



TINGKAT PENCUCIAN N, P, K, DAN Mg DARI APLIKASI BEBERAPA JENIS PUPUK

LEACHING LEVEL OF N, P, K, AND Mg FROM APPLICATION OF SEVERAL TYPES OF FERTILIZER

Suroso Rahutomo dan Eko Noviandi Ginting

Abstrak Penelitian untuk membandingkan tingkat pencucian N, P, K dan Mg dari beberapa jenis pupuk telah dilakukan. Pengukuran pencucian hara dilakukan menggunakan pipa perkolator selama enam bulan. Sampel tanah untuk mengisi pipa perkolator adalah *subsoil* tanah *Inceptisol* yang diambil dari salah satu perkebunan kelapa sawit di Sumatera Utara. Perlakuan yang dicobakan adalah aplikasi pupuk majemuk briket, majemuk granuler, dan pupuk tunggal dengan kandungan N, P, K, dan Mg yang setara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi pupuk tunggal (urea, Triple Super Phosphate/TSP, dan Muriate of Potash/MoP) secara umum menghasilkan jumlah hara N, P, dan K tercuci dari sampel tanah dalam pipa perkolator lebih banyak dibanding jika menggunakan pupuk majemuk granuler atau briket yang memiliki karakter *slow release*. Selanjutnya, P merupakan hara paling sedikit tercuci dibanding N, K, dan Mg. Dengan tingkat pencucian yang rendah, residu hara dari pupuk P setelah 6 bulan pengamatan mencapai 99.9%, jauh lebih besar dibanding pada jenis pupuk lainnya. Dari keempat jenis hara yang diamati dalam penelitian ini, pencucian Mg berlangsung lebih intensif sehingga residu hara dari pemupukan Mg di akhir penelitian mencapai sekitar 25-35%. Untuk N dan K, residu hara dari pemupukan di akhir penelitian adalah sekitar 92 - 95%.

Kata kunci: *pencucian hara, residu, jenis pupuk*

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit

Suroso Rahutomo (✉)
Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Jl. Brigjen Katamso No. 51 Medan, Indonesia
Email: srahutomo01@gmail.com

Abstract A study to compare amount of N, P, K, and Mg leached from fertilizers had been conducted. Leaching was measured using percolator tubes for six months. Subsoil of *Inceptisol* collected from an oil palm plantation in North Sumatera was used to fill the tube. Treatments were application of briquette compound fertilizer, granular compound fertilizer, and single fertilizer; all types of fertilizers contained equal amount of N, P, K, and Mg. The results showed that higher amount of leached N, P, and K were found under application of single fertilizers (urea, Triple Super Phosphate/TSP, and Muriate of Potash/MoP) than under briquette and granular compound fertilizer which had slow release characters. Furthermore, amount of leached P was much smaller than leached N, K, and Mg. Residual P from fertilizers after six months was about 99.9%. On the other hand, an intensive leaching of Mg occurred in this study so residual Mg in the end of study was only 25-35%. For N and K, the residual nutrients from fertilizers after six months were about 92-95%.

Keywords: *nutrients leaching, residual, types of fertilizers*

PENDAHULUAN

Pemupukan merupakan salah satu faktor penentu tingkat produktivitas aktual kelapa sawit. Di sisi lain, pemupukan kelapa sawit dihadapkan pada berbagai tantangan seperti penentuan strategi pemupukan agar memenuhi kriteria empat tepat (tepat jenis, tepat dosis, tepat waktu, dan tepat metode aplikasi), mahalnnya biaya pemupukan untuk pengadaan bahan maupun tenaga kerja, ketersediaan pupuk di pasaran,

serta perhatian terhadap kualitas lingkungan. Berbagai tantangan tersebut menuntut pemupukan dilakukan secara rasional (Akil, 2011) dengan mempertimbangkan sifat fisik dan kimia tanah, jumlah hara terangkut panen, hara terimobilisasi pada organ vegetatif tanaman, dan kehilangan hara baik melalui *run off* maupun tercuci (*leaching*) sehingga produksi optimum dapat dicapai pada level biaya yang efisien. Selain itu, penurunan kualitas air tanah karena terkontaminasi oleh hara-hara terlarut dapat dicegah sehingga resiko pencemaran lingkungan dapat ditekan (Ah Tung *et al.*, 2009; Smolders *et al.*, 2010; Römheld, 2012).

Beberapa penelitian mengenai kehilangan hara akibat terangkut panen dan hara yang termobilisasi pada bagian-bagian tanaman kelapa sawit telah dilakukan (Corley and Tinker, 2003). Meskipun demikian, informasi mengenai kehilangan hara akibat pencucian di perkebunan kelapa sawit masih terbatas. Secara umum pencucian hara didefinisikan sebagai proses hilangnya hara/substansi yang terbawa melalui pergerakan air tanah dari lapisan atas ke bawah sampai pada kedalaman tertentu pada profil tanah (Oliviera *et al.*, 2002). Proses pencucian hara bersifat spesifik yang sangat dipengaruhi oleh sifat fisik dan kimia tanah, jenis pupuk dan kelarutannya, curah hujan, faktor tanaman, tindakan konservasi tanah dan air, serta berbagai faktor pedoagroklimat lainnya (Eichert and Fernández, 2012; Favaretto *et al.*, 2012; Hawkesford *et al.*, 2012; Oliviera *et al.*, 2002).

Kuantifikasi tingkat pencucian hara di lapangan seringkali terhambat oleh kesulitan dalam kontinuitas pengumpulan sampel air dan hara tercuci (*leachate*) yang bergerak melewati suatu penampang profil tanah. Sebagai alternatif, pengukuran kehilangan hara melalui pencucian dapat dilakukan menggunakan perkolator, yaitu dengan mengisikan sampel tanah pada suatu pipa kemudian dialiri air baik mengarah ke bawah karena gaya gravitasi (Glaesner *et al.*, 2012) atau ke atas karena gaya tekanan dari pompa (Frossard *et al.*, 2014). Dengan menggunakan metode pipa perkolator ini, telah dilakukan penelitian untuk membandingkan pencucian N, P, K, dan Mg dari beberapa jenis pupuk yang diaplikasikan pada sampel tanah yang diambil dari perkebunan kelapa sawit.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada ruangan terbuka di Laboratorium Fisika, Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan, Sumatera Utara. Desain setiap individu pipa perkolator dan penampung hara tercuci terdapat pada Gambar 1. Jenis tanah yang digunakan untuk mengisi pipa perkolator adalah *Inceptisol* dari salah satu perkebunan kelapa sawit di Deli Serdang, Sumatera Utara. Sampel tanah diambil pada kedalaman 40-60 cm atau pada lapisan *sub soil*, setiap pipa perkolator diisi dengan 20 kg tanah (bobot kering udara). Penyiraman tidak dilakukan selama penelitian berlangsung, air yang melewati penampang tanah dalam pipa perkolator hanya berasal dari air hujan. Air perkolasi yang tertampung dari setiap pipa perkolator diambil dan dianalisis setiap bulan untuk mengetahui jumlah hara yang tercuci. Pengambilan dan analisis hara tercuci tersebut dilakukan selama 6 bulan pada tahun 2015.

Penelitian disusun menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) non faktorial. Terdapat tiga perlakuan yang dicobakan dalam penelitian ini, yaitu perlakuan aplikasi pupuk majemuk briket (T1), pupuk majemuk granule (T2), dan pupuk tunggal yang terdiri dari urea, TSP (*Triple Super Phosphate*), MoP (*Muriate of Potash*), dan kiserit (T3). Setiap perlakuan diulang enam kali, sehingga terdapat total 18 unit percobaan. Jumlah hara awal (J_{Aw}) yang diaplikasikan baik dalam bentuk pupuk tunggal maupun majemuk di setiap perkolator adalah 3,8 g N; 2,3 g P_2O_5 ; 5,7 g K_2O ; dan 0,2 g MgO. Komposisi hara pupuk majemuk dalam bentuk briket maupun granule adalah 15.99% N, 9.68% P_2O_5 , 24.06% K_2O , dan 0.75% MgO + TE, sedangkan kandungan hara pada pupuk tunggal sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). Pupuk majemuk dalam bentuk granule dan briket ini memiliki karakter *slow release*.

Pupuk majemuk briket pada perlakuan T1 diaplikasikan dengan cara benam sedalam ± 3 cm dari permukaan tanah dalam perkolator, sementara pupuk majemuk granule pada perlakuan T2 dan pupuk tunggal pada perlakuan T3 ditaburkan di permukaan tanah. Pengamatan meliputi konsentrasi dan jumlah hara tercuci setiap bulan. Jumlah hara tercuci (J_{Lch}) dihitung dari konsentrasi hara tercuci (C_{Lch}) dikalikan dengan volume air perkolasi (V_{Per}) seperti pada persamaan (i).



Gambar 1. Desain pipa perkolator, *packing* sampel tanah, penempatan pupuk, dan botol penampung hara tercuci
 Figure 1. Design of percolator tube, *packing* of soil sample, placing of fertilizers, and container for collecting leachate.

$$J_{Lch} = C_{Lch} \times V_{Per} \dots\dots\dots \text{Persamaan (I)}$$

Keterangan

- $CLch$ = konsentrasi hara tercuci (mg/L)
- $VPer$ = volume air perkolasi (L)
- $JLch$ = jumlah hara tercuci (mg)

Jumlah hara tercuci ($JLch$) tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung residual hara terhadap jumlah hara awal dari pupuk ($JRes$) menggunakan persamaan (ii).

$$J_{Res-i} = \frac{J_{Aw} - \sum J_{Lch-i}}{J_{Aw}} \times 100\% \dots\dots\dots \text{Persamaan (ii)}$$

Keterangan

- J_{Aw} = jumlah hara awal yang diaplikasikan dari pupuk tunggal atau majemuk (mg)
- $\sum J_{Lch-i}$ = akumulasi hara tercuci (mg) hingga bulan ke- i ,
 $i = 1, 2, \dots, 6$

$$J_{Res-i} = \text{residual hara terhadap jumlah hara awal dari pupuk (\%)} \text{ pada bulan ke-}i, i=1, 2, \dots, 6$$

J_{res} diasumsikan sebagai hara dari pupuk yang tidak terbawa oleh leaching dan masih berada dalam sistem tanah di perkolator. Dalam penghitungan J_{Res} , diasumsikan J_{Lch} hanya berasal dari pupuk yang diaplikasikan sedangkan bentuk kehilangan lain misalnya volatilisasi pada N (Eichert and Fernández, 2012; Nariratih *et al.*, 2013; Römheld, 2012) diabaikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis tanah awal dan curah hujan

Hasil analisis tanah awal (sebelum perlakuan) menunjukkan bahwa tanah didominasi fraksi pasir (62%), tekstur tanah tergolong lempung berpasir (Tabel 1). Tanah tergolong masam (pH 5,7). Kadar C relatif rendah yaitu 0.48%, berhubungan dengan sampel tanah yang diambil dari lapisan *sub soil* sehingga tidak memperoleh akumulasi bahan organik langsung dari dekomposisi serasah tanaman. Rendahnya C organik berkontribusi terhadap rendahnya kapasitas tukar kation (KTK) tanah, yaitu hanya 7,52 me/100 g. Tekstur tanah dominan pasir, kandungan bahan organik rendah, tanah yang masam,

dan KTK yang rendah berakibat pada kurangnya kemampuan tanah menyerap hara dalam bentuk kation sehingga K, Ca, dan Mg tergolong rendah. Pada tanah seperti ini kehilangan hara dari pemupukan akan lebih intensif yang dapat berakibat pada kurangnya kemampuan tanah menyediakan hara untuk

pertumbuhan vegetatif dan produksi tanaman (Rahutomo *et al.*, 2010; Santi, 2017). Untuk curah hujan bulanan selama pelaksanaan penelitian, puncak hujan terdapat pada bulan ketiga (285 mm) dan terendah pada bulan keempat (75 mm). Curah hujan bulanan tersebut ditampilkan pada Gambar 2.

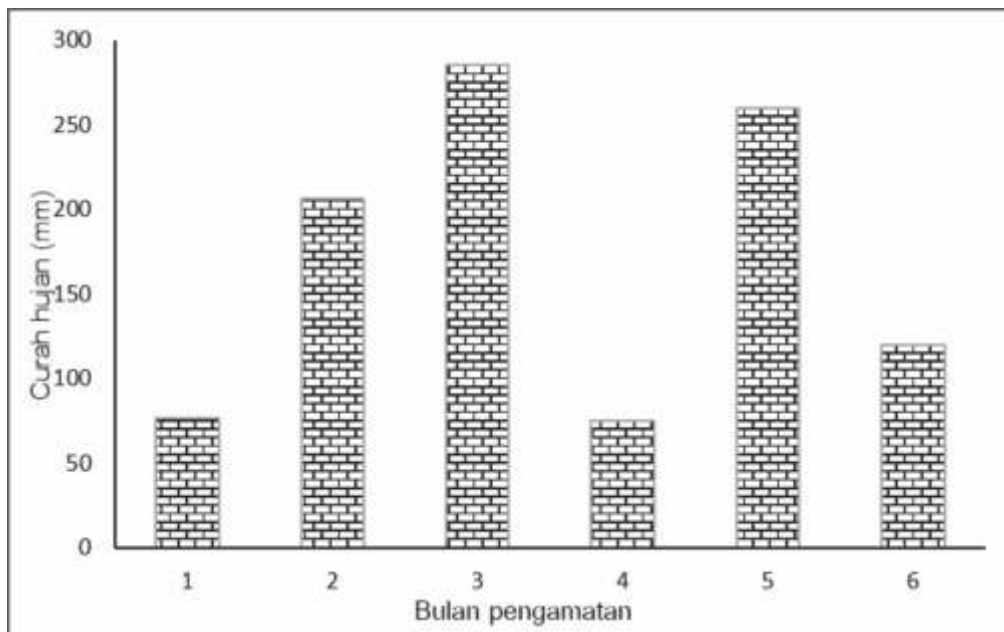
Tabel 1. Analisis tanah awal pada sampel tanah yang digunakan sebagai pengisi perkolator[†].

Table 1. Initial analysis of soil sample used for filling the percolator tubes.

Fraksi (%)			pH H ₂ O	C	N	C/N	P	KTK (me/100g)*				∑ KT	KTK	Aldd	KB
Paslr	Debu	Liat	(1:2,5)	%	%	N	(ppm)	K	Ca	Na	Mg	—(me/100g)—			(%)
62	27	10	5,7	0,48	0,05	9,6	5,71	0,22	0,43	0,03	20	1,49	7,52	0,17	20

Keterangan

[†] atas dasar berat kering oven 105C, KT : kation tertukar, ∑ KT : Jumlah kation tertukar, KTK = kapasitas tukar kation, KB=kejenuhan basa



Gambar 2. Curah hujan bulanan selama pelaksanaan penelitian.

Figure 2. Monthly rainfall during the study.

Nitrogen

Perlakuan aplikasi pupuk majemuk briket, majemuk granul, dan urea menghasilkan pola pencucian N yang relatif sama (Tabel 2). Pencucian N terjadi sejak bulan pertama, relatif menurun di bulan kedua, meningkat tajam di bulan ketiga, kemudian cenderung menurun dari bulan keempat hingga keenam. Jumlah N tercuci ($N-J_{Lch}$) tertinggi diamati pada bulan ketiga, nilainya berbeda nyata dibandingkan pada bulan pengamatan lainnya yaitu sebesar 118,61 mg, 48,85 mg, 123,18 mg berturut-turut pada perlakuan aplikasi pupuk majemuk briket, majemuk granul, dan urea. Meskipun demikian, tidak terdapat beda nyata pada rerata jumlah N tercuci pada setiap bulan pengamatan diantara ketiga jenis pupuk yang diaplikasikan dalam penelitian ini.

Fluktuasi $N-J_{Lch}$ antar bulan pengamatan dalam penelitian ini diduga dipengaruhi oleh intensitas curah

hujan yang mengalir pada pipa perkolator. N dalam tanah bersifat mobil (mudah berubah bentuk ataupun hilang), kehilangan dari sistem tanah umumnya dipengaruhi oleh berbagai proses seperti absorpsi oleh tanaman, volatilisasi, denitrifikasi, penguraian, hidrolisis, pengangkutan hasil panen, atau tercuci (Nariratih *et al.*, 2013). Khusus untuk *leaching*, proses ini dapat memindahkan N dari *topsoil* ke lapisan *subsoil* di kedalaman 60 cm (Ah Tung *et al.*, 2009). Proses pencucian N berlangsung lebih intensif pada tanah pasir di area yang memiliki curah hujan tinggi atau dengan irigasi yang berlebihan (Zotarelli *et al.*, 2007; Oliveira *et al.*, 2002; Nariratih *et al.*, 2013; Syekhmani, 2010). Sebaliknya, pencucian N dapat berkurang ketika pemupukan N dilakukan dengan tepat dosis (tidak berlebihan dan diaplikasikan secara bertahap) serta pada intensitas curah hujan yang sesuai (Ghiberto *et al.*, 2011).

Tabel 2. Jumlah nitrogen tercuci ($N-J_{Lch}$) pada setiap bulan pengamatan dari ketiga aplikasi jenis pupuk (majemuk briket (T1), majemuk granul (T2), dan pupuk tunggal urea (T3)).

Table 2. Amount of leached N ($N-J_{Lch}$) at each month of observation in the treatment of briquette compound fertilizer (T1), granular compound fertilizer (T2), and urea (T3).

Jenis pupuk	Jumlah nitrogen tercuci (mg) bulan ke -					
	1	2	3	4	5	6
Majemuk briket (T1)	28,96 _b	19,43 _b	118,61 _a	36,30 _b	4,88 _b	6,06 _b
Majemuk granul (T2)	32,58 _{ab}	22,99 _{ab}	48,85 _a	28,35 _{ab}	11,21 _b	5,00 _b
Urea (T3)	59,76 _b	53,96 _b	123,18 _a	33,62 _b	3,68 _b	9,62 _b

Keterangan :

[†] Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak beda nyata menurut uji DMRT pada taraf $\alpha_{0,05}$

Hasil penghitungan persentase residual N terhadap jumlah N awal dari pupuk yang diaplikasikan ($N-J_{Res}$) menunjukkan pola yang relatif sama di antara ketiga jenis pupuk (Gambar 3). $N-J_{Res}$ mulai menurun sejak bulan pertama dan berlanjut ke bulan kedua, lalu turun tajam pada bulan ketiga, selanjutnya cenderung melandai hingga bulan keenam. Meskipun secara statistik tidak berbeda nyata, $N-J_{Res}$ dari pupuk briket cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk tunggal urea dan pupuk majemuk granul. Karakter *slow release* pada pupuk jenis briket diduga telah menunda pelarutan N dalam jumlah banyak terutama pada saat awal aplikasi. Hal ini seperti dilaporkan oleh Syarovy *et al.* (2015) bahwa aplikasi pupuk *slow*

release pada fraksi tanah yang didominasi pasir dapat memberikan ketersediaan N dalam tanah yang lebih baik dalam jangka waktu lebih lama.

Phospor

Pada ketiga jenis pupuk, pencucian P dimulai pada bulan ketiga dengan jumlah P tercuci ($P-J_{Lch}$) yang lebih tinggi dan berbeda nyata dibandingkan pada bulan pengamatan lainnya (Tabel 3). Seperti halnya pada pencucian N, tingginya $P-J_{Lch}$ pada bulan ketiga diduga berkaitan dengan tingginya curah hujan pada periode tersebut serta permeabilitas pada sampel tanah yang teksturnya dominan pasir. Pada bulan ketiga tersebut, $P-J_{Lch}$ dari aplikasi TSP lebih tinggi

dibanding dari aplikasi dalam bentuk briket dan majemuk granul. Hal ini diduga berkaitan dengan sifat pupuk TSP yang lebih cepat larut dibandingkan dengan kedua jenis pupuk lainnya yang digunakan dalam penelitian ini.

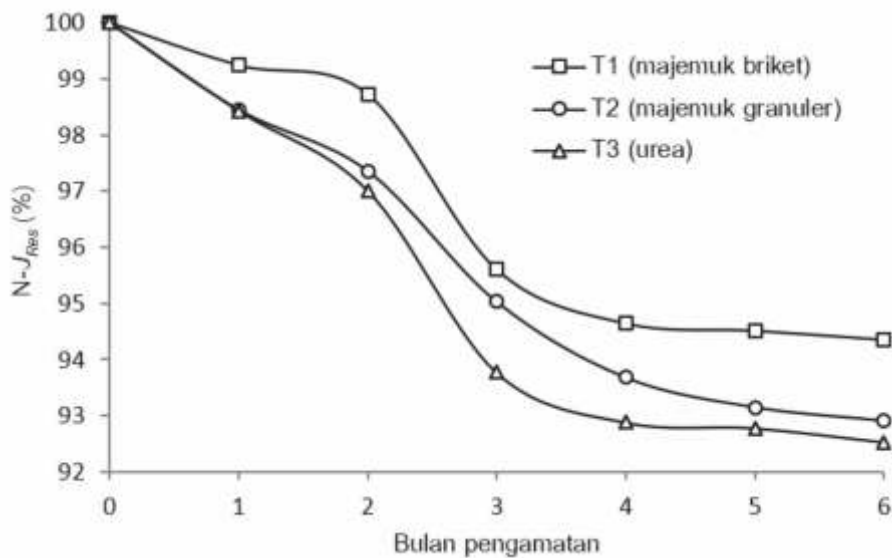
Hasil penghitungan persentase residu P terhadap jumlah P awal dari pupuk yang diaplikasikan (P-JRes) menunjukkan pola yang relatif sama di antara ketiga jenis pupuk (Gambar 4). Penurunan residu P terjadi mulai bulan ketiga yang berlanjut pada bulan-bulan berikutnya dengan intensitas penurunan yang relatif lebih rendah, kemudian pada bulan kelima dan keenam tidak terdapat beda nyata pada nilai P-JRes diantara ketiga perlakuan jenis pupuk yang dicobakan. Pada bulan ketiga tersebut, P-JRes pada perlakuan pupuk TSP nyata lebih rendah dibanding pada perlakuan pupuk majemuk granular. Kedua jenis pupuk ini ditabur di permukaan tanah, namun kelarutan *phosphate* dari TSP diduga lebih cepat dibandingkan dari pupuk majemuk granular sehingga P-JRes pada perlakuan pupuk TSP menjadi lebih rendah. Secara umum, nilai P-JRes hingga bulan keenam pengamatan di atas 99,9%, sehingga kehilangan P melalui *leaching* dalam penelitian ini

hanya sekitar 0,1% dari P yang diaplikasikan melalui pupuk.

Dibandingkan dengan hara N, pencucian P pada penelitian ini berlangsung lambat dengan jumlah P tercuci (P-JLch) sangat rendah. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Sinaj *et al.*, (2002) yang menunjukkan rendahnya kehilangan P melalui pencucian dibandingkan proses lain seperti *runoff* dan erosi. Rendahnya pencucian P ini berkaitan dengan konsentrasi P dalam larutan tanah yang umumnya sangat rendah dibanding P total (Marschner and Rengel, 2012), sementara sebagian besar P terfiksasi oleh Al dan Fe pada tanah masam atau Ca pada tanah alkalin. Meskipun demikian, pencucian P dapat meningkat pada kondisi tertentu seperti pada tanah yang memiliki tingkat permeabilitas tinggi (Kang *et al.*, 2011), sehingga pencucian P juga berpotensi menyebabkan pencemaran pada air tanah (Smolders *et al.*, 2010).

Kalium

Pada ketiga perlakuan jenis pupuk, pencucian K terjadi sejak bulan pertama, namun intensitas pencucian tertinggi dan berbeda nyata dibanding



Gambar 3. $N-J_{Res}$ (persentase residual N terhadap jumlah N awal dari pupuk) pada perlakuan aplikasi pupuk majemuk briket (T1), majemuk granuler (T2), dan urea (T3).

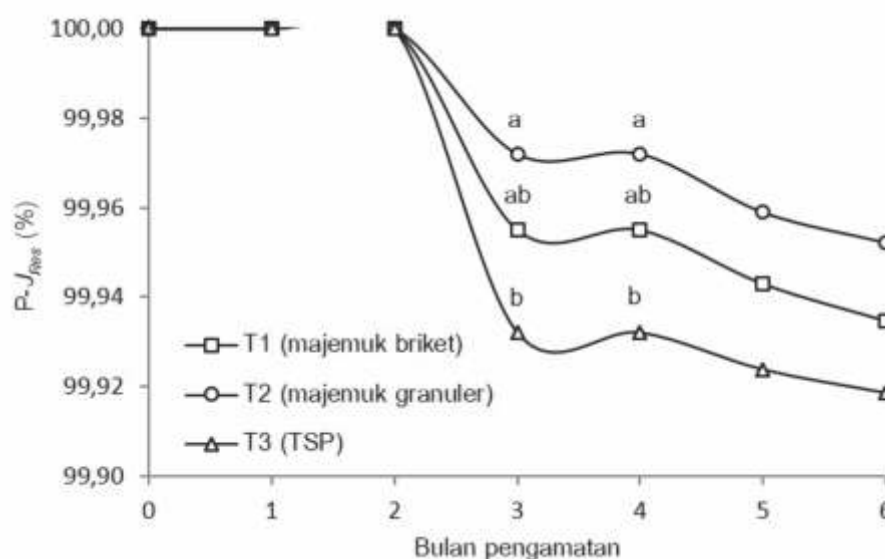
Figure 3. $N-J_{Res}$ (percentage of residual N to initial amount of N from fertilizers) in the treatment of briquette compound fertilizer (T1), granular compound fertilizer (T2), and urea (T3).

Tabel 3. Jumlah *phosphor* tercuci (P-JLch) pada setiap bulan pengamatan dari ketiga aplikasi jenis pupuk (majemuk briket (T1), majemuk granul (T2), dan pupuk tunggal TSP (T3)).

Table 3. Amount of leached P (P-JLch) at each month of observation in the treatment of briquette compound fertilizer (T1), granular compound fertilizer (T2), and TSP (T3).

Jenis pupuk	Jumlah <i>phosphorus</i> tercuci (mg) bulan ke -					
	1	2	3	4	5	6
Majemuk briket (T1)	0,00 _b	0,00 _b	_{xy} 1,03 _a	0,00 _b	0,27 _b	0,18 _b
Majemuk granul (T2)	0,00 _c	0,00 _c	_y 0,64 _a	0,00 _c	0,30 _b	0,16 _{bc}
TSP (T3)	0,00 _b	0,00 _b	_x 1,56 _a	0,00 _b	0,21 _b	0,11 _b

Keterangan

^r Angka yang diikuti dengan huruf yang sama (notasi a, b, dan c) pada baris yang sama menunjukkan tidak beda nyata menurut uji DMRT pada taraf $\alpha_{0.05}$ ^s Angka yang didahului dengan huruf yang sama (notasi x dan y) pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata menurut uji DMRT pada taraf $\alpha_{0.05}$ Gambar 4. $P-J_{Res}$ (persentase residual P terhadap jumlah P awal dari pupuk) pada perlakuan aplikasi pupuk majemuk briket (T1), majemuk granuler (T2), dan TSP (T3). Rerata yang diikuti huruf berbeda pada bulan pengamatan yang sama menunjukkan beda nyata menurut uji Duncan pada taraf $\alpha_{0.05}$.Figure 4. $P-J_{Res}$ (percentage of residual P to initial amount of P from fertilizers) in the treatment of briquette compound fertilizer (T1), granular compound fertilizer (T2), and TSP (T3). Means with different letters in the same observation month were significantly different according to Duncan test at $\alpha_{0.05}$.

bulan pengamatan lainnya terjadi pada bulan ketiga (Tabel 4). Seperti halnya pada pencucian N dan P, tingginya $K-J_{Lch}$ pada bulan pengamatan ketiga diduga berkaitan dengan tingginya intensitas curah hujan pada periode tersebut. Perbedaan terdapat pada kuantitas hara tercuci, $K-J_{Lch}$ relatif lebih rendah dibanding J_{Lch} namun lebih besar dibandingkan dengan P-JLch. Berdasarkan jenis pupuk, jumlah K tercuci pada aplikasi perlakuan MoP cenderung lebih

besar dibanding pada perlakuan pupuk majemuk granul dan majemuk briket. Khusus pada bulan pengamatan pertama, ketiga, dan keempat, jumlah K tercuci pada perlakuan MoP nyata lebih tinggi dibanding pada majemuk granul. Pencucian K dari KCl yang tinggi juga dilaporkan oleh Widowati *et al.*, (2012) pada percobaan rumah kaca menggunakan tanah yang diberi perlakuan biochar dan ditanami dengan jagung.

Tabel 4. Jumlah kalium tercuci ($K-J_{Lch}$) pada setiap bulan pengamatan dari ketiga aplikasi jenis pupuk (majemuk briket (T1), majemuk granul (T2), dan pupuk tunggal TSP (T3)).

Table 4. Amount of leached K ($K-J_{Lch}$) at each month of observation in the treatment of briquette compound fertilizer (T1), granular compound fertilizer (T2), and MoP (T3).

Jenis pupuk	Jumlah kalium tercuci (mg) bulan ke -					
	1	2	3	4	5	6
Majemuk briket (T1)	xy 4,69 _c	11,19 _c	xy 63,92 _a	y 35,11 _b	0,59 _c	2,89 _c
Majemuk granul (T2)	y 3,03 _c	28,86 _{ab}	y 35,95 _a	z 16,48 _{bc}	3,51 _c	0,66 _c
MoP (T3)	x 6,63 _c	39,97 _b	x 97,24 _a	x 72,05 _a	0,69 _c	1,27 _c

Keterangan

[†]Angka yang diikuti dengan huruf yang sama (notasi a,b, dan c) pada baris yang sama menunjukkan tidak beda nyata menurut uji Duncan pada taraf $\alpha_{0.05}$

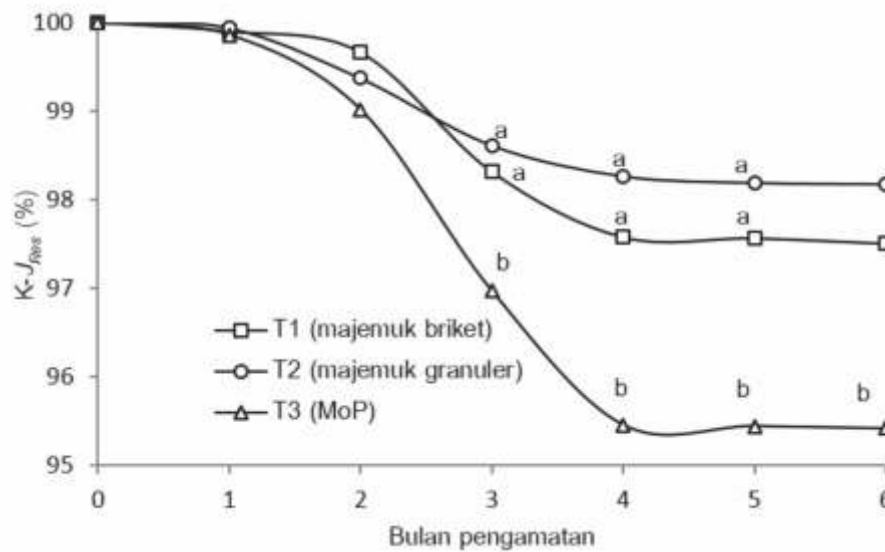
[§]Angka yang didahului dengan huruf yang sama (notasi x, y, dan z) pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata menurut uji Duncan pada taraf $\alpha_{0.05}$

Berdasar analisis uji lanjut terhadap rataan persentase residu K terhadap jumlah K awal dari pupuk yang diaplikasikan ($K-J_{Res}$), sejak bulan ketiga hingga akhir masa studi $K-J_{Res}$ pada perlakuan pupuk MoP nyata lebih rendah dibanding pada perlakuan pupuk majemuk briket dan granuler (Gambar 5). Hal ini diduga berkaitan dengan pelarutan K pada pupuk MoP yang lebih cepat dibanding pupuk majemuk granuler dan briket sehingga K dari pupuk MoP tersebut lebih cepat berada pada larutan tanah dan terbawa aliran air. Secara umum, nilai $K-J_{Res}$ hingga 6 bulan pada aplikasi pupuk majemuk granul dan briket di atas 97,5%, sedangkan pada aplikasi MoP sekitar 95,5%.

Magnesium

Seperti pada pencucian N, P, dan K, pencucian Mg berlangsung intensif pada bulan ketiga dan nilainya nyata lebih tinggi dibanding pada bulan pengamatan lainnya (Tabel 5). Selanjutnya, tidak terdapat beda nyata diantara nilai $Mg-J_{Lch}$ pada perlakuan aplikasi pupuk yang berbeda (majemuk briket, majemuk

granul, dan kiserit). Hal berbeda pada pencucian Mg dibanding hara lainnya dalam penelitian ini adalah nilai persentase residu Mg terhadap jumlah Mg awal dari pupuk yang diaplikasikan ($Mg-J_{Res}$) yang jauh lebih rendah dibanding pada jenis hara lainnya (Gambar 6). Sejak bulan keempat, nilai $Mg-J_{Res}$ berkisar antara 25-35%, pada setiap bulan pengamatan tidak terdapat beda nyata pada nilai $Mg-J_{Res}$ dari ketiga jenis pupuk yang dicobakan. Hal ini diduga berkaitan dengan sifat kimia tanah *sub soil* yang digunakan dalam penelitian ini, terutama kemasaman tanah (pH 5,7) dan kandungan Al yang relatif tinggi (0,19 me/100g). Menurut George *et al.*, (2012), pencucian Mg akan lebih intensif pada tanah masam yang umumnya mengandung Al tinggi.



Gambar 5. $K-J_{Res}$ (persentase residual K terhadap jumlah K awal dari pupuk) pada perlakuan aplikasi pupuk majemuk briket (T1), majemuk granuler (T2), dan MoP (T3). Rerata yang diikuti huruf berbeda pada bulan pengamatan yang sama menunjukkan beda nyata menurut uji Duncan pada taraf $\alpha_{0.05}$

Figure 5. $K-J_{Res}$ (percentage of residual K to initial amount of K from fertilizers) in the treatment of briquette compound fertilizer (T1), granular compound fertilizer (T2), and MoP (T3). Means with different letters in the same observation month were significantly different according to Duncan test at $\alpha_{0.05}$.

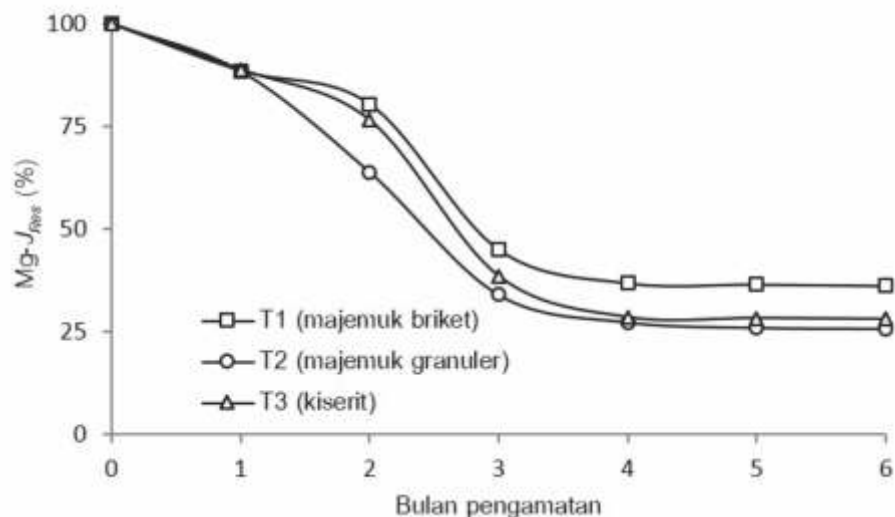
Tabel 5. Jumlah magnesium tercuci ($Mg-J_{Lch}$) pada setiap bulan pengamatan dari ketiga aplikasi jenis pupuk (majemuk briket (T1), majemuk granul (T2), dan pupuk kiserit (T3)).

Table 5. Amount of leached magnesium ($Mg-J_{Lch}$) at each month of observation in the treatment of briquette compound fertilizer (T1), granular compound fertilizer (T2), and kieserite (T3).

Jenis pupuk	Jumlah magnesium tercuci (mg) bulan ke -					
	1	2	3	4	5	6
Majemuk briket (T1)	22,92 _b	16,17 _b	70,94 _a	16,47 _b	0,62 _c	0,68 _c
Majemuk granul (T2)	23,08 _{bc}	49,17 _{ab}	59,74 _a	13,43 _c	2,65 _c	0,40 _a
Dolomit (T3)	22,20 _b	24,70 _b	76,11 _a	20,04 _b	0,45 _c	0,46 _c

Keterangan

[†] Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak beda nyata menurut uji Duncan pada taraf $\alpha_{0.05}$



Gambar 6. $Mg-J_{Res}$ (persentase residual Mg terhadap jumlah Mg awal dari pupuk) pada perlakuan aplikasi pupuk majemuk briket (T1), majemuk granuler (T2), dan kieserit (T3).

Figure 6. $Mg-J_{Res}$ (percentage of residual Mg to initial amount of Mg from fertilizers) in the treatment of briquette compound fertilizer (T1), granular compound fertilizer (T2), and kieserite (T3).

KESIMPULAN

Pemupukan menggunakan pupuk tunggal (urea, TSP, dan MoP) secara umum menghasilkan jumlah hara N, P, dan K terlindi dari sampel tanah dalam pipa perkolator lebih banyak dibanding jika menggunakan pupuk majemuk granuler atau briket yang memiliki karakter slow release. Berdasar jumlah hara tercuci, P

merupakan hara paling sedikit tercuci dibanding N, K, dan Mg. Dengan tingkat pencucian yang rendah, nilai residu hara dari pupuk P setelah 6 bulan pengamatan jauh lebih besar dibanding pada jenis lainnya. Dari keempat jenis hara yang diamati dalam penelitian ini, pencucian Mg berlangsung lebih intensif sehingga residu hara dari pemupukan Mg lebih rendah dibanding residu hara dari pemupukan N, P, dan K.

DAFTAR PUSTAKA

- Ah Tung, P. G., M.K. Yusoff, N. M. Majid, G. K. Joo dan G. H. Huang. 2009. Effect of N and K Fertilizers on Nutrient Leaching and Groundwater Quality under Mature Oil Palm in Sabah during the Monsoon Period. *American Journal of Applied Sciences* 6(10): 1788-1799.
- Akil, M. 2011. Pemupukan rasional pada tanaman jagung hibrida pada Inceptisol Endoaquepts. *Prosiding Seminar Nasional Serealia: Inovasi Teknologi Mendukung Swasembada Jagung dan Diversifikasi Pangan*. Maros, 3-4 Oktober 2011. Balai Penelitian Tanaman Serealia. ISBN : 978-979-5940-34-7. p199-205
- Corley, R.H.V. and P. B. Tinker. 2016. *The Oil Palm*. 5th Edition. Blackwell Science.
- Eichert, T and V. Fernández. 2012. Uptake and Release of Elements by Leaves and Other Aerial Plant Parts. p71-84. In Petra Marschner: *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Third Edition. Academic Press. ISBN : 978-0-12-384905-2
- Favaretto, N., L.D. Norton, C.T. Johnston, J. Bigham, and M. Sperrin. 2012. Nitrogen and phosphorus leaching as affected by gypsum amendment and exchangeable calcium and magnesium. *Soil Science Society American Journal* 76:575-585.
- Frossard, E., P. Demaria, S. Sinaj, and M. Schärer. 2014. A flow-through reactor to assess potential phosphate release from agricultural soils. *Geoderma* 219-220:125-135.

- George, E., W. J. Horst, and E. Neumann. 2012. Adaptation of Plants to Adverse Chemical Soil Conditions .pp 409-472. In Petra Marschner: Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Third Edition. Academic Press. ISBN : 978-0-12-384905-2
- Ghiberto, J. P., P.L. Libardi, A. dos Santos Brito, dan P.C.O. Trivelin. 2011. Nitrogen fertilizer leaching in Oxisol cultivated with sugarcane. *Science Agriculture (Piracicaba, Brazil)* 4(1): 1 - 8.
- Glaesner, N., E. Donner, J. Magid, G.H. Rubaek, H. Zhang, and E. Lombi. 2012. Characterization of leached phosphorus from soil, manure, and manure-amended soil by physical and chemical fractionation and diffusive gradients in thin films (DGT). *Environmental Science and Technology* 46:10564-10571.
- Hawkesford, M., W. Horst, T. Kichey, H. Lambers, J. Schjoerring, I. S. Møller, and P. White. 2012. Functions of Macronutrients. P135-189. In Petra Marschner: Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, Third Edition. Academic Press. ISBN : 978-0-12-384905-2
- Kang, J., A. Amoozegar, D. Hesterberg, and D.L. Osmond. 2011. Phosphorus leaching in a sandy soil as affected by organic and inorganic fertilizer sources. *Geoderma* 161:194-201.
- Marschner, P. and Z. Rengel. 2012. Nutrient Availability in Soils. In Petra Marschner: Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Third Edition. p315-330. Academic Press. ISBN : 978-0-12-384905-2
- Nariratih, I., MMB. Damanik, G. Sitanggang. 2013. Ketersediaan Nitrogen pada Tiga Jenis Tanah Akibat Pemberian Tiga Bahan Organik dan Serapannya pada Tanaman Jagung. *Jurnal Online Agroekoteknologi* 1(3): 1-10.
- Oliveira, M.W. Trivelin, P.C.O., Boaretto, A.E., Muraoka, T., Moratti, J. 2002. Leaching of nitrogen, potassium, calcium and magnesium in a sandy soil cultivated with sugarcane. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37: 861-868.
- Rahutomo, S., Winarna, H. Santoso, dan E.S. Sutarta. 2010. Aplikasi Zeolit pada Tanah berpasir untuk Media Pembibitan Kelapa Sawit. *Jurnal Zeolit Indonesia* 9(1): 1 – 6.
- Römheld, V. 2012. Diagnosis of Deficiency and Toxicity of Nutrients. In Petra Marschner: Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Third Edition. Academic Press. ISBN : 978-0-12-384905-2.
- Santi, L. P. 2017. Pemanfaatan Biochar Asal Cangkang Kelapa Sawit untuk meningkatkan Serapan Hara dan Sekuestrasi Karbon pada Media Tanah Lithic Hapludults di Pembibitan Kelapa Sawit. *Jurnal Tanah dan Iklim* 41(1): 9 - 16.
- Sinaj, S., C. Stamm, G.S. Toor, L.M. Condon, T. Hendry, H.J. Di, K.C. Cameron, and E. Frossard. 2002. Phosphorus exchangeability and leaching losses from two grassland soils. *Journal of Environmental Quality* 31:319-330
- Smolders, A.J.P., E.C.H.E.T. Lucassen, R. Bobbink, J.G.M. Roelofs, and L.P.M. Lamers. 2010. How nitrate leaching from agricultural lands provokes phosphate eutrophication in groundwater fed wetlands: the sulphur bridge. *Biogeochemistry* 98:1-7.
- Syarovy, M., E.N. Ginting, D. Wiratmoko, dan H. Santoso. 2015. Optimalisasi Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit di Tanah Spodosol. *Jurnal Pertanian Tropik* 2(3): 340 - 347.
- Syekhfani. 2010. Hubungan Hara Tanah Air dan Tanaman. *Dasar-Dasar Pengelolaan Tanah Subur Berkelanjutan*. PMN ITS Press, Malang.
- Widowati, Asnah, dan Sutoyo. 2012. Pengaruh penggunaan biochar dan pupuk kalium terhadap pencucian dan serapan kalium pada tanaman jagung. *Buana Sains* 12(1): 83-90.
- Zotarelli, L., J.M. Scholberg, M.D. Dukes, dan R. Munoz-Carpena. 2007. Monitoring of Nitrate Leaching in Sandy Soils: Comparison of Three Methods. *Journal Environmental Quality* 36: 1 - 11.