

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengaruh Bahan Organik, Tanaman Pionir dan Mulsa Terhadap Sifat Kimia Tanah Terdampak

Peningkatan sifat kimia dan kesuburan pada bahan letusan dapat dilakukan beberapa upaya yaitu dengan pemberian bahan organik dan mulsa. Bahan organik dapat memperbaiki kesuburan tanah yang bersifat ramah lingkungan dan mempercepat pelapukan mineral tanah. Selain bahan organik, mulsa juga merupakan salah satu upaya untuk mencegah terjadinya pencucian. Pencucian ini disebabkan karena sifat bahan letusan yang rendah akan daya ikat air dan unsur hara, sehingga dapat terjadi pencucian unsur hara dan masuk ke dalam lapisan bawahnya.

Ketersediaan hara dalam tanah ditentukan oleh sifat-sifat yang mempengaruhi kemampuan tanah dalam menyediakan hara. Sifat kimia yang dapat mempengaruhi ketersediaan hara pada bahan letusan meliputi kemasaman (pH), C-organik dan KTK (Kapasitas Tukar Kation). Selain ketersediaan hara, kation basa dapat ditukar (K_{dd} , Na_{dd} , Ca_{dd} dan Mg_{dd}), jumlah basa dan kejenuhan basa termasuk dalam indikator kesuburan tanah.

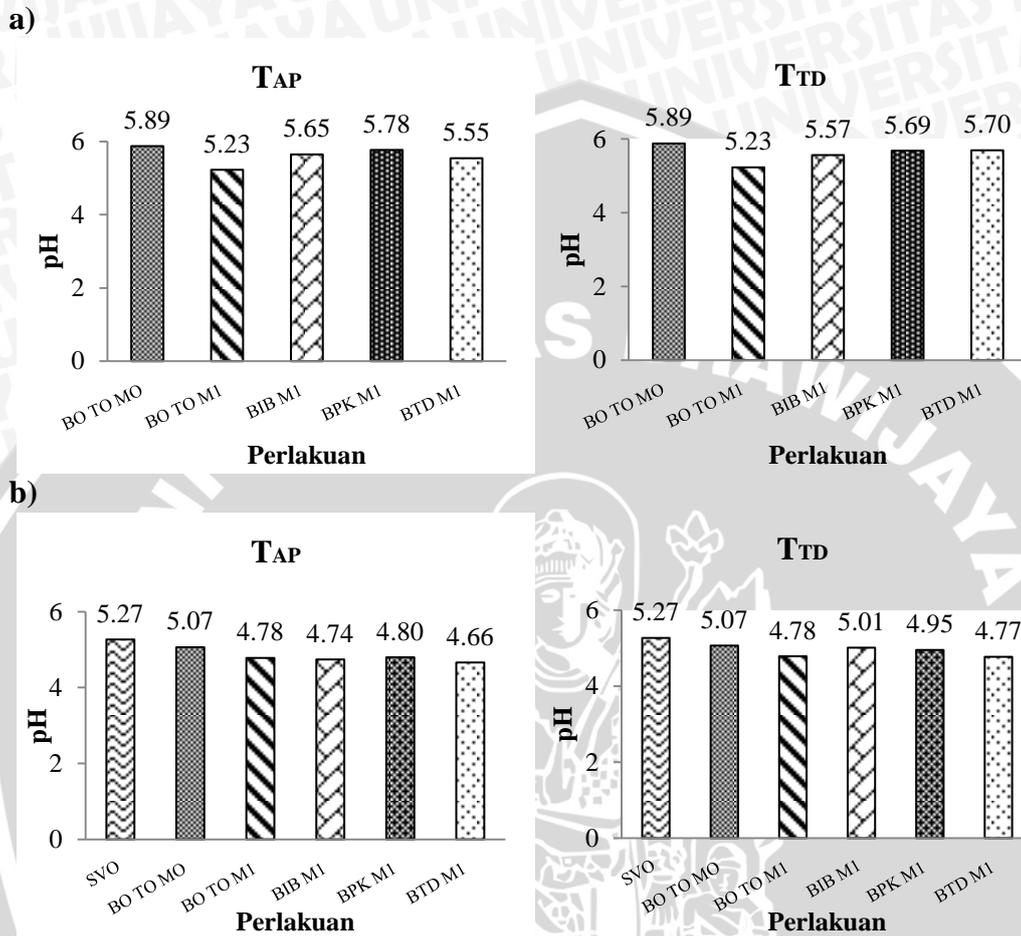
4.1.1. Nilai pH

a. Bahan Letusan

Penambahan bahan organik, tanaman pionir dan mulsa tidak berbeda nyata antar perlakuannya terhadap pH (Lampiran 6.a) dan belum mampu meningkatkan pH pada bahan letusan, justru menurunkan pH (Gambar 2). Peningkatan atau penurunan pH pada bahan letusan dapat disebabkan oleh tingkat kematangan pada bahan organik. Proses dekomposisi pada bahan organik dapat menurunkan pH. Penurunan pH terjadi karena bahan organik melepaskan asam-asam organik dari proses dekomposisi dan mengakibatkan terjadinya penurunan pH pada tanah (Atmojo, 2003).

Nilai pH yang tertinggi pada penambahan perlakuan $B_{PK}M_1$, sedangkan pH terendah terdapat pada perlakuan $B_{TD}M_1$ dan $B_{IB}M_1$ (Gambar 2.). Penelitian ini berbeda dengan penelitian Utami *et al.*, (2017) yang menunjukkan bahwa penambahan bahan organik daun jagung (*Zea mays*), daun ubi jalar (*Ipomea*

batatas), daun paitan (*Tithonia diversifolia*) dan pupuk kandang sapi pada bahan letusan menghasilkan pH lebih tinggi (5,6-6,0) dibandingkan tanpa perlakuan setelah masa inkubasi selama 90 hari.



Keterangan : Huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji Duncan 5%, SV₀ = tanpa bahan letusan, B₀= tanpa bahan organik, B_{IB} = bahan organik daun *Ipomea batatas*, B_{BPK}= bahan organik pupuk kandang sapi, B_{TD}= bahan organik daun *Tithonia difersifolia*, T₀= tanpa tanaman pionir, T_{AP} = tanaman *Arachis pintoi pintoi*, T_{TD}= tanaman *Tithonia diversifolia* M₀= tanpa mulsa, M₁ = mulsa, a= perlakuan pada bahan letusan, b = perlakuan pada tanah tertimbu

Gambar 2. Pengaruh Bahan organik, tanaman pionir dan mulsa terhadap pH pada tanah terdampak

Tanaman pionir juga menjadi salah satu penyebab pH menjadi menurun pada bahan letusan. Akar tanaman dapat melepaskan CO₂ yang dapat meningkatkan asam karbonat atau bikarbonat sehingga dapat menurunkan pH (Widyati, 2013). Namun, tanaman pionir pada penelitian ini tidak memberikan pengaruh yang nyata karena waktu penanaman tanaman pionir yang cukup singkat yaitu 14 hari, sehingga pengaruh terhadap pH pada bahan letusan maupun tanah tertimbu hanya sedikit. Hasil penelitian Ni'mah (2016) menunjukkan bahwa

penambahan tanaman pionir terdiri dari tanaman *Arachis pintoi*, *Tithonia diversifolia* dan *Pennisetum purpureum* pada bahan letusan memiliki pH 5,76; 5,84 dan 6,12 lebih tinggi dibandingkan bahan letusan tanpa menggunakan tanaman pionir memiliki pH 4,33.

b. Tanah Tertimbun

Nilai pH tanah tertimbun juga tidak berbeda nyata antar perlakuannya (Lampiran 6.b). Nilai pH pada tanah tertimbun lebih masam dibandingkan lapisan bahan letusan (Gambar 2). Penurunan pH pada tanah tertimbun disebabkan oleh bahan letusan yang menutupi tanah. Bahan letusan memiliki sifat masam sehingga tanah yang tertutupi oleh bahan letusan bereaksi masam juga. Hasil penelitian ini setara dengan Simanjuntak, Elfiati dan Delvian (2015) yang meneliti tentang dampak erupsi Gunung Sinabung pada berbagai kedalaman. Penelitian Simanjuntak *et al.*, (2015) ini menunjukkan bahwa pH tanah yang sudah tercampur bahan letusan memiliki pH yang rendah (4,43) dibandingkan pada bahan letusan (5,14) dan tanah saja (4,54).

Suriadikarta, Kasno dan Anggria (2010) mengemukakan bahwa salah satu kandungan bahan letusan adalah sulfur. Hal ini sebanding dengan pernyataan Suntoro, Widijanto, Sudadi dan Wiyati (2015) yang menunjukkan bahwa semakin banyak bahan letusan yang diberikan pada tanah, maka ketersediaan sulfur pada tanah semakin tinggi. Tanah yang mengandung sulfur akan bereaksi dengan air (H_2O) dan oksigen (O_2), sehingga akan membentuk air asam yang jika mengendap dalam tanah juga akan menyebabkan tanah menjadi asam. Reaksi oksidasi ini, selain dapat menurunkan pH, juga akan meningkatkan kadar sulfur sehingga mampu meluruhkan dan membawa logam berat yang terkandung pada batuan yang dilalui oleh air asam ini (Agus, Pradipa, Wulandari, Supriyo, Saridi dan Herika, 2014).

Nilai pH tanah tertimbun tidak berbeda nyata antar perlakuannya (Lampiran 6.b). Nilai pH tertinggi pada tanah tertimbun terdapat pada perlakuan B_{PKM_1} , sedangkan perlakuan terendah terdapat pada perlakuan B_{TDM_1} . Perlakuan B_{PKM_1} juga memiliki pH tertinggi pada lapisan bahan letusan. Perlakuan pupuk kandang sapi mengalami peningkatan pH karena terjadi pertukaran ligan anion-anion hasil dekomposisi pupuk kandang terutama asam fulvat terhadap ion OH^-

bebas pada lokasi pertukaran sehingga berpengaruh pada peningkatan jumlah ion OH⁻ pada tanah (Minardi, 2011).

4.1.2. Kandungan C-organik

a. Bahan Letusan

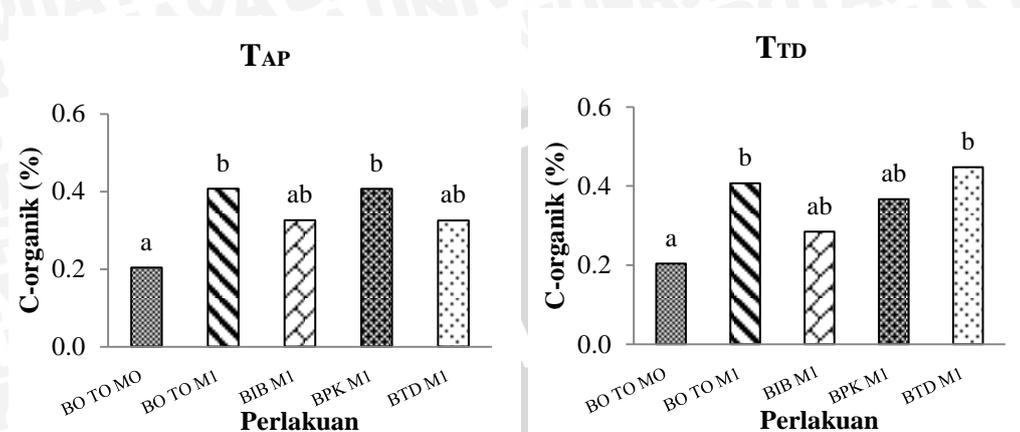
Bahan organik merupakan salah satu indikator kesuburan tanah. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan penambahan bahan organik, tanaman pionir dan mulsa berpengaruh nyata terhadap kandungan C-organik pada bahan letusan (Lampiran 6.c). Kandungan C-organik pada penambahan bahan organik, tanaman pionir dan mulsa lebih tinggi kandungannya dibandingkan tanpa perlakuan. Semakin banyak bahan organik yang ditambahkan pada tanah, semakin besar peningkatan kandungan C-organik dalam tanah.

Kandungan C-organik tertinggi pada penambahan bahan organik dan mulsa terdapat pada perlakuan B_{PKM_1} dan B_{TDM_1} , sedangkan kandungan C-organik terendah adalah B_{IBM_1} (Gambar 3). Peningkatan kandungan C-organik dipengaruhi oleh kualitas dari bahan organik. Salah satu kualitas bahan organik adalah kandungan lignin. Semakin tinggi kandungan lignin, maka semakin lama laju dekomposisinya, sebaliknya semakin rendah kandungan lignin maka semakin cepat laju dekomposisi bahan organik. Lignin merupakan senyawa polimer pada jaringan tanaman berkayu pada rongga antar sel tanaman, sehingga tanaman menjadi keras dan sulit untuk dirombak oleh mikroorganisme tanah (Stevenson, 1982).

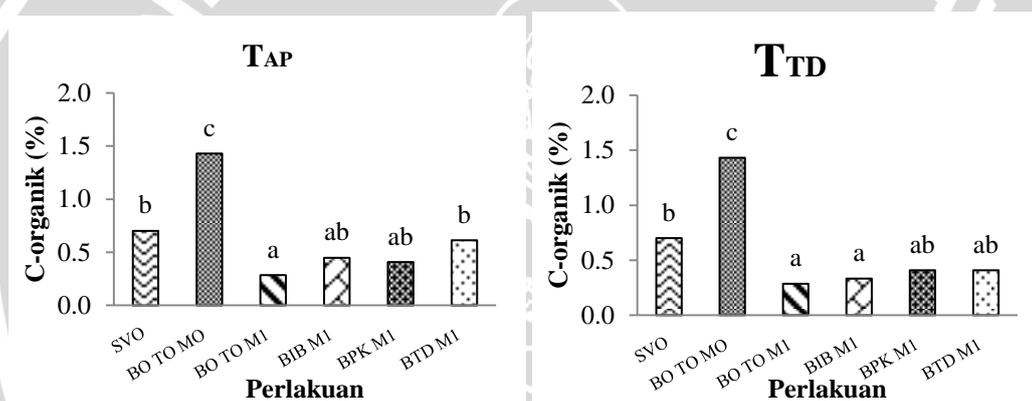
Pupuk kandang sapi dan daun *Tithonia diversifolia* memiliki kandungan 36,96% dan 54,10 % C-organik, sedangkan daun *Ipomea batatas* memiliki 50,80% C-organik (Utami *et al.*, 2017). Penelitian ini menunjukkan bahwa pupuk kandang sapi memiliki kandungan C-organik lebih tinggi dibandingkan daun *Ipomea batatas*. Hal ini disebabkan pupuk kandang mempunyai kandungan serat seperti hemiselulosa dan selulosa yang tinggi (Hartatik dan Widowati, 2006). Pupuk kandang telah mengalami perombakan di dalam rumen. Laju perombakan di dalam rumen lebih cepat dibandingkan tanah. Waktu yang diperlukan untuk merombak dinding sel tanaman dalam rumen hanya membutuhkan waktu sehari, namun di tanah memerlukan waktu yang lama (Atmojo, 2003). Penelitian ini setara dengan Nurlaeny, Saribuan dan Hudaya (2012) yang menunjukkan bahwa

penambahan pupuk kandang sapi dapat meningkatkan kandungan C-organik dan asam humat-fulvat pada tanah Inceptisol yang dicampur dengan bahan letusan.

a)



b)



Keterangan : Huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji Duncan 5%, SV₀ = tanpa bahan letusan, B₀ = tanpa bahan organik, B_{IB} = bahan organik daun *Ipomea batatas*, B_{BPK} = bahan organik pupuk kandang sapi, B_{T_{TD}} = bahan organik daun *Tithonia diversifolia*, T₀ = tanpa tanaman pionir, T_{AP} = tanaman *Arachis pintoii pintoii*, T_{TD} = tanaman *Tithonia diversifolia* M₀ = tanpa mulsa, M₁ = mulsa. a = perlakuan pada bahan letusan, b = perlakuan pada tanah tertimbun

Gambar 3. Pengaruh bahan organik, tanaman pionir dan mulsa terhadap kandungan C-organik terhadap tanah terdampak

Kolawole, Awodun dan Ojeniyi (2014) mengemukakan bahwa pemberian bahan organik *Tithonia diversifolia* dengan dosis 10-15 ton ha⁻¹ dapat meningkatkan kandungan bahan organik dan C-organik. Hasil penelitian Utami *et al.*, (2017) menunjukkan bahwa daun *Tithonia diversifolia* dan daun *Ipomea batatas* dengan dosis 15 ton ha⁻¹ meningkatkan kandungan C-organik sebesar

1,16 % dan 1,15 % lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya (daun *Zea mays* dan pupuk kandang sapi sebesar 1,08 dan 1,01% C-organik).

Tanaman pionir juga memberikan pengaruh terhadap kandungan C-organik pada bahan letusan, namun memberikan pengaruh hanya sedikit. Gambar 3 menunjukkan bahwa tanaman *Tithonia diversifolia* memberikan kandungan C-organik tertinggi dibandingkan dengan *Arachis pintoi*. Hal ini setara dengan penelitian Damanik (2016) yang menunjukkan bahwa penanaman tanaman *Tithonia diversifolia* pada bahan letusan memberikan kandungan C-organik tertinggi sebesar 1,09 % dibandingkan dengan penambahan tanaman pionir *Arachis pintoi* (1,04 %) dan *Pennisetum purpureum* (0,95 %).

b. Tanah Tertimbun

Kandungan C-organik di bawah bahan letusan dengan perlakuan penambahan bahan organik, tanaman pionir dan mulsa lebih rendah dibandingkan dengan tanpa perlakuan (Gambar 3). Rendahnya kandungan C-organik di tanah tertimbun disebabkan adanya peningkatan kapasitas tukar kation yang dihasilkan oleh bahan organik pada bahan letusan, sehingga tidak ada penambahan kandungan C-organik pada tanah tertimbun. Atmojo (2003) mengemukakan bahwa penambahan bahan organik dapat meningkatkan muatan negatif sehingga akan meningkatkan kapasitas tukar kation pada tanah.

Penambahan perlakuan berpengaruh nyata terhadap kandungan C-organik (Lampiran 6.d). Perlakuan dengan kandungan C-organik tertinggi terdapat pada perlakuan B_{TD}M₁. Perlakuan B_{TD}M₁ merupakan perlakuan dengan kandungan C-organik tertinggi pada bahan letusan maupun tanah tertimbun. Hal ini setara dengan penelitian Al Ghifari, Tyasmoro dan Soelistyono (2014) yang menunjukkan bahwa bahan organik tanaman paitan dapat meningkatkan kandungan C-organik lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan kombinasi antara paitan dengan pupuk kandang pada tanah.

Kandungan C-organik terendah tanah tertimbun terdapat pada perlakuan B_{IB}M₁. Penurunan C-organik diduga oleh perombakan bahan organik menjadi senyawa yang sederhana. Sukmawati (2011) mengemukakan bahwa penurunan C-organik disebabkan oleh proses dekomposisi bahan organik yang dirombak menjadi senyawa anorganik sehingga C-organik menurun. Kandungan C-organik

yang menurun juga bisa disebabkan oleh penambahan mulsa yang dapat menghambat peningkatan kandungan C-organik pada tanah tertimbun, sehingga tidak ada kandungan C-organik yang tercuci atau hilang ke dalam tanah tertimbun. Tanaman pionir juga menyumbangkan kandungan C-organik. Gambar 3 menunjukkan bahwa tanaman *Arachis pintoii* mempunyai kandungan C-organik lebih tinggi dibandingkan tanaman *Tithonia diversifolia*.

4.1.3. Kapasitas Tukar Kation

a. Bahan Letusan

Kapasitas Tukar Kation merupakan kemampuan tanah untuk menjerap atau menukarkan kation di dalam tanah. Penambahan bahan organik, tanaman pionir dan mulsa berpengaruh nyata terhadap kapasitas tukar kation (Lampiran 6.e). Penambahan perlakuan juga dapat meningkatkan kapasitas tukar kation pada bahan letusan (Gambar 4). Penambahan bahan organik menyumbang muatan negatif pada tanah sangat besar melalui luas permukaan jenisnya yang sangat tinggi sehingga pemberian bahan organik dapat meningkatkan kapasitas tukar kation. Peningkatan kapasitas tukar kation ini disebabkan oleh dekomposisi bahan organik yang dapat meningkatkan 20-70% kapasitas tukar kation pada tanah (Atmojo, 2003).

Perlakuan kapasitas tukar kation tertinggi pada penambahan perlakuan terdapat pada perlakuan B_{PKM_1} , sedangkan kapasitas tukar kation terendah terdapat pada B_{TDM_1} . Peran bahan organik sangat erat dalam peningkatan kapasitas tukar kation. Hal ini disebabkan bahan organik mempunyai kemampuan dalam menjerap kation. Besarnya peningkatan kapasitas tukar kation oleh bahan organik disebabkan karena tingginya senyawa karboksil (-COOH) dan hidroksi (-OH) yang jika terhidrolisis akan menghasilkan atau menambahkan muatan negatif tanah (Suntoro *et al.*, 2014).

Atmojo (2003) mengemukakan bahwa muatan koloid humus bersifat berubah-ubah tergantung pH larutan tanah. Tanah yang dalam keadaan alkali, larutannya banyak mengandung OH^- , akibatnya terjadi pelepasan H^+ dari gugus organik dan terjadi peningkatan muatan negatif, sehingga kapasitas tukar kation meningkat. Sebaliknya, tanah yang bersifat masam, hidrogen akan terikat kuat pada gugus aktif berubah menjadi bermuatan positif ($-COOH_2^+$ dan OH_2^-),

sehingga koloid-koloid yang bermuatan negatif menjadi rendah, sehingga kapasitas tukar kation turun. Kapasitas tukar kation menurun juga disebabkan sifat bahan letusan yang memiliki kadar pasir tinggi, sehingga kandungan liat dan humus sangat sedikit. Rendahnya kapasitas tukar kation dapat menyebabkan terjadinya pencucian K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} dan lain-lain, sehingga tanah menjadi kurang subur (Kusumastuti, 2014).

Tanaman pionir juga berperan penting dalam proses pelapukan bahan letusan. Akar tanaman pionir dapat membantu pembentukan partikel tanah dan meningkatkan kandungan liat pada tanah (Berner, Berner dan Moulton, 2005). Kapasitas tukar kation tertinggi terdapat pada tanaman *Tithonia diversifolia*. Hal ini berbeda dengan penelitian Putra (2016) yang menunjukkan bahwa kapasitas tukar kation pada tanaman *Arachis pintoi* ($8,72 \text{ cmol kg}^{-1}$) lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan tanaman pionir *Pennisetum purpureum* ($8,18 \text{ cmol kg}^{-1}$) dan *Tithonia diversifolia* ($5,15 \text{ cmol kg}^{-1}$). Namun, pengaruh tanaman pionir pada penelitian ini hanya berpengaruh sedikit terhadap kapasitas tukar kation pada bahan letusan, karena perkembangan tanaman pionir yang ditanam dalam waktu yang singkat yaitu dua minggu.

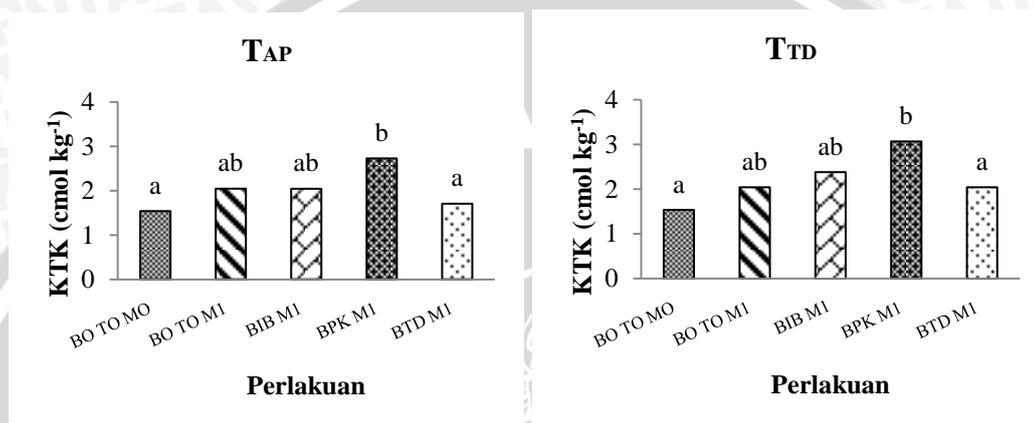
b. Tanah Tertimbun

Penambahan bahan organik, tanaman pionir dan mulsa dapat meningkatkan kapasitas tukar kation pada tanah tertimbun (Gambar 4). Kapasitas tukar kation merupakan kemampuan tanah untuk mengikat dan menukarkan kation di dalam tanah. Kapasitas tukar kation tergantung dengan sifat padatan atau partikel pada tanah. Tanah-tanah yang mempunyai kadar liat atau koloid dan bahan organik tinggi mempunyai kapasitas tukar kation lebih tinggi dibandingkan dengan tanah yang mempunyai kadar liat rendah (tanah pasiran) dan kadar bahan organik rendah (Winarso, 2008). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas tukar kation pada tanah tertimbun diduga mengalami penambahan partikel halus dari bahan letusan yang tercuci ke tanah tertimbun.

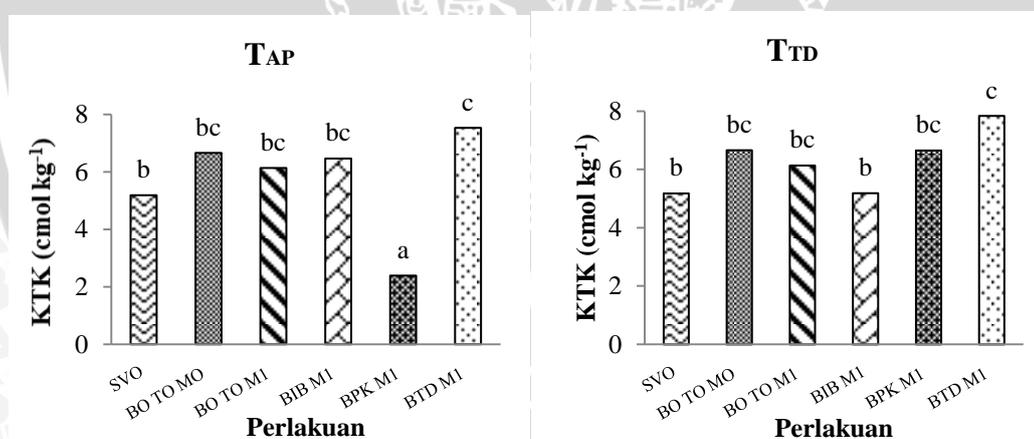
Penambahan perlakuan berpengaruh nyata terhadap kapasitas tukar kation (Lampiran 6.f). Kapasitas tukar kation tertinggi terdapat pada perlakuan B_{PKM_1} , sedangkan kapasitas tukar kation terendah terdapat pada B_{TDM_1} (Gambar 4). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bahan organik dari pupuk kandang sapi

dapat meningkatkan kapasitas tukar kation pada bahan letusan, akan tetapi belum mampu meningkatkan kapasitas tukar kation pada tanah tertimbun. Namun, rendahnya kapasitas tukar kation pada perlakuan B_{PKM_1} juga dapat disebabkan karena besarnya kapasitas tukar kation pada lapisan bahan letusan dibandingkan perlakuan lainnya. Selain bahan organik, peningkatan kapasitas tukar kation dapat dipengaruhi oleh tanaman pionir.

a)



b)



Keterangan : Huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji Duncan 5%, SV_0 = tanpa bahan letusan, B_0 = tanpa bahan organik, B_{IB} = bahan organik daun *Ipomea batatas*, B_{PK} = bahan organik pupuk kandang sapi, B_{TD} = bahan organik daun *Tithonia diversifolia*, T_0 = tanpa tanaman pionir, T_{AP} = tanaman *Arachis pintoi pintoi*, T_{TD} = tanaman *Tithonia diversifolia* M_0 = tanpa mulsa, M_1 = mulsa. a = perlakuan pada bahan letusan, b = perlakuan pada tanah tertimbun

Gambar 4. Pengaruh bahan organik, tanaman pionir dan mulsa terhadap kapasitas tukar kation pada tanah terdampak

Gambar 4 menunjukkan bahwa tanaman pionir yang dapat meningkatkan kapasitas tukar kation tertinggi pada tanah tertimbun adalah tanaman *Tithonia diversifolia*. Hal ini terjadi karena diduga perakaran pada tanaman *Tithonia diversifolia* lebih cepat tumbuh dibandingkan tanaman *Arachis pintoi*. Akar tanaman akan mempercepat pelepasan unsur hara mineral tanah karena akar akan mengeluarkan senyawa yang dapat melepaskan unsur dari mineral tanah (Rosmarkan dan Yuwono, 2002). Semakin panjang serabut akar, maka semakin besar pula kemampuan akar untuk mengubah unsur hara menjadi tersedia.

4.1.4. Kation Basa Dapat Ditukar

a. Bahan Letusan

Hasil sidik ragam menunjukkan penambahan bahan organik, tanaman pionir dan mulsa tidak berpengaruh terhadap kandungan K_{dd} (Lampiran 6.g), Na_{dd} (Lampiran 6.h) dan Mg_{dd} (Lampiran 6.i), akan tetapi berpengaruh nyata terhadap kandungan Ca_{dd} (Lampiran 6.j). Akan tetapi ada kecenderungan dengan penambahan bahan organik, tanaman pionir dan mulsa mengalami peningkatan kandungan kation basa dapat ditukar (K_{dd} , Na_{dd} , Ca_{dd} dan Mg_{dd}) dibandingkan tanpa perlakuan (Gambar 5). Peningkatan kandungan kation basa ini dapat dipengaruhi oleh peningkatan kapasitas tukar kation. Mateus (2014) menyatakan bahwa peningkatan bahan organik tanah mampu meningkatkan C-organik tanah yang mampu meningkatkan muatan negatif, sehingga akan meningkatkan kapasitas tukar kation. Muatan negatif menyebabkan tanah dapat mengikat kation-kation basa serta mengadakan pertukaran kation.

Kandungan K_{dd} tertinggi terdapat pada $B_{IB}M_1$, sedangkan terendah terdapat pada perlakuan $B_{PK}M_1$ (Gambar 4). Hal ini disebabkan karena bahan organik *Ipomea batatas* mempunyai komposisi kandungan kalium (5,84%) lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk kandang sapi (0,34%) (Utami *et al.*, 2017). Kandungan Na_{dd} , Ca_{dd} dan Mg_{dd} tertinggi terdapat pada perlakuan $B_{PK}M_1$, sedangkan kandungan yang terendah terdapat pada perlakuan $B_{IB}M_1$ (kecuali Ca_{dd}) (Gambar 4). Hasil penelitian Ni'mah (2016) menunjukkan bahwa penambahan pupuk kandang sapi pada bahan letusan dapat meningkatkan kandungan natrium dan magnesium, justru menurunkan kalsium. Peningkatan Na_{dd} terjadi karena adanya pengikatan oleh ikatan humus yang berasal dari bahan

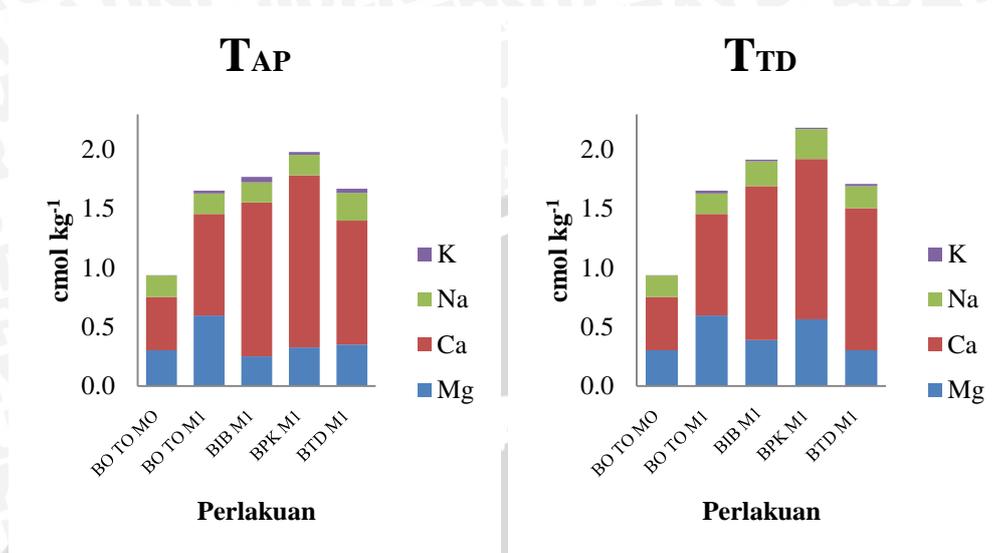
organik, hal ini yang menyebabkan Na_{dd} meningkat pada bahan letusan. Peningkatan kandungan Ca_{dd} ini terjadi karena adanya pelepasan Ca_{dd} pada bahan organik. Kurashima, Shoji dan Yamada (1981 dalam Fiantis, 2006), mengemukakan bahwa CaO lebih reaktif dan *mobile* bila dibandingkan dengan $\text{Na}_2\text{O} > \text{MgO} > \text{K}_2\text{O}$. Sifat Ca_{dd} yang reaktif dan *mobile* ini dapat meningkatkan Ca_{dd} lebih besar dibandingkan dengan kandungan Na_{dd} , Mg_{dd} dan K_{dd} pada bahan letusan.

Penambahan tanaman pionir tidak berpengaruh pada peningkatan kandungan kation basa dapat ditukar (Gambar 5). Hasil penelitian Perdana (2016) menunjukkan bahwa penambahan tanaman pionir (*Tithonia diversifolia*, *Pennisetum purpureum*, dan *Arachis pintoii*) pada bahan letusan yang diaplikasikan selama 90 hari, belum mampu meningkatkan kandungan kation basa pada bahan letusan. Hal ini terjadi karena kandungan kation basa dapat ditukar pada bahan letusan sangat rendah, setelah ditanami tanaman pionir kemungkinan basa-basa tersedia diserap oleh tanaman, sehingga kation basa dapat ditukar jumlahnya menurun.

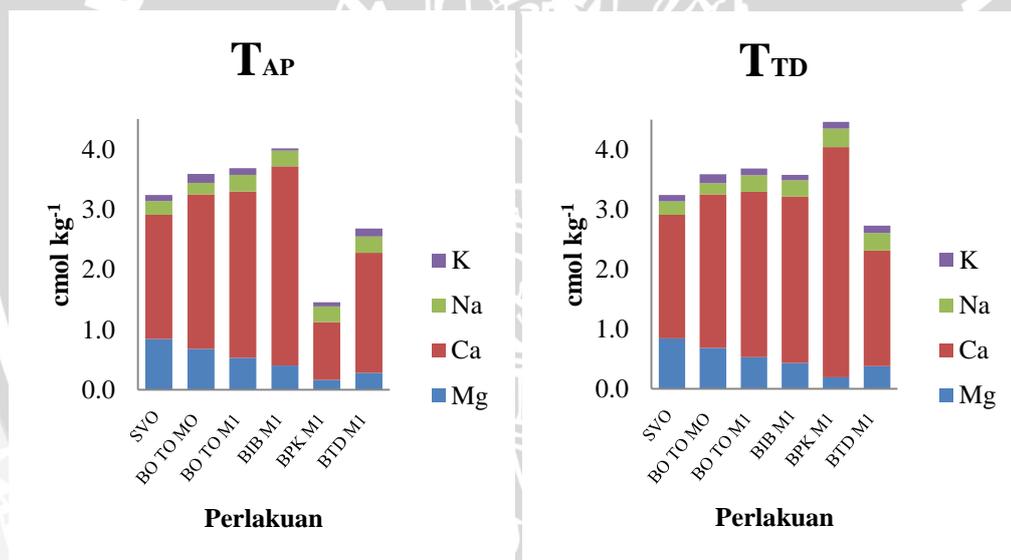
b. Tanah Tertimbun

Penambahan bahan organik, tanaman pionir dan mulsa beberapa dapat meningkatkan kation basa dapat ditukar pada tanah tertimbun (Gambar 5). Penambahan perlakuan berpengaruh nyata terhadap kandungan Na_{dd} (Lampiran 6.k), Ca_{dd} (Lampiran 6.l), Mg_{dd} (Lampiran 6.m) dan K_{dd} (Lampiran 6.n). Peningkatan kandungan kation basa dapat ditukar diduga telah terjadi pencucian pada lapisan bahan letusan. Bahan letusan memiliki sifat daya ikat dan unsur hara yang rendah, sehingga unsur hara dapat larut dan hilang tercuci masuk ke dalam lapisan tanah di bawahnya. Penambahan perlakuan yang belum ada peningkatan diduga mengalami pengikatan kandungan C-organik yang kuat pada bahan letusan, sehingga meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) pada bahan letusan. Peningkatan KTK pada bahan letusan ini dapat menghambat pencucian ke tanah tertimbun.

a)



b)



Keterangan : Huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji Duncan 5%, SV₀ = tanpa bahan letusan, B₀= tanpa bahan organik, B_{IB} = bahan organik daun *Ipomea batatas*, B_{BPK}= bahan organik pupuk kandang sapi, B_{TD}= bahan organik daun *Tithonia diversifolia*, T₀= tanpa tanaman pionir, T_{AP} = tanaman *Arachis pintoi pintoi*, T_{TD}= tanaman *Tithonia diversifolia* M₀= tanpa mulsa, M₁ = mulsa. a= perlakuan pada bahan letusan, b = perlakuan pada tanah tertimbun

Gambar 5. Pengaruh penambahan bahan organik, tanaman pionir dan mulsa terhadap kandungan kation basa dapat ditukar pada tanah terdampak

Kandungan K_{dd} tertinggi pada penambahan bahan organik, tanaman pionir dan mulsa terdapat pada perlakuan B_{TD}M₁, sedangkan kandungan terendah

terdapat pada perlakuan $B_{IB}M_1$. Perlakuan $B_{IB}M_1$ merupakan perlakuan dengan kandungan K_{dd} terendah pada lapisan bahan letusan maupun tanah tertimbun. Hal ini dapat terjadi karena kapasitas tukar kation pada perlakuan $B_{IB}M_1$ pada lapisan bahan letusan lebih besar dibanding $B_{TD}M_1$. Kapasitas tukar kation yang rendah pada perlakuan $B_{TD}M_1$ menyebabkan pencucian kation-kation. Fiantis, Nelson dan Shamshuddin (2010) mengemukakan bahwa kelarutan K^+ pada percobaan pencucian material piroklastik Gunung Talang paling rendah diantara kation-kation basa yang lain, hal ini dikarenakan oleh unsur K^+ memiliki valensi satu sehingga kurang reaktif bila dibandingkan dengan Ca dan Mg yang memiliki valensi dua.

Kandungan Na_{dd} tertinggi terdapat pada perlakuan $B_{IB}M_1$, sedangkan kandungan Na_d terendah terdapat pada perlakuan $B_{TD}M_1$. Kondisi Na_{dd} yang tinggi dapat merusak struktur tanah (sodik) sehingga tanah menjadi padat. Kandungan Ca_{dd} dan Mg_{dd} tertinggi terdapat pada perlakuan $B_{IB}M_1$. Sedangkan kandungan Ca_{dd} terendah terdapat pada perlakuan $B_{TD}M_1$ dan kandungan Mg_{dd} terendah terdapat pada $B_{PK}M_1$. Peningkatan kandungan kation basa pada tanah tertimbun diduga mengalami pencucian pada bahan letusan. Pencucian dapat disebabkan oleh curah hujan. Curah hujan berperan penting dalam proses mineralisasi, yaitu dalam proses hidrasi mineral-mineral primer bahan letusan. Menurut Sanjaya, Syamsiyah, Ariyanto dan Komariah (2014), volum curah hujan rata-rata 22 mm/hari mampu mempengaruhi pencucian pada K tersedia dan Na tersedia mulai pada hari ke-10 dengan menggunakan hujan sintetis setiap harinya. Proses pencucian pada penelitian ini, terjadi secara alami, sehingga proses pencucian pada bahan letusan tidak berpengaruh nyata terhadap penambahan K_{dd} dan Na_{dd} pada tanah tertimbun.

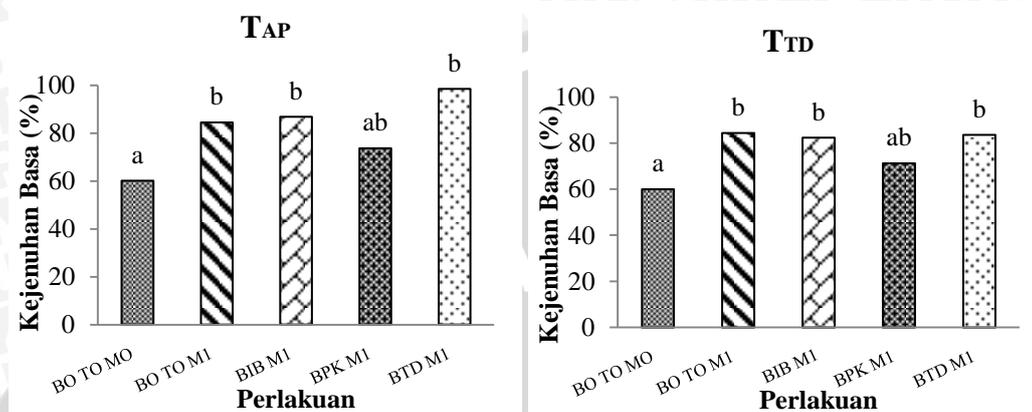
4.1.5. Kejenuhan Basa

a. Bahan Letusan

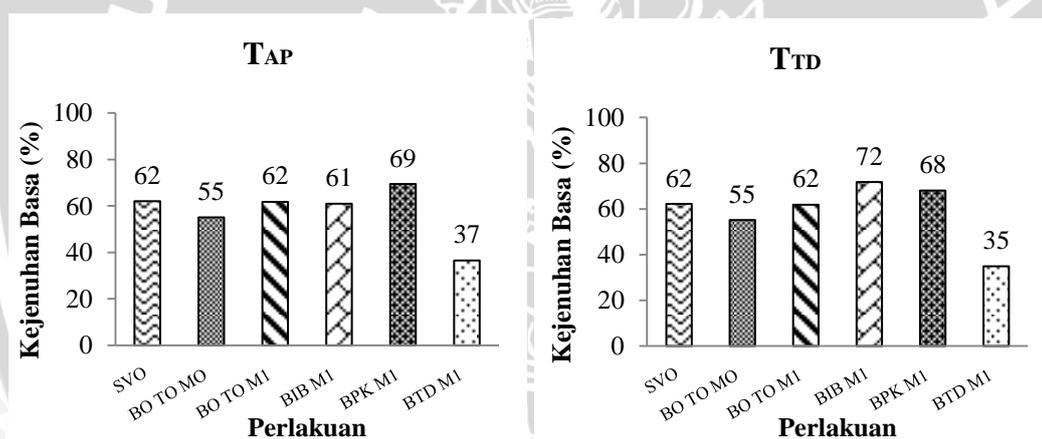
Kejenuhan basa merupakan perbandingan antara jumlah kation-kation dengan kapasitas tukar kation. Penambahan bahan organik, tanaman pionir dan mulsa berpengaruh nyata terhadap kejenuhan basa (Lampiran 6.o). Penambahan perlakuan menghasilkan kejenuhan basa lebih tinggi dibandingkan tanpa perlakuan (Gambar 6). Peningkatan kejenuhan basa ini dapat terjadi karena bahan

organik mampu melepaskan basa-basa yang terdapat di dalam bahan letusan, sehingga dapat meningkatkan jumlah kation basa dan kejenuhan basa mengalami peningkatan (Ni'mah, 2016).

a)



b)



Keterangan : Huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji Duncan 5%, SV₀ = tanpa bahan letusan, B₀= tanpa bahan organik, B_{IB} = bahan organik daun *Ipomea batatas*, B_{PK}= bahan organik pupuk kandang sapi, B_{TD}= bahan organik daun *Tithonia diversifolia*, T₀= tanpa tanaman pionir, T_{AP} = tanaman *Arachis pintoi pintoi*, T_{TD}= tanaman *Tithonia diversifolia* M₀= tanpa mulsa, M₁ = mulsa. a= perlakuan pada bahan letusan, b = perlakuan pada tanah tertimbu

Gambar 6. Pengaruh penambahan bahan organik, tanaman pionir dan mulsa terhadap kejenuhan basa pada tanah terdampak

Kejenuhan basa tertinggi terdapat pada perlakuan B_{TD}M₁, sedangkan kejenuhan basa terendah terdapat pada perlakuan B_{PK}M₁. Hasil penelitian ini setara dengan penelitian Utami *et al.*, (2017) menunjukkan bahwa penambahan bahan organik dari daun *Tithonia diversifolia* yang diaplikasikan selama 90 hari memberikan kejenuhan basa paling baik dibandingkan dengan perlakuan

penambahan bahan organik dari daun *Ipomea batatas*, daun *Zea mays* dan pupuk kandang sapi. Tanaman pionir juga dapat meningkatkan kejenuhan basa pada bahan letusan (Gambar 6) walaupun hanya sedikit. Hasil ini setara dengan Ni'mah (2016) menunjukkan bahwa penanaman tanaman pionir (*Tithonia diversifolia*, *Pennisetum purpureum* dan *Arachis pintoi*) mampu meningkatkan kejenuhan basa dengan rata-rata 6,93-29,04% dibandingkan dengan kontrol.

Kejenuhan basa yang tinggi tidak menjadi ukuran bahwa bahan letusan memiliki tingkat kesuburan yang tinggi pula. Faktor yang mempengaruhi kejenuhan basa adalah jumlah basa dan kapasitas tukar kation. Penelitian ini memiliki kapasitas tukar kation yang sangat rendah. Kapasitas tukar kation yang rendah akan mengakibatkan penjerapan atau pertukaran muatan negatif dengan kation akan lemah. Jerapan dan pertukaran kation memegang peranan penting dalam penyerapan hara oleh tanaman, kesuburan tanah, retensi hara dan pemupukan (Tan, 1991).

b. Tanah Tertimbun

Kejenuhan basa pada penambahan bahan organik, tanaman pionir dan mulsa lebih rendah dibandingkan tanpa perlakuan (Gambar 6). Hal ini dapat dimungkinkan karena adanya kenaikan pH pada tanah tertimbun, sehingga konsentrasi H^+ yang tinggi menyebabkan pH dan kejenuhan basa rendah. Rini, Nurdin, Suyani dan Prasetyo (2009) menyatakan bahwa peningkatan pH memiliki hubungan yang positif terhadap kejenuhan basa. Selain itu, kejenuhan basa dipengaruhi oleh jumlah kation basa dan kapasitas tukar kation (Sudaryono, 2009). Gambar 4 menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan kapasitas tukar kation pada tanah tertimbun, namun peningkatan ini tidak diikuti oleh jumlah kation basa pada tanah tertimbun, sehingga kejenuhan basa dengan penambahan bahan organik, tanaman pionir dan mulsa lebih rendah dibandingkan tanpa perlakuan.

Penambahan perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap kejenuhan basa (Lampiran 6.p). Kejenuhan basa tertinggi terdapat pada perlakuan B_{PKM_1} , sedangkan kejenuhan basa yang terendah terdapat pada perlakuan $B_{TD M_1}$. Peningkatan kejenuhan basa pada B_{PKM_1} ini dimungkinkan karena kapasitas tukar kationnya yang rendah dibandingkan perlakuan lain, sehingga kejenuhan basa

meningkat. Tanaman pionir tidak berpengaruh terhadap kejenuhan basa tanah tertimbun, hal ini disebabkan karena waktu penanaman yang singkat. Penanaman tanaman yang singkat ini akan mempengaruhi perkembangan pada akar tanaman. Pengaruh akar tanaman pionir dimungkinkan belum masuk ke dalam tanah, karena pertumbuhan tanaman yang baru 14 hari. Hal ini yang dapat mempengaruhi kejenuhan basa pada tanah tertimbun belum dapat meningkat.

Gambar 6 menunjukkan bahwa kejenuhan basa pada tanah tertimbun lebih rendah dibandingkan kejenuhan basa pada lapisan bahan letusan. Rendahnya kejenuhan basa pada tanah tertimbun ini diduga karena kandungan jumlah basa pada tanah tertimbun sedikit. Selain itu, kapasitas tukar kation pada bahan letusan lebih rendah dibandingkan tanah tertimbun, sehingga dapat menyebabkan kejenuhan basa pada tanah tertimbun lebih rendah dibandingkan bahan letusan.

4.2. Pengaruh Sifat Kimia Bahan Letusan Terhadap Tanah

Bahan letusan memiliki potensi yang baik untuk meningkatkan unsur hara di dalam tanah, namun dibutuhkan waktu yang lama untuk melepaskan unsur-unsur yang dikandungnya. Bahan letusan juga memiliki kemampuan menahan hara yang rendah, sehingga menyebabkan unsur-unsur larut dalam air dan segera hilang tercuci atau masuk ke dalam lapisan di bawahnya. Pengaruh bahan letusan terhadap sifat kimia tanah dibawahnya disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengaruh Bahan Letusan Terhadap Sifat Kimia Tanah

Sifat Kimia	Satuan	Perlakuan		
		B ₀ T ₀ M ₀ A	B ₀ T ₀ M ₀ B	SV ₀
pH H ₂ O	-	5,9	5,1	5,3
C-organik	%	0,20	1,43	1,03
KTK	cmol kg ⁻¹	1,53	6,66	5,19
K _{dd}	cmol kg ⁻¹	0,00	0,15	0,10
Na _{dd}	cmol kg ⁻¹	0,18	0,19	0,23
Ca _{dd}	cmol kg ⁻¹	0,45	2,57	2,07
Mg _{dd}	cmol kg ⁻¹	0,30	0,68	0,84
Jumlah Basa	-	0,94	3,59	3,24
Kejenuhan Basa	%	60	55	62

Keterangan : SV₀ = tanpa bahan letusan, B₀T₀M₀ A= lapisan bahan letusan (bagian bahan letusan), B₀T₀M₀ B= lapisan tanah tertimbun.

Nilai pH tanah yang tertimbun (B₀T₀M₀ B) cenderung lebih rendah dibandingkan yang tanah tidak tertimbun. Hal ini menunjukkan bahwa bahan letusan menurunkan pH tanah aslinya (SV₀). Simanjuntak *et al.*, (2015)

mengemukakan bahwa bahan letusan yang menutupi permukaan pada tanah memiliki sifat masam, sehingga tanah juga akan bereaksi masam. Kandungan C-organik pada tanah tertimbun ($B_0T_0M_0B$) mengalami peningkatan dari 1,03% menjadi 1,43% atau mengalami peningkatan sebesar 0,40%. Peningkatan ini dimungkinkan mengalami pencucian bahan letusan, karena sifat bahan letusan rendah akan daya ikat air dan unsur hara. Hal ini juga setara dengan kapasitas tukar kation pada tanah tertimbun ($B_0T_0M_0B$) mengalami peningkatan dari 5,19 menjadi 6,66 cmol kg^{-1} atau sebesar 0,53 cmol kg^{-1} . Hal ini diduga telah terjadi peningkatan partikel halus dari lapisan bahan letusan ke tanah tertimbun. Selain itu, peningkatan bahan organik juga dapat meningkatkan kapasitas tukar kation pada tanah tertimbun ($B_0T_0M_0B$). Dekomposisi bahan organik akan membentuk humus yang memiliki muatan negatif yaitu berasal dari gugus karboksil ($-\text{COOH}$) dan fenolik ($-\text{OH}$), sehingga dianggap mempunyai susunan koloid seperti koloid lempung, namun tidak sekuat koloid lempung (Atmojo, 2003).

Jumlah kation basa pada tanah tertimbun ($B_0T_0M_0B$) mengalami peningkatan, terutama kontribusi dari Ca_{dd} . Kurashima *et al.*, (1981 dalam Fiantis, 2006), mengemukakan bahwa CaO lebih reaktif dan *mobile* bila dibandingkan dengan $\text{Na}_2\text{O} > \text{MgO} > \text{K}_2\text{O}$. Sifat Ca_{dd} yang reaktif dan *mobile* ini dapat meningkatkan Ca_{dd} lebih besar dibandingkan dengan kandungan Na_{dd} , Mg_{dd} dan K_{dd} pada bahan letusan. Hal ini setara dengan percobaan yang dilakukan oleh Kusumarini *et al.*, (2014) yang menunjukkan bahwa Ca di dalam material piroklastik lebih cepat tercuci dibandingkan dengan Na, Mg dan K. Namun, peningkatan jumlah kation basa ini tidak selaras dengan kejenuhan basa. Kejenuhan basa pada tanah tertimbun ($B_0T_0M_0B$) justru menurun. Penurunan kejenuhan basa terjadi karena mengalami penurunan kemasaman pada tanah (nilai pH). Menurut Sudaryono (2009), kejenuhan basa secara relatif ditentukan oleh jumlah kation basa dan kemasaman tanah. Semakin tinggi pH pada tanah maka semakin tinggi kejenuhan basa pada tanah.

4.3. Hubungan C-organik dan pH Terhadap Kapasitas Tukar Kation, Jumlah Basa dan Kejenuhan basa

Sifat kimia pada tanah terdampak bahan letusan dipengaruhi oleh sifat kimia dari bahan letusan, bahan organik dan mulsa. Secara umum, kandungan C-organik akan mempengaruhi pH, kapasitas tukar kation, jumlah basa dan kejenuhan basa. Selain itu, pH juga bisa mempengaruhi kapasitas tukar kation, jumlah basa dan kejenuhan basa.

4.3.1. Hubungan C-organik dan pH Terhadap Kapasitas Tukar Kation, Jumlah Basa dan Kejenuhan Basa pada bahan letusan

Hubungan korelasi antara C-organik dan pH adalah negatif dengan nilai $r = -0,36$ (rendah) (Tabel 6). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi C-organik pada bahan letusan maka pH-nya semakin menurun. Hubungan ini terjadi karena dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme akan membentuk asam-asam organik, sehingga semakin tinggi kandungan C-organik maka semakin masam pH pada bahan letusan. Sebaliknya, kandungan C-organik mempunyai hubungan positif dengan kapasitas tukar kation ($r = 0,43$ (sedang)), jumlah basa ($r = 0,59$ (sedang)) dan kejenuhan basa ($r = 0,35$ (rendah)). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi C-organik maka semakin tinggi pula kapasitas tukar kation, jumlah basa dan kejenuhan basa pada bahan letusan. Kapasitas tukar kation dapat meningkat karena bahan organik bisa menyumbangkan muatan negatif pada tanah dalam jumlah yang besar. Atmojo (2003) mengemukakan bahwa bahan organik dapat meningkatkan 20-70% kapasitas tukar kation pada tanah. Selain itu, bahan organik juga akan meningkatkan unsur hara termasuk kation basa dalam proses mineralisasi.

Tabel 6. Hubungan C-organik dan pH bahan letusan terhadap sifat kimia bahan letusan

Sifat Kimia	pH	KTK	JB	KB
C-organik	-0,36	0,43	0,59	0,35
pH	1	0,05	-0,24	-0,60

Keterangan : KTK = kapasitas tukar kation; JB = Jumlah Basa; KB = Kejenuhan Basa

Kapasitas tukar kation mempunyai hubungan positif dengan pH ($r = 0,05$ (sangat lemah)). Hubungan positif ini menunjukkan bahwa semakin tinggi pH maka semakin tinggi juga kapasitas tukar kation pada bahan letusan. Hubungan

antara pH dengan kapasitas tukar kation disebabkan oleh reaksi pertukaran kation-kation yang melibatkan H^+ , sehingga kation yang terjerap dapat ditukar oleh kation lainnya. Nilai pH dalam kondisi sangat masam, hidrogen akan terikat kuat pada gugus aktifnya yang menyebabkan gugus aktif berubah menjadi bermuatan positif, sehingga koloid yang bermuatan negatif rendah, akibatnya kapasitas tukar kation menurun. Sebaliknya dalam keadaan basa, terjadi pelepasan hidrogen dari gugus organik dan terjadi peningkatan muatan negatif, sehingga kapasitas tukar kation meningkat (Atmojo, 2003).

Jumlah basa mempunyai hubungan negatif dengan pH ($r = -0,24$ (lemah)). Akan tetapi, pengaruh dari hubungan negatif ini tidak mempengaruhi hubungan antara pH terhadap jumlah basa, sehingga semakin tinggi pH, maka semakin tinggi pula jumlah kation basa pada bahan letusan. Atmojo (2003) mengemukakan bahwa peningkatan pH tanah juga akan terjadi apabila penambahan bahan organik telah terdekomposisi lanjut (matang), karena bahan organik yang telah termineralisasi akan melepaskan mineralnya, berupa kation-kation basa.

Hubungan antara kejenuhan basa dengan pH yaitu memiliki hubungan negatif ($r = -0,60$ (kuat)). Hubungan ini menunjukkan semakin tinggi pH, maka semakin rendah kejenuhan basa pada bahan letusan. Hal ini berbeda dengan Rini *et al.*, (2009) yang menyatakan bahwa peningkatan pH memiliki hubungan positif terhadap kejenuhan basa. Hubungan negatif ini dapat terjadi karena bahan letusan memiliki pH dan KTK yang rendah, sehingga kejenuhan basa. Hal ini setara dengan pernyataan Utami, Aisyawati, Sutikno dan Kurniawan (2007) yang menyatakan bahwa indikator kesuburan kejenuhan basa bukan indikator ideal untuk menjadi dasar manajemen kesuburan tanah.

4.3.2. Hubungan C-organik dan pH Terhadap Kapasitas Tukar Kation, Jumlah Basa dan Kejenuhan Basa pada Tanah Tertimbun

Kandungan C-organik memiliki hubungan positif dengan pH ($r = 0,18$ (sangat lemah)), KTK ($r = 0,18$ (sangat lemah)) dan jumlah basa ($r = 0,06$ (sangat lemah)) (Tabel 7) pada tanah tertimbun. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan C-organik maka semakin tinggi pula pH, KTK dan jumlah basa pada tanah tertimbun. Namun, kandungan C-organik bahan letusan memiliki hubungan negatif terhadap pH ($r = -0,61$ (kuat)), KTK ($r = -0,10$ (sangat lemah)),

jumlah basa ($r = -0,35$ (sedang)) dan kejenuhan basa ($r = -0,16$ (sangat lemah)) (Tabel 7) pada tanah tertimbun. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan C-organik pada bahan letusan maka semakin rendah pH, KTK, jumlah basa dan kejenuhan basa pada tanah tertimbun. Hubungan negatif dengan C-organik bahan letusan menunjukkan bahwa semakin tinggi bahan organik di bahan letusan, maka semakin menurun terjadinya pencucian liat dan bahan organik ke tanah tertimbun maka kapasitas tukar kation tanah tertimbun menjadi menurun.

Tabel 7. Hubungan C-organik dan pH terhadap sifat kimia tanah tertimbun

Lapisan	Sifat Kimia	Tanah Tertimbun			
		pH	KTK	JB	KB
Bahan Letusan	C-organik	-0,61	-0,10	-0,35	-0,16
	pH	0,40	-0,14	-0,21	-0,03
Tanah Tertimbun	C-organik	0,18	0,18	0,06	-0,19
	pH	1	-0,23	0,26	0,43

Keterangan : KTK = kapasitas tukar kation; JB = Jumlah Basa; KB = Kejenuhan Basa

Nilai pH pada tanah tertimbun memiliki hubungan positif dengan jumlah basa dan kejenuhan basa yaitu dengan nilai $r = 0,26$ (rendah) dan $r = 0,43$ (sedang), namun memiliki hubungan negatif dengan KTK ($r = -0,23$ (rendah)) (Tabel 7). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi pH maka semakin tinggi jumlah basa dan kejenuhan basa tanah tertimbun, namun semakin menurun KTK pada tanah tertimbun. Nilai pH bahan letusan memiliki hubungan positif dengan pH tanah tertimbun ($r = 0,40$ (sedang)) (Tabel 7), hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi pH bahan letusan maka semakin tinggi juga pH tanah tertimbun. Namun, pH bahan letusan memiliki hubungan negatif dengan KTK ($r = -0,14$ (sangat rendah)), jumlah basa ($r = -0,21$ (rendah)) dan kejenuhan basa ($r = -0,03$ (sangat rendah)) (Tabel 7) pada tanah tertimbun. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi pH bahan letusan maka semakin rendah KTK, jumlah basa dan kejenuhan basa pada tanah tertimbun.