

PENGARUH PENCUCIAN DAN PEMBERIAN ZEOLIT SERTA KALIUM TERHADAP DISTRIBUSI K PADA TANAMAN DAN K TERCUCI

THE INFLUENCE OF LEACHING AND APPLYING ZEOLITE AND K FERTILIZER ON K DISTRIBUTION IN PLANT AND LOSSES OF K BY LEACHING

Murnita¹

¹Fakultas Pertanian, Universitas Ekasakti

Corresponding author

Email : murnita12@gmail.com

Abstrak. Dalam pengembangan lahan gambut untuk tanaman padi sawah terdapat beberapa faktor pembatas, diantaranya adalah kandungan asam fenolat yang tinggi sehingga dapat meracuni tanaman dan lemahnya ikatan kation K pada tanah gambut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi K pada tanaman dan K tercuci akibat pencucian dan pemakaian zeolit serta kalium. Percobaan dilakukan dengan Rancangan Faktorial yaitu perlakuan zeolit (0, 5, 10 dan 15 g/kg), K (0, 125, 250 dan 375 mg K/kg) dan pencucian dengan tiga kali pengulangan. Semua perlakuan ditambahkan Fe^{3+} sebanyak 2,5% serapan maksimum Fe^{3+} dan diinkubasi sebulan sebelum ditanam. Tanah yang digunakan pada penelitian ini diambil dari tanah gambut pantai (Lagan) dan peralihan (Dendang) Jambi. Percobaan menggunakan pot yang berdiameter 25 cm dan tinggi 40 cm. Pada kedalaman 40 cm dilubangi dengan diameter 1 cm dan ditutup kembali (pencucian). Tiap pot ditanami 3 bibit padi IR-64 berumur 21 hari, ditambahkan ^{86}Rb dan pemupukan dasar. Pencucian dilakukan dengan 1.000 ml air bebas ion setiap minggu sampai umur tanaman 4 minggu (panen), untuk menganalisa distribusi K pada tanaman. Pengaruh pencucian, pemberian zeolit dan kalium berpengaruh nyata terhadap ^{86}Rb pada bagian tanaman dan ^{86}Rb tercuci. Pemberian zeolit 15 g/kg dan K 375 mg K/kg dengan pencucian pada gambut pantai dan peralihan diperoleh ^{86}Rb pada bagian atas tanaman : 4,792% ; 1,450% dan akar 0,490% ; 0,316%. Sedangkan tanpa pencucian pada gambut pantai dan peralihan, ^{86}Rb pada bagian atas tanaman yaitu 1,599% ; 1,059 dan akar 0,253% ; 0,204%. Kehilangan K pada tanah gambut akan berkurang akibat pencucian dengan peningkatan takaran zeolit. Pada gambut pantai dengan pemberian zeolit 5-15 g/kg mampu mengurangi kehilangan K dari pupuk sebanyak 0,1-3,0%, sedangkan untuk gambut peralihan 0,04-2,2%.

Kata Kunci: pencucian, zeolit, distribusi, kalium

Abstract. In the development of peatlands for paddy field has many constrains such as the high phenolic acids contents, wichh have phytotoxic effect on the plants, and weak of pottasium on exchange sites of peats. This study aims to determine the distribution of K in plants and losses of K by leaching, with addedof zeolite and potassium. By conducting an experiment based on Factorial Design, the treatments of zeolite (0.5, 10, and 15 g/kg) and K (0, 125, 250, and 375 mg K/kg) and leaching are repeated three times. All of the treatments are added with Fe^{3+} added 2.5% of Fe^{3+} maximum sorption

and incubated for a month before the plants are planted. Peats samples were taken from coastal peats (Lagan) and the transitional peats (Dendang), Jambi. The experiment is carried out by using a pot that have diameter of 25 cm and height of 40 cm. At a depth of 40 cm, it will perforated with a diameter of 1 cm and closed it again (leaching). To find out the distribution of K on the upper part of plants, the roots and the washed K are traced by using radioisotope ^{86}Rb . Each pot is planted three 21-day-old IR-64 rice seeds, with added ^{86}Rb and basic fertilization. Do the abstertion with 1,000 ml of ion-free water every week until four weeks of plant life (harvest) to analyze the distribution of K on the upper of plants and roots. The effect of abstertion and adduction zeolite and potassium have a significant effect on ^{86}Rb on the upper part of plants, roots, and the leanching K. Application up to 15 g zeolit/kg and K 375 mk K/kg with leaching on coastal peat and transitional, then 86Rb in straw of rice : 4,792%; 1,450% and root 0,490%; 0.316%. While without leaching on coastal peat and transitional, then 86Rb at the straw of rice is 1.599%; 1,059 and root 0,253%; 0.204%. Loss of K in peats soil is caused by reduced abstertion and icreased zeolite doses, the coastal peats with adduction of zeolite of 5 - 15 g/kg can reduce the loss of K from fertilizer as much as 0.1 - 3.0 %, while for transitional peats is 0.04% - 2.2 %.

Keywords: leaching, zeolite, distribution, potasssium

Pendahuluan

Indonesia memiliki lahan gambut (Histosol) terluas di negara-negara tropis, yaitu sekitar 14,9 juta ha [1]. Dalam keadaan alami, salah satu fungsi dari hutan gambut adalah sebagai penyimpan air. Akan tetapi akibat peningkatan jumlah penduduk setiap tahun, maka kebutuhan terhadap lahan juga meningkat baik untuk pemukiman, menanam komoditi pertanian dan lain-lain. Sedangkan karakteristik tanah gambut sangat berbeda dengan tanah mineral, sehingga pemanfaatan tanah gambut untuk pertanian menghadapi masalah baik secara fisik, kimia dan biologi.

Sifat kimia tanah gambut yaitu pH gambut sangat rendah dimana tanah gambut di Indonesia sebagian besar bereaksi masam hingga sangat masam dengan pH 3-5 [2]. Selanjutnya kandungan hara, relatif rendah baik hara makro maupun hara mikro, kandungan asam-asam organik terutama asam fenolat dapat bersifat racun bagi tanaman. Asam fenolat yang umum dijumpai adalah asam vanilat, p-hidroksibenzoat, salisilat, galat, sinapat, gentisat dan asam sringat [3]. Asam fenolat tersebut bersifat toksik dan menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat karena menghambat perkembangan akar tanaman dan penyediaan hara di dalam tanah .

Pemanfaatan lahan gambut dengan pengelolaan yang baik mampu berkontribusi dalam perekonomian masyarakat [4]. Pengelolaan lahan gambut yang dilakukan diantaranya dengan pengaturan muka air tanah, ameliorasi dan asupan hara yang

diperlukan tanaman [5]. Oleh sebab itu untuk meningkatkan produktivitas tanah gambut, maka tanahnya harus diperbaiki terlebih dahulu. Teknologi yang dipergunakan untuk mengurangi pengaruh buruk asam-asam organik yang beracun adalah teknologi pengelolaan air dan menambahkan bahan-bahan yang banyak mengandung kation polivalen seperti Fe, Al, Cu dan Zn. Untuk memberikan hasil yang optimal pada sistem usaha tani dalam mengatasi kahat unsur hara dapat dilakukan dengan tindakan ameliorasi dan pemupukan [6]. Ameliorasi diperlukan untuk mengatasi kendala pada lahan gambut yang berkaitan dengan reaksi tanah masam dan asam organik beracun [7].

Di sisi lain tanah gambut mempunyai kejenuhan basa yang rendah, yang berakibat terhadap rendahnya ketersediaan hara diantaranya K sehingga tidak memenuhi kebutuhan hara untuk tanaman.

Tanaman yang diusahakan di atas tanah gambut merespon terhadap pemupukan P dan K [8]. Kondisi ini diakibatkan karena tanah gambut mempunyai kapasitas serapan K^+ yang rendah dan stabilitas ikatan K^+ dengan gambut juga rendah sehingga K^+ mudah tercuci. Untuk meningkatkan kandungan K^+ pada tanah gambut yaitu dengan pemberian zeolit. Pemberian bahan amelioran Fe^{3+} sebanyak 2,5% serapan maksimum Fe^{3+} , konsentrasi K^+ yang terlarut semakin meningkat tetapi dengan adanya penambahan zeolit, jumlah K^+ yang terbawa air pencucian semakin berkurang, maka untuk meningkatkan efisiensi pemupukan K dapat dilakukan dengan mencampurkan K dengan zeolit sebelum diaplikasikan [9]. Ameliorasi dan pemupukan bersifat sinergis karena ameliorasi meningkatkan efektivitas pemupukan [10]. Zeolit mempunyai kerangka terbuka dengan jaringan pori-pori yang mempunyai permukaan bermuatan negatif, akibatnya zeolit mengikat kation dari unsur dalam pupuk misalnya NH_4^+ dari urea dan K^+ dari KCl, sehingga penyerapan pupuk menjadi efisien [11].

Untuk memperbaiki sifat kimia tanah dan meningkatkan efisiensi pemupukan K pada tanah gambut, pemberian bahan amelioran Fe^{3+} dan zeolit dengan sistem pencucian ini mempunyai harapan yang lebih baik. Untuk mengetahui distribusi K pada bagian atas tanaman dan akar serta K yang tercuci dilacak dengan menggunakan radioisotop rubidium (^{86}Rb) sebagai pengganti radioisotop K, karena didistribusikan kira-kira sama dengan K dalam tanah dan tanaman.

Metode Penelitian

Percobaan ini dilakukan di laboratorium dan rumah kaca menggunakan Rancangan Faktorial dengan perlakuan sebagai berikut : 4 takaran zeolit yaitu: 0; 0,5;

1,0 dan 1,5% berat kering mutlak tanah gambut (setara dengan 0, 5, 10 dan 15 g/kg), 4 takaran K yaitu : 0, 50, 100 dan 150 kg K/ha (setara dengan 0, 125, 250 dan 375 mg K/kg). Semua perlakuan ditambahkan Fe^{3+} ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 2,5% serapan maksimum Fe^{3+} . Masing-masing perlakuan untuk tanah gambut pantai dan peralihan.

Percobaan ini menggunakan pot berdiameter 25 cm dan tinggi 40 cm. Pada kedalaman 40 cm pot dilubangi dengan diameter 1 cm, setelah itu lubang ditutup kembali. Lubang ini bertujuan untuk pengeluaran air pencucian dari dalam tanah gambut. Air yang keluar ditampung, kemudian dianalisis kandungan K. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pot percobaan yang digunakan dalam penelitian di rumah kaca

Tanah gambut pantai dan peralihan yang diambil pada kedalaman 0-30 cm ditimbang sebanyak 3 kg setara bobot kering oven 85°C , kemudian dicampur rata dengan Fe^{3+} ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) sebanyak 2,5% serapan maksimum Fe^{3+} . Setelah itu dimasukkan ke dalam pot dan diinkubasi selama satu bulan pada kondisi jenuh air. Selanjutnya diberikan zeolit yang telah ditambahkan pupuk K (sesuai dengan takaran), serta pemupukan dasar N, P, B dan Mo setara dengan takaran 300 kg urea/ha, 200 kg TSP/ha, 7,5 kg H_3BO_3 /ha dan 7,5 kg NH_4 -molibdat/ha, dengan asumsi berat tanah 1 ha 200.000 kg dengan bobot isi $0,1\text{ g/cm}^3$, kemudian dilakukan penanaman padi. Pemupukan urea diberikan dalam tiga tahap yaitu : tahap pertama diberikan sehari sebelum tanam, tahap kedua diberikan pada saat umur 30 hari dan tahap ketiga pada umur 60 hari. Pupuk TSP diberikan satu hari sebelum tanam. Unsur mikro (Mn, Zn dan Cu) dan makro (Ca dan Mg) diberikan melalui daun sesuai dengan kebutuhan tanaman. Selanjutnya ditambahkan ^{86}Rb pada awal tanam, yang bertujuan untuk melacak pupuk K.

Tiap pot ditanami 3 bibit padi IR-64 yang berumur 21 hari. Setiap minggu dilakukan pencucian dengan 1.000 ml air bebas ion. Pencucian dilakukan sampai umur tanaman 4 minggu dan dilakukan panen untuk analisa K pada bagian atas tanaman dan akar.

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh pencucian, pemberian zeolit dan kalium berpengaruh nyata terhadap ^{86}Rb pada bagian atas tanaman dan akar, serta terhadap ^{86}Rb yang tercuci. Semakin tinggi dosis zeolit dan K dengan pencucian, ^{86}Rb pada bagian atas tanaman dan akar semakin meningkat baik pada gambut pantai maupun pada gambut peralihan seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi ^{86}Rb pada bagian atas tanaman dan akar umur 4 minggu setelah tanam serta ^{86}Rb yang tercuci dari tanah gambut pantai dan peralihan

Pencucian	Zeolit (g/kg)	Kalium (mg/kg)	^{86}Rb (...)						
			Atas tanaman	Akar	Air cucian	Atas tanaman	Akar	Air cucian	
			Gambut pantai			Gambut peralihan			
Tanpa pencucian	0	0	0,259	0,112	-	0,211	0,042	-	
		125	0,330	0,133	-	0,253	0,070	-	
		250	0,407	0,224	-	0,322	0,084	-	
		375	0,661	0,196	-	0,323	0,091	-	
	5	0	0,263	0,063	-	0,218	0,058	-	
		125	0,437	0,154	-	0,145	0,084	-	
		250	0,568	0,196	-	0,357	0,140	-	
		375	0,982	0,203	-	0,821	0,140	-	
	10	0	0,340	0,140	-	0,317	0,064	-	
		125	0,505	0,161	-	0,318	0,101	-	
		250	0,765	0,182	-	0,456	0,126	-	
		375	1,263	0,295	-	0,835	0,140	-	
	15	0	0,399	0,148	-	0,320	0,080	-	
		125	0,638	0,168	-	0,498	0,112	-	
		250	1,010	0,182	-	0,826	0,128	-	
		375	1,599	0,253	-	1,059	0,204	-	
	Dengan pencucian	0	0	0,390	0,106	0,821	0,407	0,091	0,912
			125	0,507	0,133	2,092	0,470	0,119	2,159
			250	0,687	0,168	3,385	0,624	0,133	3,510
			375	1,269	0,246	4,873	0,905	0,268	5,164
5		0	0,428	0,128	1,220	0,414	0,105	1,670	
		125	0,484	0,161	1,616	0,470	0,114	2,196	
		250	0,659	0,196	2,290	0,778	0,126	2,385	
		375	2,568	0,378	3,782	1,171	0,294	4,406	
10		0	0,603	0,140	1,210	0,582	0,122	1,269	
		125	2,772	0,168	1,652	0,785	0,119	1,572	
		250	1,010	0,302	2,185	1,319	0,231	2,729	
		375	3,367	0,366	2,484	1,277	0,259	3,188	
15		0	0,919	0,154	1,206	0,603	0,132	1,421	
		125	1,508	0,393	1,382	0,863	0,126	1,670	
		250	2,266	0,519	1,698	1,306	0,280	1,964	

375	4,792	0,490	1,858	1,450	0,316	2,984
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Pada gambut pantai dengan pemberian zeolit 15 g/kg dan K sebanyak 375 mg/kg dilakukan pencucian, menyebabkan ^{86}Rb terdapat pada bagian atas tanaman adalah 4,792% dan pada bagian akar sekitar 0,490%. Sedangkan tanpa ada perlakuan pencucian pada tanah gambut, maka ^{86}Rb berada pada bagian atas tanaman yaitu 1,599% dan 0,253% pada bagian akar tanaman. Demikian pula pada gambut peralihan dengan pemberian zeolit 15 g/kg dan K sebanyak 375 mg K/kg dilakukan pencucian, menyebabkan ^{86}Rb yang terdapat pada bagian atas tanaman adalah 1,450% dan bagian akar tanaman sekitar 0,316%. Sedangkan tanpa ada perlakuan pencucian pada tanah gambut, ^{86}Rb yang berada pada bagian atas tanaman yaitu 1,059% dan 0,204% pada bagian akar tanaman. Dengan demikian terdeteksi kandungan K yang terdapat di bagian atas tanaman dan akar akan meningkat dengan adanya perlakuan pencucian pada tanah gambut. Hal ini disebabkan dengan dilakukan pencucian, asam-asam organik yang bersifat racun ikut terbawa sehingga serapan K oleh akar meningkat. Di samping itu zeolit yang digunakan mengandung K dapat dipertukarkan sebanyak 14,100 cmol/kg, dan zeolit mampu meningkatkan serapan K, sehingga K yang tercuci sedikit. Demikian pula dengan penambahan pupuk KCl berarti menambah hara K dalam tanah. Ketersediaan kalium dapat dipertukarkan dan dapat diserap oleh tanaman pada tanah gambut tergantung penambahan dari luar, fiksasi oleh tanahnya sendiri dan adanya penambahan dari kaliumnya [12].

Berdasarkan pada lokasi pembentukan tanah gambut, dimana pada gambut pantai, ^{86}Rb yang terdeteksi dalam tanaman lebih tinggi dibandingkan dengan gambut peralihan. Dalam hal ini untuk gambut pantai, ^{86}Rb terakumulasi pada bagian atas tanaman kira-kira tiga kali lebih banyak dari tanaman yang tumbuh di gambut peralihan, sedangkan pada bagian akar tanaman pada gambut pantai lebih kurang dua kali dari gambut peralihan. Hal ini berarti bahwa masalah gangguan serapan K oleh tanaman pada tanah gambut peralihan bukan hanya disebabkan oleh kadar kalium yang rendah tetapi juga karena kandungan asam fenolatnya lebih tinggi dibanding dengan gambut pantai.

Dari Tabel 1 dapat diduga K dari pupuk yang berada di dalam tanaman untuk tanah gambut pantai dan peralihan. Dengan penambahan K sebesar 375 mg/kg, tanpa dilakukan pencucian, K dari pupuk yang ditemukan pada bagian atas tanaman dan akar masing-masing : 0,666% dan 0,196% untuk gambut pantai, 0,323% dan 0,091% untuk

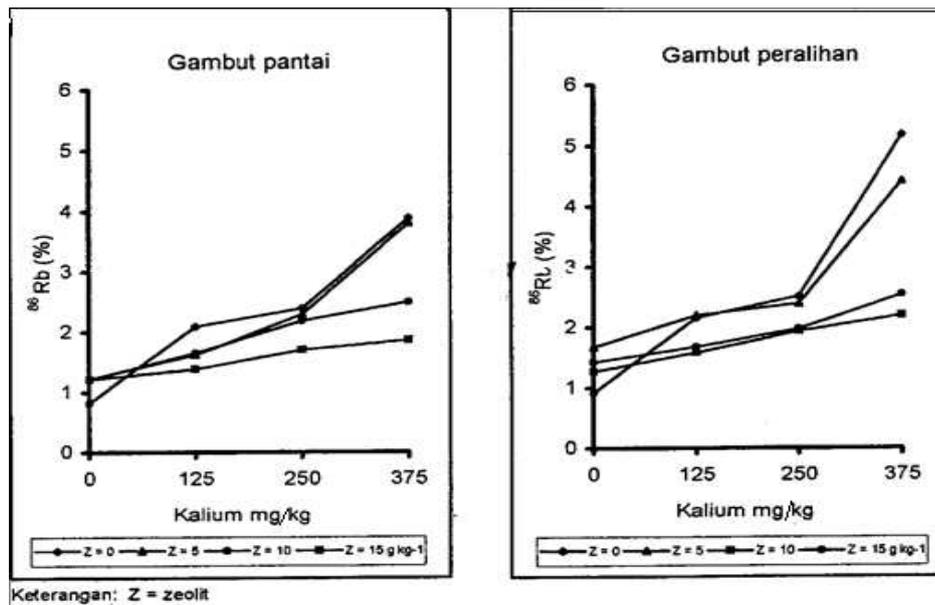
gambut peralihan. Sedangkan bila dilakukan pencucian terdeteksi pada bagian atas tanaman dan akar masing-masing : 1,269% dan 0,246% untuk gambut pantai, 0,905% dan 0,268% untuk gambut peralihan.

Selanjutnya sumbangan K dari zeolit dengan pemberian 15 g/kg, tanpa dilakukan pencucian, mampu menyumbangkan K pada atas tanaman dan akar masing-masing 0,399% dan 0,148% untuk gambut pantai, 0,320% dan 0,080% untuk gambut peralihan. Sedangkan dengan dilakukan pencucian, pemberian zeolit sebanyak 15 g/kg mampu menyumbangkan K pada bagian atas tanaman dan akar masing-masing 0,919% dan 0,154% pada gambut pantai, 0,603% dan 0,132% pada gambut peralihan.

Dari hasil penelitian ini terlihat dengan adanya pencucian, K dari pupuk dan K dari zeolit umumnya lebih banyak berada pada bagian atas tanaman maupun pada akar, padahal dengan dilakukan pencucian K ikut terbawa. Hal ini diduga karena dengan adanya pencucian mengakibatkan daerah perakaran menjadi lebih baik, karena asam-asam organik yang berpotensi meracuni tanaman terbawa bersama air cucian. Kondisi ini akan menyebabkan akar tanaman lebih berkembang, sehingga mempunyai kemampuan yang lebih baik untuk mengambil K yang ditambahkan.

Selanjutnya dengan penambahan zeolit, maka K di bagian atas tanaman dan akar meningkat. Hal ini diakibatkan sifat khas dari zeolit sebagai natural mineral berstruktur tiga dimensi bermuatan negatif dan memiliki pori-pori yang terisi ion-ion K, Na, Ca, Mg dan molekul H₂O sehingga memungkinkan terjadinya pertukaran ion dan pelepasan air secara bolak-balik. Zeolit berperan untuk menahan sementara unsur hara di daerah perakaran, sehingga pupuk KCl yang diberikan lebih efisien. Jika takaran pupuk yang diberikan sesuai anjuran maka residu pupuk berakhir lebih lama dengan peningkatan hasil yang lebih tinggi.

Hasil analisis pada air cucian menunjukkan bahwa perlakuan tanpa pemberian zeolit yang tertinggi, kemudian menurun dengan meningkatnya pemberian zeolit. Untuk gambut pantai dengan pemberian zeolit sebesar 5-15 g/kg mampu mengurangi kehilangan K dari pupuk sebanyak 0,1-3,0%, sedangkan untuk gambut peralihan 0,04-2,2%. Pupuk urea dan KCl yang diberikan ke tanah yang sebelumnya sudah diberi zeolit, maka kation NH₄⁺-Urea dan kation K⁺-KCl dapat terperangkap sementara dalam pori-pori zeolit yang sewaktu-waktu dilepaskan secara perlahan-lahan untuk diserap tanaman [13]. Akibatnya pupuk Urea dan KCl yang diberikan lebih efisien.



Gambar 2. Jumlah ^{86}Rb dari tanah gambut pantai dan peralihan selama 4 kali pencucian

Jumlah ^{86}Rb dari tanah gambut pantai dan peralihan selama 4 kali pencucian (Gambar 2) dapat diambil kesimpulan bahwa selama 4 minggu dengan 4 kali pencucian tanpa penambahan zeolit, ternyata K yang ikut bersama air cucian lebih tinggi bila dibandingkan dengan jumlah K yang diambil oleh tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa K mempunyai ikatan yang sangat lemah dengan tanah. Tetapi dengan adanya penambahan zeolit mengakibatkan jumlah K yang tercuci bisa ditanggulangi. Fenomena masuknya kation NH_4^{4+} dan K^+ di rongga-rongga dalam struktur zeolit disebabkan *zeolite clinoptilolite* yang mempunyai nisbah Si/Al 4.5-5.0 dan KTK secara teori sekitar 225 cmol/kg mempunyai *selectivity* (kemampuan menyaring) kation dalam urutan dari besar sampai kecil ($\text{Cs} > \text{Rb} > \text{K} > \text{NH}_4 > \text{Ba} > \text{Sr} > \text{Na} > \text{Ca} > \text{Fe} > \text{Al} > \text{Mg} > \text{Li}$) [14]. Sifat khas dari zeolit sebagai mineral yang berstruktur tiga dimensi, bermuatan negatif, dan memiliki pori-pori yang terisi ion-ion K, Na, Ca, Mg dan molekul H_2O , sehingga memungkinkan terjadinya pertukaran ion dan pelepasan air secara bolak-balik.

Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah pengaruh pencucian, pemberian zeolit dan kalium berpengaruh nyata terhadap ^{86}Rb pada bagian tanaman dan ^{86}Rb tercuci. Gambut pantai dengan pemberian zeolit 15 g/kg dan K sebanyak 375 mg/kg dilakukan pencucian, menyebabkan ^{86}Rb terdapat pada bagian atas tanaman yaitu 4,792% dan akar sekitar 0,490%. Sedangkan tanpa perlakuan pencucian, maka ^{86}Rb pada bagian atas tanaman 1,599% dan akar 0,253%. Gambut peralihan dengan pemberian zeolit 15 g/kg dan K sebanyak 375 mg/kg dilakukan pencucian, menyebabkan ^{86}Rb pada bagian atas tanaman adalah 1,450% dan akar sekitar 0,316%.

Sedangkan tanpa perlakuan pencucian maka ^{86}Rb pada bagian atas tanaman yaitu 1,059% dan akar 0,204%. Kehilangan K pada tanah gambut akan berkurang akibat pencucian dengan peningkatan takaran zeolit, pada gambut pantai dengan pemberian zeolit sebesar 5 -15 g/kg mampu mengurangi kehilangan K dari pupuk sebanyak 0,1-3,0%, sedangkan untuk gambut peralihan 0,04-2,2%.

Daftar Pustaka

- [1] S. Ritung, K. Wahyunto, Nugroho, Sukarman, Hikmatullah, Suparto, C. Tafakresnanto, *Peta lahan gambut Indonesia skala 1:250.000*, Jakarta : Kementerian Pertanian, 2011.
- [2] F. Agus dan I. G. M. Subiksa, *Lahan Gambut: Potensi Untuk Pertanian Dan Aspek Lingkungan*, Bogor : Balai Penelitian Tanah. Badan Litbang Pertanian, *World Agroforestry Centre*, 2008.
- [3] W. Hartatik, I.G.M. Subiksa dan A. Dariah, *Sifat Kimia dan Fisika Tanah Gambut dalam Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan*, Bogor : Balai Penelitian Tanah, 2011.
- [4] A. Wahyunto, Dj. Dariah, Pitono dan M. Sarwani, “Prospek Pemanfaatan Lahan Gambut Untuk Perkebunan Kelapa Sawit Di Indonesia” *Perspektif* vol.12, no.1/Juni 2013. A. Zaidi, MS. Khan, M. Ahemad, M. Oves, PA. Wani, pp. 11 – 22, 2013.
- [5] B. Berg dan Charles Mc. Claugherty. *Plant litter. Decomposition, Humus Formation, Carbon Sequestration*. Springer, Verlag Berlin Heisenberg. Second Edition, 2008.
- [6] S. N. P. Ratmini, “Karakteristik Dan Pengelolaan Lahan Gambut Untuk Pengembangan Pertanian” *Jurnal Lahan Suboptima*, vol.1, no. 2, pp. 197-206, 2012.
- [7] I. G. M. Subiksa, W. Hartatik dan F. Agus, *Pengelolaan Lahan Gambut secara Berkelanjutan*, Bogor : Balai Penelitian Tanah, 2011.
- [8] Sani, “Pembuatan Karbon Aktif Dari Tanah Gambut” *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 5, no. 2, pp. 400 – 406, 2011.
- [9] Murnita, “Dampak Pemberian Amelioran Fe^{3+} dan Zeolit Terhadap Jumlah K Yang Tercuci Pada Tanah Gambut Pantai Dan Peralihan Jambi” *Journal of Scientech Research*, Unes, vol. 3, no. 1, pp. 68 – 75, Juni, 2018.
- [10] I.G.M. Subiksa, I G.P. Wigena, D. Setyorini, Salwati, Nurhayati, T. Sugiarti, dan A. Firmansyah, “Respon Tanaman Karena Pengaruh Ameliorasi Tanah Di Lahan Gambut” dalam *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi untuk Mitigasi Emisi GRK dan Peningkatan Nilai Ekonomi*, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian, 2014, pp.25 - 44.
- [11] M. Akimkhan, *Structur and Ion-Exchange Properties of Natural Zeolite*, Licensee InTech Openscience, 2012.
- [12] M. M. Sutedjo, *Pupuk dan Cara Pemupukan*, Jakarta : Rineka Cipta, 2008.
- [13] M. Jabri, *Peningkatan Produksi Tanaman Pangan dengan Pembenh Tanah Zeolit*, Jakarta : Balai Penelitian Tanah, 2009.
- [14] PT. Perkebunan Nusantara V, “Pupuk Zeolit, Si Murah Berkhasiat Tinggi Untuk Kebun Sawit (Bagian 1)”, 2011 [Online]. Tersedia : <http://www.bumn.go.id/ptpn5/berita/9315>. [Akses : Agustus. 10, 2018].