 5-10  $\text{kg ha}^{-1}$  P) [24].

Kandungan N-total pada tanah awal dan akhir masih dalam kriteria yang sama (R = rendah) walaupun persen N pada semua perlakuan perlakuan B (100% pupuk organik), D (50% NPK + 100% pupuk organik), dan E (tanpa pemupukan) tanah menurun setelah panen di setiap perlakuan (**Tabel 1**). Penurunan tersebut dapat terjadi karena N dalam tanah banyak diserap oleh tanaman tebu untuk kebutuhan tebu yang menyerap N dari pupuk dan N tanah. Nitrogen total pada tanah dapat berada dalam keadaan teradsorpsi oleh kompleks pertukaran, amonium dapat terfiksasi oleh mineral silikat, tidak mudah larut oleh logam transisi, dan tidak mudah ditukar [25]. Menurut Sutedjo [26] tingginya tingkat kehilangan N lewat pencucian terutama amonium yang teroksidasi menjadi nitrat menyebabkan kandungan N pada tanah

dan yang tersedia untuk tanaman menjadi rendah.

Kandungan karbon (C-total) tanah awal dan tanah akhir pada semua perlakuan tergolong rendah dan menurun setelah panen. Di daerah tropika basah, pelapukan bahan organik sangat tinggi karena suhu yang relatif konstan dan tinggi sehingga penurunan kandungan C-organik tanah berlangsung cepat dan berakibat kandungan bahan organik rendah [27]. Jenis tanah ultisol memiliki kandungan liat pada *subsoil* yang mengurangi infiltrasi air sehingga meningkatkan aliran permukaan yang membawa partikel tanah dan unsure hara (erosi). Akibat erosi ini kesuburan tanah berkurang karena lapisan tanah atas terkikis sehingga miskin bahan organik [4].

Berdasarkan hasil analisis sampel tanah pada **Tabel 1**, dapat dilihat bahwa nilai KTK tanah awal maupun akhir masuk dalam kriteria rendah. Hal ini sejalan dengan penelitian Prasetyo dan Suriadikarta [4] bahwa tanah ultisol umumnya memiliki KTK lebih kecil dari  $16 \text{ cmol kg}^{-1}$ . Hasil analisis sampel tanah awal dan tanah akhir yang diberi pupuk

hanya pupuk organik maupun kombinasinya dengan pupuk anorganik menunjukkan bahwa nilai KTK tanah yang rendah (**Tabel 1**). Hal ini dapat dijelaskan bahwa jenis tanah-tanah ultisol umumnya telah mengalami pelapukan yang sudah lanjut dan kandungan bahan organik juga rendah.

### Biomassa Tanaman Tebu dan Produksi Gula

Data hasil penelitian pemupukan tebu di lapang (**Tabel 2**) menunjukkan bahwa perlakuan 100% pupuk organik dan yang dikombinasikan dengan pupuk anorganik NPK berpengaruh nyata terhadap biomassa batang, biomassa total dan produksi gula, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap biomassa daun. Hal ini dapat terjadi karena pertumbuhan daun tebu yang berada di lapangan terlihat seragam. Keseragaman daun tebu ini menjelaskan bahwa perbedaan dosis pupuk urea setiap perlakuan memberikan pengaruh yang sama terhadap biomassa daun tanaman tebu [28].

**Tabel 1.** Sifat Kimia Tanah sebelum (Awal) dan setelah Panen Tanaman Tebu (Akhir) (*Topsoil*)

Jenis Analisis		Perlakuan				
		A*	B	C	D	E
pH (H <sub>2</sub> O)	Awal	6,04 <sup>AM</sup>	6,24 <sup>AM</sup>	6,52 <sup>AM</sup>	6,19 <sup>AM</sup>	6,00 <sup>AM</sup>
	Akhir	6,15 <sup>AM</sup>	6,22 <sup>AM</sup>	6,41 <sup>AM</sup>	6,50 <sup>AM</sup>	5,96 <sup>AM</sup>
P- Tersedia (ppm)	Awal	15,87 <sup>ST</sup>	21,05 <sup>ST</sup>	21,08 <sup>ST</sup>	16,22 <sup>ST</sup>	23,03 <sup>ST</sup>
	Akhir	7,15 <sup>R</sup>	6,29 <sup>R</sup>	12,03 <sup>T</sup>	6,74 <sup>R</sup>	5,62 <sup>R</sup>
K-dd (cmol kg <sup>-1</sup> )	Awal	0,34 <sup>R</sup>	0,38 <sup>R</sup>	0,35 <sup>R</sup>	0,39 <sup>R</sup>	0,33 <sup>R</sup>
	Akhir	0,22 <sup>R</sup>	0,21 <sup>R</sup>	0,25 <sup>R</sup>	0,23 <sup>R</sup>	0,13 <sup>R</sup>
N-Total (%)	Awal	0,20 <sup>R</sup>	0,22 <sup>R</sup>	0,21 <sup>R</sup>	0,18 <sup>R</sup>	0,24 <sup>R</sup>
	Akhir	0,21 <sup>R</sup>	0,18 <sup>R</sup>	0,24 <sup>R</sup>	0,16 <sup>R</sup>	0,16 <sup>R</sup>
C-Total (%)	Awal	1,88 <sup>R</sup>	1,72 <sup>R</sup>	1,51 <sup>R</sup>	1,72 <sup>R</sup>	1,43 <sup>R</sup>
	Akhir	1,68 <sup>R</sup>	1,60 <sup>R</sup>	1,43 <sup>R</sup>	1,60 <sup>R</sup>	1,15 <sup>R</sup>
KTK (cmol kg <sup>-1</sup> )	Awal	8,50 <sup>R</sup>	8,50 <sup>R</sup>	9,00 <sup>R</sup>	9,00 <sup>R</sup>	9,00 <sup>R</sup>
	Akhir	8,20 <sup>R</sup>	7,30 <sup>R</sup>	8,80 <sup>R</sup>	8,30 <sup>R</sup>	7,30 <sup>R</sup>

Keterangan : (A)\*. 100% NPK (Urea : 300 +, TSP : 150 +, KCl : 300 (kg ha<sup>-1</sup>), (B).100% pupuk organik: (10 Mg ha<sup>-1</sup> kompos); (C). 100% NPK + 50% pupuk organik; (D). 50% NPK + 100% pupuk organik; (E). Tanpa Pemupukan. Angka yang diikuti huruf menyatakan kriteria T = tinggi; S = sedang; R = rendah; SR = sangat rendah; ST = sangat tinggi; AM = agak masam [25].

**Tabel 2.** Pengaruh Pupuk Organik dan Kombinasinya dengan Pupuk NPK terhadap Biomassa Daun dan Batang dan Produksi Gula

Perlakuan	Biomassa Daun	Biomassa Batang	Biomassa Total	Produksi Gula
.....Mg ha <sup>-1</sup> .....				
A*	6,70a**	31,82bc	38,52bc	10,72c
B	7,01a	17,99a	25,00a	6,84b
C	7,27a	37,59c	44,86c	11,61c
D	6,29a	27,67b	33,96b	7,95b
E	6,57a	18,06a	24,63a	4,84a
BNT 0.05	3,21	7,01	8,48	1,85

Keterangan : (A)\*. 100% anorganik (Urea : 300kg ha<sup>-1</sup>, TSP : 150 kg ha<sup>-1</sup>, KCl : 300 kg ha<sup>-1</sup>); (B). 100% organik ( kompos: 10.000 kg ha<sup>-1</sup>); (C). 100% NPK + 50% organik ;(D). 50% NPK + 100% organik ; (E). Tanpa pemupukan; \*\*angka dalam kolom yang diberi huruf sama tidak berbeda nyata uji BNT 5%.

Biomassa kering batang, biomassa total tanaman tebu dan produksi gula (**Tabel 2**) tertinggi pada perlakuan C (100% NPK + 50% organik), tetapi tidak berbeda nyata pengaruhnya dengan perlakuan A (100% NPK). Lebih lanjut, pengaruh perlakuan C terhadap biomassa kering batang, biomassa total tanaman tebu dan produksi nyata lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan B (100% pupuk organik, D (50% NPK + 100% organik) dan E (tidak dipupuk). Sedangkan pengaruh perlakuan B (100% organik) nyata lebih rendah dari pengaruh perlakuan D (50% NPK + 100% organik), bahkan pengaruh perlakuan B tidak menunjukkan perbedaan dengan pengaruh perlakuan E (tanpa pemupukan).

Urutan pengaruh perlakuan terhadap produksi biomas batang dan biomassa total mulai dari terendah perlakuan 100% pupuk organik (B) yang pengaruhnya tidak berbeda nyata dengan perlakuan tanpa puku (E); kemudian perlakuan 50% NPK + 100% pupuk organik (D ) yang pengaruhnya tidak berbeda nyata dengan perlakuan 100% pupuk anorganik (A) dan yang paling tinggi adalah pengaruh perlakuan 100% NPK + 50% organik (C) yang pengaruhnya tidak berbedanyata bila

dibandingkan dengan perlakuan A. Selanjutnya urutan pengaruh perlakuan terhadap produksi gula mulai dari terendah pengaruh perlakuan tanpa pupuk (E) disusul dengan pengaruh perlakuan 100% organik (B) yang pengaruhnya tidak berbeda nyata dengan perlakuan 50% NPK + 100% organik (D) dan yang paling tinggi adalah pengaruh perlakuan 100% NPK + 50% organik (C) yang pengaruhnya tidak berbeda nyata dengan pengaruh perlakuan 100% NPK (A).

Berdasarkan uraian di atas dapat dijelaskan bahwa pupuk anorganik NPK baik pada perlakuan A (100% NPK) dan perlakuan C (100% NPK + 50% organik) sangat berperan bagi pertumbuhan dan produksi gula tanaman tebu. Pemberian pupuk organik perlakuan D (50% NPK + 100% organik) pada petak percobaan belum mampu meningkatkan biomassa batang, biomassa total dan produksi gula secara signifikan bila dibandingkan dengan perlakuan A dan C, tetapi perlakuan D tersebut tidak berbeda nyata dengan perlakuan B (100% organik). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Wijaya [29] yang menyatakan bahwa pemberian pupuk organik dan kombinasinya dengan pupuk anorganik dapat meningkatkan bobot kering

tanaman mentimun. Bobot kering tanaman yang tinggi menunjukkan serapan unsur hara yang tinggi. Hal ini dapat disebabkan karena proses penyerapan unsur hara oleh tanaman. Lebih lanjut, Indria [30] menjelaskan bahwa unsur hara yang diserap tanaman dipengaruhi oleh persediaan air di dalam tanah dan dapat memacu proses fotosintesis secara optimal sehingga mempengaruhi berat kering tanaman.

### Serapan Hara N Tanaman Tebu

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan A (100% NPK), B (100% organik), C (100% NPK + 50% organik), D (50% NPK + 100% organik) dan E (tanpa pemupukan) tidak perbedaan yang nyata terhadap serapan N daun (**Tabel 3**). Hal ini dapat dijelaskan bahwa alokasi N dari tanah ke daun digunakan dalam proses fotosintesis untuk membentuk fotosintat atau biomassa daun tanaman; kemudian nitrogen yang ada digunakan tanaman untuk merangsang pertumbuhan vegetatif serta penyusun plasma sel dan berperan dalam pembentukan protein.

Lebih lanjut, data pada **Tabel 3** menunjukkan bahwa serapan N batang pada perlakuan A (100% NPK), C (100% NPK + 50% organik), dan D (50% NPK + 100% organik) nyata lebih tinggi dari perlakuan E (tanpa pemupukan), namun perlakuan B (100% organik) tidak berbeda nyata dengan perlakuan E (tanpa pemupukan). Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa pemberian hanya pupuk organik (Perlakuan B; 100% organik) belum mampu meningkatkan serapan hara N pada batang tebu tetapi jika diikuti dengan penambahan pupuk 50% NPK maupun 100% NPK dapat meningkatkan serapan hara N batang tebu. Dengan demikian, pemberian pupuk 50% organik (Perlakuan C) dapat digunakan untuk mengurangi penggunaan pupuk kimia. Sedangkan total serapan N tanaman tebu menunjukkan bahwa perlakuan C (100% NPK+ 50% organik) nyata lebih tinggi dari perlakuan B (100% organik), D (50% NPK + 100% organik), dan E (tanpa pemupukan). Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Anjani [31] dan Wijaya [29] bahwa tanah yang ditambahkan pupuk organik memiliki kandungan serapan N lebih tinggi dibandingkan tanpa pupuk organik.

**Tabel 3.** Pengaruh Pupuk Organonitrofos dan Kombinasinya dengan Pupuk NPK terhadap Serapan Hara N Tanaman Tebu

Perlakuan	Serapan N Daun	Serapan N Batang	Total Serapan N
	.....kg ha <sup>-1</sup> .....		
A*	78,96a**	89,09b	168,04c
B	72,81a	48,28a	121,09a
C	86,48a	100,85c	187,33c
D	74,83a	77,48b	152,31b
E	59,11a	44,24a	103,34a
BNT 0.05	37,04	19,24	46,07

Keterangan : (A)\*. 100% anorganik (Urea : 300kg ha<sup>-1</sup>, TSP : 150 kg ha<sup>-1</sup>, KCl : 300 kg ha<sup>-1</sup>); (B). 100% organik (kompos : 10.000 kg ha<sup>-1</sup>); (C). 100% NPK + 50% organik; (D). 50% NPK + 100% organik; (E). Tanpa Pemupukan; \*\* angka dalam kolom yang diberi huruf sama tidak berbeda nyata uji BNT 5%.



Lebih lanjut, pemberian bahan organik dapat meningkatkan serapan unsur N, karena N di dalam tanah diikat dalam bentuk organik atau dalam tubuh mikroorganisme sehingga terhindar dari pencucian [32].

### Total C Tanaman Tebu

Lebih lanjut, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan 100% NPK (D) dan 100% NPK + 50% organik (C) berbeda nyata lebih tinggi terhadap total C daun tanaman tebu dibandingkan dengan pengaruh tanpa pemupukan (E), namun pengaruh perlakuan B (100% organik) terhadap C-total tidak menunjukkan berbeda nyata dengan pengaruh perlakuan D (50% NPK + 100% Organik) maupun perlakuan E (tanpa pemupukan) (**Tabel 4**). Sedangkan total C batang dan total C tanaman tebu menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan A (100% NPK), C (100% NPK + 50% organik) dan D (50%NPK + 100% organik) berbeda nyata lebih tinggi dibandingkan pengaruh perlakuan E (tanpa pemupukan) dan pengaruh perlakuan B (100% organik) tidak berbeda nyata dengan pengaruh

perlakuan E (tanpa pemupukan) (**Tabel 4**). Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan C (100% NPK + 50% organik) dengan pemberian 100% NPK yang dikombinasikan 50% organik mempunyai kemampuan yang sama meningkatkan total hara C pada tanaman tebu. Total C penting untuk membangun bahan organik tanaman tebu yang sebagian besar dari bahan kering tanaman adalah bahan organik (47% C). Selain itu, C total terpanen yang bervariasi di atas permukaan tanah, di atas daun dan satu meter di atas permukaan tanah [33].

### Perilaku Pertukaran Amonium

Sifat kimia tanah *subsoil* yang telah diberi perlakuan sama dosisnya dengan perlakuan pemupukan tanaman tebu di lapang dan diinkubasi selama satu minggu menunjukkan bahwa pH tanah ( $H_2O$ ) tergolong dalam kriteria agak masam (**Tabel 5**). Nilai pH tanah tertinggi didapat pada perlakuan C (100% NPK + 50% organik) dengan pH 6,31. Pupuk organik maupun pupuk anorganik NPK yang diaplikasikan ke dalam tanah *subsoil* tidak meningkatkan pH tanah.

**Tabel 4.** Pengaruh Pupuk Organonitrofos dan Kombinasinya dengan Pupuk NPK terhadap Total C Tanaman Tebu Saat Panen

Perlakuan	Total C Tanaman Tebu Saat Panen (kg ha <sup>-1</sup> )		
	Daun	Batang	Total
A*	188,56b**	458,82b	647,38c
B	102,90a	268,54a	371,44a
C	253,72c	627,59c	881,31d
D	109,62a	406,04b	515,66b
E	98,03a	173,58a	271,62a
BNT 0.05	59,19	99,64	131,39

Keterangan : (A)\*. 100% anorganik (Urea : 300kg ha<sup>-1</sup>, TSP : 150 kg ha<sup>-1</sup>, KCl : 300 kg ha<sup>-1</sup>); (B). 100% organik ( kompos : 10.000 kg ha<sup>-1</sup>); (C). 100% NPK + 50% organik); (D). 50% NPK + 100% organik ; (E). tanpa Pemupukan; \*\*angka dalam kolom yang diberi huruf sama tidak berbeda nyata uji BNT 5%.

**Tabel 5.** Sifat Kimia Tanah *Subsoil* setelah perlakuan pemupukan sebelum analisis Q/I.

No	Jenis Analisis	Perlakuan				
		A	B	C	D	E
1	pH H <sub>2</sub> O	6,23	5,96	6,31	6,11	5,95
2	KTK (cmol kg <sup>-1</sup> )	8,00	7,50	8,50	8,50	7,00
3	C Total (%)	1,44	1,51	2,18	1,70	0,94
4	NH <sub>4</sub> dd (cmol kg <sup>-1</sup> )	2,99	2,54	3,21	1,95	0,29

Keterangan : A. 100% anorganik (Urea : 300kg ha<sup>-1</sup>, TSP : 150 kg ha<sup>-1</sup>, KCl : 300 kg ha<sup>-1</sup>); B. 100% organik ( organonitrofos : 10.000 kg ha<sup>-1</sup>); C. 100% NPK + 50% organik) ;D. 50% NPK + 100% organik ; E. Tanpa Pemupukan

Lebih lanjut, hasil analisis tanah yang diberi perlakuan pupuk organik maupun yang dikombinasikan dengan pupuk NPK tidak mampu meningkatkan nilai KTK walaupun nilai KTK masih dimasukkan dalam kriteria rendah untuk 5 perlakuan tersebut. Hal yang sama juga terlihat untuk C-total tanah dimana pemberian pupuk organik dan pupuk anorganik NPK belum mampu meningkatkan kandungan C-total pada tanah dan masih tergolong rendah. Untuk nilai amonium dapat ditukar (NH<sub>4</sub> dd), Tampaknya pemberian pupuk anorganik pada perlakuan A dan kombinasinya dengan pupuk organik pada perlakuan C dan D, nilai NH<sub>4</sub> dd jelas lebih tinggi dibandingkan dengan nilai NH<sub>4</sub> dd pada perlakuan E (tanpa pupuk). Sementara perlakuan B (100% organik) juga mesuplai amonium sehingga NH<sub>4</sub> dd pada perlakuan B juga lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan E, seperti yang digambarkan.

### Kuantitas-Intensitas (Q/I) Amonium

Hasil penelitian perilaku jerapan NH<sub>4</sub><sup>+</sup> yang menggunakan metode Q/I pada sampel tanah *subsoil* dapat dilihat pada kurva Q/I (**Gambar 2**) dan nilai parameter Q/I untuk masing-masing perlakuan dapat dilihat pada Tabel 6, dan uji *student-t* pada Tabel 7. Kurva linier Q/I (**Gambar 2**) menunjukkan

hubungan antara kuantitas (amonium pada koloid tanah) dan intensitas (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> di dalam larutan tanah) yaitu antara AR<sub>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></sub> (faktor intensitas) pada sumbu vertikal dan ΔNH<sub>4</sub><sup>+</sup> (faktor kuantitas) pada sumbu horizontal. Pada perlakuan pemupukan anorganik (perlakuan A, C dan D), koloid tanah melepaskan NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dan sebaliknya tidak mengadsorpsi NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dari larutan seri (ΔNH<sub>4</sub><sup>+</sup> = tanda negative pada sumbu vertikal) sementara pada perlakuan hanya pupuk organik (B = 100% pupuk organik) dan tanpa pupuk (E), koloid tanah menjerap NH<sub>4</sub><sup>+</sup> pada konsentrasi NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dalam larutan seri yang lebih tinggi dari larutan seri (nilai ΔNH<sub>4</sub><sup>+</sup> positif). Hal ini menggambarkan bahwa apabila koloid tanah telah dipupuk yang mengakibatkan koloid tanah sudah jenuh dengan NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dan kemudian diberi tambahan pupuk N atau urea, maka tambahan pupuk tersebut tidak lagi terjerap oleh koloid tanah dan akan mudah tersedia bagi tanaman atau tercuci ke lapisan tanah yang lebih dalam.

Sementara apabila koloid tanah belum jenuh NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, maka tambahan pupuk N akan teradsorpsi ke koloid tanah dan akan dapat dilepaskan ke dalam larutan tanah apabila konsentrasi NH<sub>4</sub><sup>+</sup> di dalam larutan tanah berkurang baik diserap oleh tanaman maupun tercuci. Barber [34], Koenig dan Pan [35] mendeskripsikan penggunaan metode

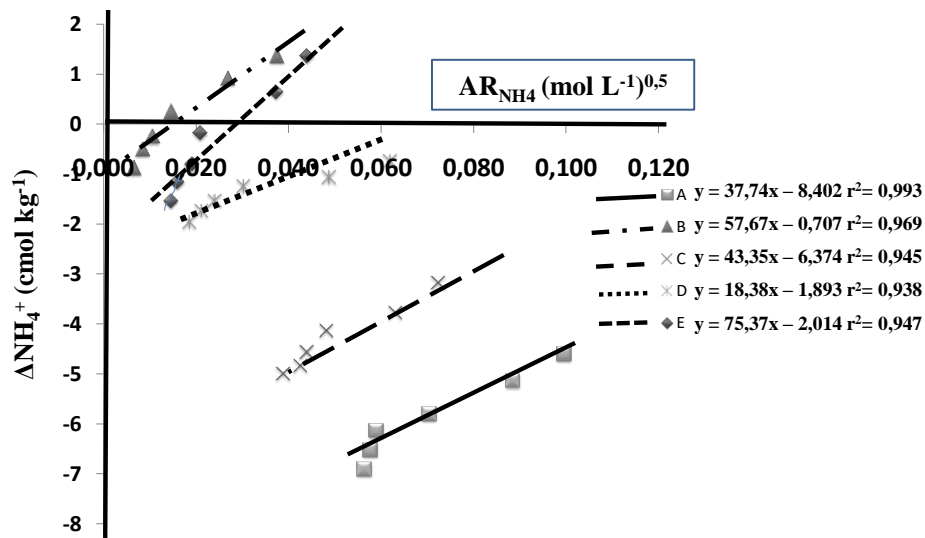
Q/I untuk mengevaluasi hubungan karakteristik suplai nutrisi dari koloid tanah ke larutan tanah dan kemudian dari larutan tanah tersedia untuk tanaman. **Gambar 2** dan **Tabel 6** tersebut juga menunjukkan bahwa perilaku pertukaran  $\text{NH}_4^+$  di dalam larutan yang berkesimbangan dengan  $\text{NH}_4^+$  di koloid tanah dipengaruhi oleh perlakuan pemupukan.

Lebih lanjut, **Gambar 2** dan **Table 6** tersebut juga menunjukkan pengaruh perlakuan terhadap nilai  $\text{PBC}_{\text{NH}_4}$ , dimana nilai  $\text{PBC}_{\text{NH}_4}$  pada perlakuan hanya pupuk anorganik pada perlakuan A dan yang dikombinasikan dengan pupuk organik pada perlakuan C dan D (perlakuan A=37,7; C=43,35; dan D=18,38) lebih rendah dibandingkan dengan  $\text{PBC}_{\text{NH}_4}$  pada perlakuan yang diberi hanya pupuk organik (B=57,67) dan tanpa perlakuan pupuk (E=75,37). Nilai  $\text{PBC}_{\text{NH}_4}$  berturut-turut dari nilai paling kecil ke yang paling besar pada perlakuan D < A < C < B < E. Hal ini dapat terjadi karena pupuk yang mengandung nitrogen ( $\text{NH}_4^+$ ) pada perlakuan pupuk 100% NPK telah berada dalam koloid tanah (nilai  $\Delta\text{NH}_4^0$  perlakuan A= - 8,402 dan C = - 6,374  $\text{cmol kg}^{-1}$ ) sehingga menyebabkan  $\text{NH}_4^+$  yang diberikan dalam larutan seri tidak terjerap lagi oleh koloid tanah dan lebih banyak berada dalam larutan (atau lebih mudah tersedia untuk diserap tanaman), sebaliknya jerapan  $\text{NH}_4^+$  pada tanah yang tidak diberi pupuk anorganik (perlakuan B dan E),  $\text{NH}_4^+$  lebih banyak diadsorpsi oleh koloid tanah dari larutan tanah (kurang tersedia untuk tanaman) sehingga

kapasitas penyangga lebih tinggi. Perilaku pertukaran  $\text{NH}_4^+$  yang sama dalam pada jenis Tanah Wabasso dan Candler telah dilaporkan oleh Wang dan Alva [7].

Pengaruh perlakuan terhadap koefisien selektifitas  $\text{NH}_4^+$  ( $K_v$ ), dimana nilai  $K_v$  sejalan dengan nilai  $\text{PBC}_{\text{NH}_4}$  bahwa nilai  $K_v$  berturut-turut dari nilai paling kecil ke yang paling besar pada perlakuan D = 4,32 < A =9,44 < C=10,20 < B=15,38 < E =21,53 (**Tabel 6**). Hal yang paling menarik dari data  $K_v$  ini adalah pemberian kombinasi pupuk anorganik dan organik (D 50% NPK +100% organik) mampu menekan nilai  $K_v$  dari 21,53 pada perlakuan E (tanpa pupuk) menjadi 4,32 pada perlakuan D. Dengan demikian pemberian bahan organik akan membantu ketersediaan nitrogen untuk tanaman. Nilai  $\text{AR}_{\text{NH}_4^0}$ ,  $\Delta\text{NH}_4^0$ ,  $\text{NH}_4$  dd, dan  $\text{NH}_{4\text{sas}}$  tanah dari percobaan yang telah dilakukan diperoleh hasil tanah yang diberi perlakuan pupuk NPK lebih tinggi dari pada tanah dengan penambahan pupuk organik (**Tabel 6**). Nilai  $\text{AR}_{\text{NH}_4^0}$  adalah nilai yang menggambarkan intensitas  $\text{NH}_4^+$  dalam keadaan seimbang (*equilibrium*). Tanah dengan perlakuan A (100% NPK) nilai  $\text{AR}_{\text{NH}_4^0}$  lebih tinggi dibandingkan dengan tanah perlakuan D ( 50% NPK + 100% organik). Pemberian hanya pupuk organik (perlakuan B 100% organik) memiliki  $\text{AR}_{\text{NH}_4^0}$  paling rendah yang memiliki arti bahwa  $\text{NH}_4^+$  di dalam larutan tanah dijerap oleh bahan organik karena bahan organik meningkatkan kapasitas adsorpsi kation [36].

Jamalam Lumbanraja dkk. : Perilaku Pertukaran Amonium dan Produksi Tebu (*Saccharum officinarum* L.) yang Dipupuk Anorganik NPK dan Organik pada Pertanaman Tebu di Tanah Ultisol Gedung Meneng



**Gambar 2.** Kurva Q/I  $\text{NH}_4^+$  pada Tanah Ultisol Gedung Meneng. A. 100% anorganik (Urea :  $300\text{ kg ha}^{-1}$ , TSP :  $150\text{ kg ha}^{-1}$ , KCl :  $300\text{ kg ha}^{-1}$ ); B. 100% organik (organonitrofos :  $10.000\text{ kg ha}^{-1}$ ); C. 100% NPK + 50% organik); D. 50% NPK + 100% organik ; E. Tanpa Pemupukan  $\text{AR}_{\text{NH}_4^+}$  = aktifitas rasio ammonium ( $\alpha_{\text{NH}_4}/(\alpha_{\text{Ca}+\text{Mg}})^{0,5}$ ) ;  $\Delta\text{NH}_4^+$  = Jumlah  $\text{NH}_4^+$  yang dijerap atau dilepas koloid tanah.

**Tabel 6.** Nilai Paarameter Q/I dari Masing-masing Perlakuan.

Perlakuan	$\text{PBC}_{\text{NH}_4^+}$	$\text{AR}_{\text{NH}_4^0}$	Kv	$\Delta\text{NH}_4^0$	$\Delta\text{NH}_4\text{dd}$	$\Delta\text{NH}_4^+_{\text{-sas}}$
	( $\text{cmol kg}^{-1}$ )( $\text{mol L}^{-1}$ ) <sup>1/2</sup>	( $\text{mol L}^{-1}$ ) <sup>1/2</sup>		----- $\text{cmol kg}^{-1}$ -----		
A*	37,74	0,223	9,44	8,402	2,99	-5,41
B	57,67	0,012	15,38	0,707	2,54	1,84
C	43,36	0,161	10,20	6,374	3,21	-3,17
D	18,38	0,106	4,32	1,893	1,95	0,06
E	75,37	0,027	21,53	2,014	0,29	-1,73

Keterangan : (A). 100% NPK (Urea :  $300\text{ kg ha}^{-1}$ , TSP :  $150\text{ kg ha}^{-1}$ , KCl :  $300\text{ kg ha}^{-1}$ ); (B) 100% pupuk organik (kompos :  $10.000\text{ kg ha}^{-1}$ ); (C). 100% NPK + 50% pupuk organik; (D) 50% NPK + 100% pupuk organik.; E. Tanpa Pemupukan.  $\text{PBC}_{\text{NH}_4^+}$  = kapasitas penyangga  $\text{NH}_4$ ,  $\text{AR}_{\text{NH}_4^0}$  = Aktifitas rasio pada keseimbangan, Kv = Koefisien selektivitas,  $\text{NH}_4\text{dd}$  :=  $\text{NH}_4^+$  dapat ditukar yang diekstrak dengan 1 M KCl,  $\Delta\text{NH}_4^0$  = Kedudukan non-spesifik,  $\text{NH}_4^+_{\text{-sas}}$  = kedudukan spesifik adsorbs (lihat **Gambar 1**).

Nilai  $\Delta\text{NH}_4^0$  (*non-spesific asorption*) pada perlakuan A, C, dan E lebih tinggi dari nilai amonium dapat ditukar  $\text{NH}_4\text{dd}$  dengan pengekstrak 1M KCl. Hal ini berarti bahwa pada tiga perlakuan ini koloid tanah tidak mempunyai jerapan amonium yang khusus ( $\Delta\text{NH}_4^+_{\text{-sas}} = \text{NH}_4\text{dd} - \Delta\text{NH}_4^0$ ), kecuali pada perlakuan B (100% organik) dan pada perlakuan D (50% NPK + 100% organik) yang menunjukkan adanya  $\Delta\text{NH}_4^+_{\text{-sas}}$

masing-masing  $1,84\text{ cmol kg}^{-1}$  pada perlakuan B dan  $0,06\text{ cmol kg}^{-1}$  pada perlakuan D. Lebih lanjut, nilai  $\Delta\text{NH}_4^0$  lebih besar dibandingkan  $\text{NH}_4\text{dd}$  menunjukkan bahwa akibat koloid tanah sudah diberi nitrogen pada perlakuan A, C dan E mengalami reaksi yang tidak dapat diekstrak oleh larutan 1 M KCl. Tetapi dengan larutan seri Q/I yang kurvanya dikonstruksi oleh  $\Delta\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{AR}_{\text{NH}_4}$ , perpotongan persamaan

dengan sumbu vertical dapat memprediksi amonium yang teradsorpsi pada koloid tanah (pada perlakuan A = 8,402, C = 6,374 dan E = 2,014 cmol kg<sup>-1</sup>). Reaksi yang tidak dapat diekstrak ini diduga bahwa NH<sub>4</sub><sup>+</sup> yang teradsorpsi oleh koloid tanah terjadi ikatan kovalen dengan logam transisi karena pada saat tanah diinkubasi menjadi keadaan anaerob, mikroorganismenya dapat membuat donor elektron. Dalam keadaan anaerob, besi (Fe<sup>3+</sup>) mengalami hidrolisis menjadi bentuk FeOOH<sup>-</sup> dan menyerap NH<sub>4</sub><sup>+</sup> yang menjadi penyumbang elektron. Dalam Budiyanto [37] tanah dalam kondisi kurang oksigen atau tergenang, mikroorganismenya dapat memanfaatkan elektron seperti FeOOH<sup>-</sup> (FeOOH<sup>-</sup> + e<sup>-</sup> + 3H<sup>+</sup> → Fe + 2H<sub>2</sub>O).

Untuk mengetahui perbedaan pengaruh tiap perlakuan terhadap amonium *buffering capacity* PBC<sub>NH<sub>4</sub></sub> dan nilai ΔNH<sub>4</sub><sup>0</sup> dilakukan Uji *student-t* (Tabel 7). Nilai ΔNH<sub>4</sub><sup>0</sup> (*non-specific adsorption*) menggambarkan bahwa nilai amonium teradsorpsi di koloid tanah yang

mudah dilepas ke dalam larutan tanah apabila ammonium berkurang di dalam larutan tanah diserap tanaman atau tercuci. Nilai PBC<sub>NH<sub>4</sub></sub> pada Tabel 7 menunjukkan bahwa perbedaan antar perlakuan tidak menunjukkan adanya perbedaan yang nyata pada taraf 5% antar perlakuan kecuali perlakuan D dengan perlakuan E. Hal ini membuktikan bahwa tanah pada perlakuan yang hanya pupuk anorganik (A 100% NPK), dan campuran pupuk anorganik dan organik (C dan D) sudah jenuh dari pupuk yang telah diberikan. Semakin tinggi kemampuan tanah dalam menyerap NH<sub>4</sub><sup>+</sup> maka PBC<sub>NH<sub>4</sub></sub> akan semakin tinggi dan sebanding dengan nilai Kv dimana nilai PBC berbanding lurus dengan nilai Kv dalam arti jika nilai PBC<sub>NH<sub>4</sub></sub> tinggi maka nilai Kv juga tinggi. Tingginya nilai KV pada tanah menunjukkan bahwa NH<sub>4</sub><sup>+</sup> yang diberikan melalui aplikasi pupuk Urea akan bertahan dari pencucian terutama di tanah dengan curah hujan tinggi [38] atau dengan kata lain, kemampuan tanah dalam menyerap NH<sub>4</sub><sup>+</sup> tinggi.

**Tabel 7.** Uji *Student-t* pada Parameter Pengamatan PBC<sub>NH<sub>4</sub></sub><sup>+</sup> dan ΔNH<sub>4</sub><sup>0</sup>.

Perlakuan	T hitung	
	PBC <sub>NH<sub>4</sub></sub>	ΔNH <sub>4</sub> <sup>0</sup>
A* VS B	0,956tn	8,788*
A VS C	0,294tn	1,682tn
A VS D	1,464tn	7,495*
A VS E	1,952tn	8,014*
B VS C	0,748tn	7,117*
B VS D	2,236tn	10,636**
B VS E	0,550tn	0,991tn
C VS D	2,043tn	5,699*
C VS E	1,741tn	6,336*
D VS E	4,807*	2,779tn
t-table	0,05 = 4,303	0,01 = 9,925

Keterangan: \* (A) 100% NPK (Urea : 300kg ha<sup>-1</sup>, TSP : 150 kg ha<sup>-1</sup>, KCl : 300 kg ha<sup>-1</sup>); (B) 100% pupuk organik (kompos =: 10.000 kg ha<sup>-1</sup>), (C) 100% NPK +50% pupuk organik,.;(D) 50% NPK + 100% pupuk organik).(E). Tanpa Pemupukan, PBC<sub>NH<sub>4</sub></sub><sup>+</sup>= kapasitas penyangga NH<sub>4</sub>, ΔNH<sub>4</sub><sup>0</sup> = Kedudukan non-spesifik, \* := Berbeda nyata pada taraf 5%, \*\* = Sangat berbeda nyata pada taraf 1 %, tn : Tidak berbeda nyata.

Lebih lanjut, pada **Tabel 7** juga dapat dilihat perbedaan pengaruh antar perlakuan terhadap amonium teradsorpsi dalam keadaan mudah dilepaskan ( $\Delta\text{NH}_4^0$ ). Hampir semua antar perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap nilai  $\Delta\text{NH}_4^0$  kecuali pada perlakuan A vs C yang masing-masing diperlakukan dengan 100% NPK, pada perlakuan B vs E yang masing-masing tidak mendapat pupuk anorganik, dan pada perlakuan D vs E dimana pemberian pupuk anorganik pada perlakuan D (D 50% NPK + 100% organic) belum mampu meningkatkan nilai  $\Delta\text{NH}_4^0$ . Akan tetapi nilai  $\text{PBC}_{\text{NH}_4}$  pada perlakuan D jauh lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan E yang artinya apabila diberi pupuk N yang mengandung amonium pada tanah yang mengandung bahan organik tinggi, pupuk N tersebut akan lebih mudah terlepas ke koloid tanah dan akan tersedia bagi tanaman. Kemampuan koloid bahan organik untuk menjerap kation melebihi kemampuan liat [15].

### Uji Korelasi Serapan N dan Biomassa Tebu dengan KTK, $\text{NH}_4\text{dd}$ , dan Parameter Q/I $\text{NH}_4^+$

Hasil uji korelasi serapan N dan biomassa tebu dengan KTK,  $\text{NH}_4\text{dd}$ , dan Parameter Q/I  $\text{NH}_4^+$  dapat dilihat pada Tabel 8. Hasil tersebut menunjukkan bahwa  $\text{AR}_{\text{NH}_4^0}$ ,  $\Delta\text{NH}_4^0$ , KTK dan  $\text{NH}_4\text{dd}$  nyata berkorelasi positif terhadap serapan N tanaman. Nilai  $\text{AR}_{\text{NH}_4^0}$ ,  $\Delta\text{NH}_4^0$ , KTK dan  $\text{NH}_4\text{dd}$  yang tinggi sejalan dengan kenaikan serapan N tanaman tebu, tetapi  $\text{PBC}_{\text{NH}_4}$  tidak nyata korelasinya terhadap serapan N. Hal yang hampir sama bahwa  $\text{AR}_{\text{NH}_4^0}$ ,  $\Delta\text{NH}_4^0$ , dan KTK nyata berkorelasi positif dengan biomassa tanaman tebu, tetapi  $\text{PBC}_{\text{NH}_4}$  dan  $\text{NH}_4\text{dd}$  tidak menunjukkan korelasi yang nyata terhadap biomassa tanaman tebu. Sehingga dapat disimpulkan bahwa parameter Q/I ammonium  $\text{AR}_{\text{NH}_4^0}$ , dan  $\Delta\text{NH}_4^0$  serta KTK nyata berkorelasi positif dengan serapan N dan biomassa tanaman tebu.

**Tabel 8.** Uji Korelasi Nilai parameter Q/I ( $\text{AR}_{\text{NH}_4^0}$ ,  $\Delta\text{NH}_4^0$ , dan  $\text{PBC}_{\text{NH}_4}$ ) dan  $\text{NH}_4\text{dd}$  serta KTK dengan serapan N dan Biomassa tebu..

No	Uji korelasi	Persamaan	R
1	$\text{AR}_{\text{NH}_4^0}$ VS serapan N tanaman	$y = 132,685 + 157,296x$	0,688*
2	$\Delta\text{NH}_4^0$ VS serapan N tanaman	$y = 126,032 + 6,276x$	0,801**
3	$\text{PBC}_{\text{NH}_4}$ VS serapan N tanaman	$y = 166,764 - 0,329x$	-0,368tn
4	$\text{NH}_4\text{dd}$ VS serapan N tanaman	$y = 110,776 + 18,197x$	0,790**
5	KTK VS serapan N tanaman	$y = 19,826 + 15,972x$	0,923**
6	$\text{AR}_{\text{NH}_4^0}$ VS biomassa tanaman	$y = 28,446 + 57,442x$	0,721*
7	$\Delta\text{NH}_4^0$ VS biomassa tanaman	$y = 27,534 + 1,907x$	0,698*
8	$\text{PBC}_{\text{NH}_4}$ VS biomassa tanaman	$y = 41,429 - 0,131x$	-0,421tn
9	$\text{NH}_4\text{dd}$ VS biomassa tanaman	$y = 24,372 + 4,860x$	0,605tn
10	KTK VS biomassa tanaman	$y = -6,234 + 5,036x$	0,835**

Keterangan: \*\* = nyata pada taraf 1 %; \* = nyata pada taraf 5%, tn = tidak nyata.

Selanjutnya, **Tabel 8** juga menunjukkan bahwa nilai  $PBC_{NH_4}$  tidak nyata berkorelasi negatif terhadap serapan N serta biomassa tanaman tebu. Hal ini dapat dijelaskan bahwa nilai kapasitas penyangga ( $PBC_{NH_4}$ ) yang tinggi (sejalan dengan nilai koefisien selektivitas  $-K_v-$  yang tinggi) berarti bahwa tanah lebih senang mengikat  $NH_4^+$  pada kolid tanah sehingga  $NH_4^+$  pada koloid tanah tidak mudah tersedia bagi tanaman. Lebih lanjut, amoniun dapat ditukar ( $NH_4^{dd}$ ) yang diekstrak dengan 1 M KCl nyata berkorelasi positif dengan N terangkut tanaman tetapi tidak nyata berkorelasi positif dengan biomasa tanaman tebu.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa: (1) Pemberian kombinasi pupuk anorganik dan pupuk organik (perlakuan C= 100% NPK + 50% Organik) berpengaruh nyata paling tinggi terhadap biomassa, N terangkut dan C terangkut tanaman tebu tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan hanya pupuk anorganik (perlakuan A= 100% NPK). (2) Pemberian pupuk anorganik dan yang dikombinasikan dengan pupuk organik (A, C, dan D) berpengaruh terhadap parameter Kuantitas-Intensitas (Q/I)  $NH_4^+$  yaitu meningkatkan adsorpsi ammonium yang mudah dilepaskan ( $\Delta NH_4^0$ ) dan aktifitas rasio amoniun dalam keseimbangan ( $AR_{NH_4^0}$ ) tetapi menurunkan kapasitas penyangga ammonium ( $PBC_{NH_4}$ ) dan koefisien selektivitas ammonium ( $K_v$ ) dibandingkan pemberian hanya pupuk organik (B=100% organik) dan tanpa pemupukan (E). (3) Serapan nitrogen dan biomassa tebu nyata berkorelasi positif dengan adsorpsi ammonium yang mudah dilepaskan ( $\Delta NH_4^0$ -non-specific adsorbed), aktifitas rasio amoniun

dalam keseimbangan dengan kation lain dalam larutan tanah ( $AR_{NH_4^0}$ ) dan kapasitas tukar kation (KTK), tetapi tidak nyata berkorelasi negatif dengan kapasitas penyangga ammonium  $PBC_{NH_4}$ .

#### 5. Referensi

- [1] A. Toharisman, "Pengelolaan Tebu Berkelanjutan," *www.p3gi.net. Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI)*, 2007.
- [2] Subagyo, H. N. Suharta, and A. B. Siswanto, "Tanah-Tanah Pertanian di Indonesia," in *Sumber Daya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya*, Bogor: Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, 2004, pp. 21–66.
- [3] J. Lumbanraja, *Kimia Tanah dan Air. Prinsip Dasar dan Lingkungan*. Bandar Lampung: CV. Anugrah Utama Raharja, 2017.
- [4] B. H. Prasetyo, and D. A. Suriadikarta, "Karakteristik, Potensi, dan Teknologi Pengelolaan Tanah Ultisol untuk Pengembangan Pertanian Lahan Kering di Indonesia," *J. Litbang Pertan.*, vol. 25, no. 2, pp. 39–47, 2006.
- [5] J. Lumbanraja, M. Utomo, and M. Zahir, "Perilaku Jerapan Kalium pada Tiga Sistem Olah Tanah Sawah dengan pemupukan Urea Prill dan Tablet," *J. Tanah Trop.*, vol. 5, pp. 29–38, 1997.
- [6] M. Utomo, Sudarsono., B. Rusman., T. Sabrina., J. Lumbanraja., and Wawan, *Ilmu Tanah Dasar-dasar dan Pengelolaan*. Jakarta: Prenada Media, 2016.
- [7] F. L. Wang and A. K. Alva, "Ammonium Adsorption and Desorption in Sandy Soils," *Soil*

- Sci. Soc. Am. J.*, vol. 64, pp. 1669–1674, 2000.
- [8] Y. Anvimelech and M. Laher, “Ammonium Volatilization from Soils: Equilibrium Considerations,” *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 41, pp. 1080–1084, 1977.
- [9] L. B. Fenn, J. E. Datcha, and E. Woo, “Substitution of Ammonium and Potassium for Added Calcium In Reduction of Ammonium Loss From Surfaced-Applied Urea,” *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 46, pp. 771–776.
- [10] A. G. Ajiboye, J. O. Azeez, and A. J. Omotunde, “Potassium Forms and Quantity-Intensity Relationship in some Wetland Soils of Abeokuta, Southwestern Nigeria,” *Arch. Agro. and Soil Sci.*, vol. 61, no. 10, pp. 1393–1408, 2015.
- [11] Z. Shengxiang, “Potassium Supplying Capacity and High Efficiency Use of Potassium Fertilizer in Upland Soils of Hunan Province,” *Better Crop. Int.*, vol. 12, no. 1, pp. 16–19, 1998.
- [12] L. Lumbanraja and V. P. Evangelou, “Potassium Quantity-Intensity Relationships In The Presence And Absence Of  $\text{NH}_4^+$  For Three Kentucky Subsoils,” *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 164, pp. 366–376, 1992.
- [13] L. Lumbanraja and V. P. Evangelou, “Adsorption-Desorption Of Potassium And Ammonium At Low Concentrations In Three Kentucky Subsoils,” *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 157, pp. 269–278, 1994.
- [14] U. Suwahyono, *Petunjuk Praktis Penggunaan Pupuk Organik Secara Efektif dan Efisien*. Jakarta: Penebar Swadaya, 2011.
- [15] H. Bohn, B. McNeal, and G. O’Connor, *Soil Chemistry 2nd Edition*. New York: Wiley-Interscience, 1985.
- [16] V. P. Evangelou, *Environmental Soil And Water Chemistry: Principle And Application*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1998.
- [17] J. Lumbanraja *et al.*, “Phosphorus (P) Adsorption Behavior And Harvested P By The Sugarcane (*Saccharum Officinarum* L) Affected By Inorganic And Organic Fertilizer Application On An Ultisol,” *J Trop Soils*, vol. 23, no. 1, pp. 35–45, 2018.
- [18] P. H. T. Beckett, “Studies on Soil Potassium. II. The Immediate Q/I Relation of Labile Potassium in The Soil,” *J. Soil Sci.*, vol. 15, pp. 9–23, 1964.
- [19] L. Lumbanraja and V. P. Evangelou, “Binary And Ternary Exchange Behavior Of Potassium And Ammonium On Kentucky Subsoils,” *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 54, pp. 698–705, 1990.
- [20] W. L. Lindsay, *Chemical Equilibria in Soils*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1979.
- [21] J. J. Wang, D. L. Harrell, and P. F. Bell, “Potassium Buffering Characteristics of Three Soils Low in Exchangeable Potassium,” *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 68, pp. 654–661, 2004.
- [22] G. Sposito, “The Future Of An Illusion: Ion Activities In Soil Solutions,” *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 56, pp. 531–536, 1984.
- [23] V. P. Evangelou and A. D. Karathanasis, “Evaluation Of Potassium Quantity-Intensity Relationships By A Computer Model Employing The Gapon Equation,” *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 50, pp. 56–62, 1986.
- [24] D. Calcino, G. Kongston, and M. Haysom., “Nutrient of the Plant’



- Chapter 9," in Hogarth, M., and P Allsopp (eds), *Manual of Cane Growth, Bureau of Sugar Experlimental Stations*, Australia: Indooroopilly.
- [25] D. Setyorini and S. Abdurachman, "Pengelolaan Hara Mineral Tanaman Padi," *Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian dan Balai Besar Penelitian Tanaman Padi*, 2009.
- [26] M. M. Sutedjo and A. G. Kartasapoetra, *Pengantar Ilmu Tanah: Terbentuknya Tanah dan Tanah Pertanian*. Jakarta: Rineka Cipta, 2010.
- [27] D. Nursyamsi and Suprihatin, "Sifat-sifat Kimia dan Mineralogi Tanah serta Kaitannya dengan Kebutuhan Pupuk untuk Padi (*Oryza sativa*), Jagung (*Zea mays*), dan Kedelai (*Glycine max*)," *Bul. Agron*, vol. 33, no. 3, pp. 40–47, 2005.
- [28] L. J.M., I. A. Ciampitti, E. Mariano, M. X. Vieira-Megda, and P. C. O. Trivelin, "Nutrient Partitioning and Stoichiometry in Unburnt Sugarcane Ratoon at Varying Yield Levels," *Front. Plant Sci.*, vol. 7, p. 466, 2016.
- [29] A. A. Wijaya, "Uji Efektivitas Pupuk Organonitrofos Dan Kombinasinya Dengan Pupuk Anorganik Terhadap Pertumbuhan, Serapan Hara Dan Produksi Tanaman Mentimun (*Cucumis Sativus L.*) Pada Musim Tanam Kedua Di Tanah Ultisol Gedung Meneng," Universitas Lampung, 2014.
- [30] A. T. Indria, "Pengaruh sistem pengolahan tanah dan pemberian macam bahan organik terhadap hasil kacang tanah (*Arachis hypogaeae L.*)," Universitas Sebelas Maret, 2005.
- [31] D. J. Anjani, "Uji Efektivitas Pupuk Organonitrofos dan Kombinasinya dengan Pupuk Anorganik pada Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculantum*, Mill.) di Tanah Ultisol," Universitas Lampung. Bandar Lampung, 2013.
- [32] X. Cao, Q. Ma, L. Wu, L. Zhu, and Q. Jin, "Effect Of Ammonium Application Rate On Uptake Of Soil Adsorbed Amino Acids By Rice," *J Zhejiang Univ-Sci B (Biomed Biotechnol)*, vol. 17, no. 4, pp. 294–302, 2016.
- [33] A. Fauzi, "Analisa Kadar Unsur Hara Karbon Organik dan Nitrogen Di Dalam Tanah Perkebunan Kelapa Sawit Bengkalis Bengkulu," Universitas Sumatera Utara, 2008.
- [34] S. A. Barber, *Soil Nutrient Bioavailability: A Mechanistic Approach*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1984.
- [35] R. T. Koenig and W. L. Pan, "Calcium Effect on Quantity-Intensity Relationship and Plant Availability of Ammonium," *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 60, pp. 492–297, 1996.
- [36] F. L. Wang and P. M. Huang, "Effects of organic Matter on the Rate of Potassium Adsorption by Soils," *Can. J. Soil Sci.*, vol. 81, pp. 325–330, 2001.
- [37] G. Budiyanto, *Reaksi Oksidasi-Reduksi Dalam Siklus Nitrogen. Diskusi Alumni Universitas Padjajaran*. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 2015.
- [38] J. Lumbanraja, M. Utomo, and Nasrun, "Pengaruh Sistem Olah Tanah dan Residu Batuan Fosfat terhadap Perilaku Jerapan Kalium pada Tanah Masam," in *Proc. Sem. Nas. Pengb. Wil. Lahan Kering*, 1993, pp. 112–121.

Jamalam Lumbanraja dkk. : Perilaku Pertukaran Amonium dan Produksi Tebu  
(*Saccharum officinarum* L.) yang Dipupuk Anorganik NPK dan Organik  
pada Pertanaman Tebu di Tanah Ultisol Gedung Meneng