

**KANDUNGAN NPK MATERIAL LETUSAN GUNUNG KELUD DAN
SERAPAN NPK PAKCOY AKIBAT APLIKASI BAHAN ORGANIK BARU
PADA RESIDU PUPUK ANORGANIK DAN PAITAN**

Oleh
NADYA AWALIAH



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG
2019**

PERNYATAAN

Penelitian ini adalah bagian dari Hibah Penelitian dengan Judul “Kandungan NPK Material Letusan Gunung Kelud dan Serapan NPK Pakcoy akibat Aplikasi Bahan Organik Baru pada Residu Pupuk Anorganik dan Paitan” yang didanai oleh Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Brawijaya, Nomor DIPA-042.01.2.400919/2019. Data penelitian yang digunakan dalam skripsi ini merupakan data bersama yang dianalisis oleh tim penelitian. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar pendidikan di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan pada daftar pustaka.

Malang, Agustus 2019

Nadya Awaliah

NIM. 155040201111216

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Kandungan NPK Material Letusan Gunung Kelud dan Serapan NPK Pakcoy akibat Aplikasi Bahan Organik Baru pada Residu Pupuk Anorganik dan Paitan

Nama Mahasiswa : Nadya Awaliah

NIM : 155040201111216

Jurusan : Tanah

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping II,

Ir. Sri Rahayu Utami, M.Sc, Ph.D.
NIP. 19611028 198701 2 001

Christanti Agustina, SP. MP.
NIK. 201709 820826 2 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Ilmu Tanah
Fakultas Pertanian

Syahrul Kurniawan, SP., MP., Ph.D.
NIP. 197910182005011002

Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

Syahrul Kurniawan, SP., MP., Ph.D.
NIP. 197910182005011002

Ir. Sri Rahayu Utami, M.Sc., Ph.D.
NIP. 196110281987012001

Penguji III

Penguji IV

Christanti Agustina, SP., MP.
NIP. 2017098208262001

Rika Ratna Sari, SP., MP.
NIP. 2016098801302001

Tanggal Lulus:

RINGKASAN

NADYA AWALIAH. 155040201111216. Kandungan NPK Material Letusan Gunung Kelud dan Serapan NPK Pakcoy akibat Aplikasi Bahan Organik Baru pada Residu Pupuk Anorganik dan Paitan. Di bawah bimbingan Sri Rahayu Utami sebagai Pembimbing Utama dan Christanti Agustina sebagai Pembimbing Pendamping.

Erupsi Gunung Kelud mengakibatkan infrastruktur mengalami kerusakan dan seluruh kegiatan masyarakat menjadi terhambat, tidak terkecuali di bidang pertanian. Lahan terdampak erupsi yang tertimbun oleh penambahan abu vulkanik dan material pasir memberikan dampak negatif pada kesuburan tanah. Upaya perbaikan tanah terdampak bahan letusan Gunung Kelud dapat dilakukan dengan penambahan bahan organik. Penambahan bahan organik dapat mempercepat proses pelapukan pada material letusan dan meningkatkan unsur hara tersedia bagi tanaman. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa aplikasi bahan organik pupuk kandang sapi maupun paitan dengan atau tanpa pupuk anorganik mampu memperbaiki kandungan hara pada material letusan serta meninggalkan residu hara pada tanah terdampak material letusan. Hal tersebut mendasari penelitian lanjutan untuk mengkaji ketersediaan efek residu dari penambahan bahan organik dengan anorganik pada tanah terdampak material letusan untuk musim tanam kedua dengan tanaman indikator yang digunakan adalah pakcoy.

Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2018 hingga Maret 2019 di rumah kaca milik Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Rancangan acak lengkap digunakan dalam penelitian ini yang terdiri dari sepuluh perlakuan dan dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali. Perlakuan merupakan kombinasi antara residu material letusan pada berbagai dosis pupuk anorganik (R₁₀₀: Urea 400 kg ha⁻¹, SP-36 150 kg ha⁻¹, dan KCl 75 kg ha⁻¹; R₇₀: Urea 280 kg ha⁻¹, SP-36 105 kg ha⁻¹ dan KCl 52,5 kg ha⁻¹; R₄₀: Urea 160 kg ha⁻¹, SP-36 60 kg ha⁻¹ dan KCl 30 kg ha⁻¹) dan penambahan bahan organik baru (B_{PK}: pupuk kandang sapi; B_{TS}: *Tithonia diversifolia* segar). Pengaplikasian bahan organik baru dilakukan secara homogen dengan dosis rekomendasi pupuk organik yaitu 20 t ha⁻¹ kemudian dilakukan inkubasi selama dua minggu sebelum dilakukan penanaman. Sampel tanah diambil sebanyak tiga kali (2, 4, dan 8 minggu setelah inkubasi) pada tiap perlakuan untuk analisa kandungan hara NPK tanah. Analisa kandungan hara dilakukan di Laboratorium Kimia Jurusan Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya dengan metode Kjeldahl (N-total), P-Bray 1 (P-tersedia), NH₄OAc 1 N pH 7 *flamephotometer* (K-tersedia) dan pada tanaman dilakukan analisis serapan hara NPK (6 minggu setelah tanam) dengan metode pengabuan basah. Data hasil penelitian dianalisis secara statistik dengan menggunakan *analysis of variance* (ANOVA) taraf 0,05 menggunakan aplikasi *Genstat Discovery 18th Edition* kemudian dilakukan uji lanjut DMRT dengan taraf 0,05. Uji Korelasi dan Regresi dilakukan untuk mengetahui hubungan antar parameter dan besarnya pengaruh antar parameter.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa residu pupuk anorganik (semua dosis) dengan paitan pada tanah terdampak material letusan Gunung Kelud masih tersedia untuk pertumbuhan tanaman pakcoy pada 2, 4, dan 8 MSI dengan kandungan N-total (0,03-0,04%), P-tersedia (84,7-88,1 ppm), dan K-tersedia (0,19-0,32 me $100g^{-1}$). Kandungan N-total tertinggi pada R₄₀B₀, P-tersedia pada R₁₀₀B₀, R₇₀B₀ dan R₄₀B₀ tidak berbeda nyata, dan K-tersedia tertinggi pada R₇₀B₀. Penambahan bahan organik baru pupuk kandang sapi dan paitan sama-sama mampu meningkatkan kandungan NPK tanah pada 2, 4, 8 MSI dan serapan hara oleh tanaman pakcoy. Peningkatan kandungan N-total (0,04-0,06%), P-tersedia (91,8-112,9 ppm), dan K-tersedia (0,31-0,49 me $100g^{-1}$) lebih tinggi dibandingkan tanpa penambahan bahan organik baru dan kontrol (100% pupuk anorganik) pada 8 MSI. Peningkatan serapan hara N (17,7-25,8 mg tan^{-1}), serapan hara P (1,18-1,65 mg tan^{-1}), dan serapan hara K (1,43-2,34 mg tan^{-1}) lebih tinggi dibandingkan tanpa penambahan bahan organik baru dan kontrol. Kandungan NPK tanah dan serapan hara oleh tanaman pakcoy tertinggi didapatkan pada perlakuan penambahan bahan organik baru pupuk kandang sapi.



SUMMARY

NADYA AWALIAH. 155040201111216. NPK Content of Mt. Kelud Material Eruption and Nutrients Uptake of *Brassica rapa* subsp. *chinensis* due to The Application of New Organic Matters on Residue of Inorganik Fertilizers and *Tithonia diversifolia*. Supervised by Sri Rahayu Utami as main supervisor and Christanti Agustina as second supervisor.

The eruption of Mt. Kelud has caused infrastructure damaged and all the community activities have been hampered, including in the agriculture sector. An eruption-affected land buried by the addition of volcanic ashes and sand material gave a negative impact on soil fertility. Adding organic matter has the benefit of increasing soil fertility in the impacted area of Mt. Kelud. The addition of organic matter can accelerate the weathering process in eruption materials and increase the nutrients available for the crops. Previous research has shown that the application of organic manure from both cow and *Tithonia diversifolia* with or without inorganic fertilizers can improve nutrient contents in eruption materials and leave nutrient residues on the soil in the impacted area. Due to the fact of that underlies further research to examine the availability of residual effects from the addition of organic matter combined with inorganic fertilizer to the soil affected by eruption material of Mt. Kelud for the second planting season with indicator crops used is pakcoy.

The study was conducted on December 2018 through March 2019 in a greenhouse owned by the Faculty of Agriculture, Brawijaya University. A completely randomized design was used, consisted of ten treatments with three replications each. The treatments were combination of eruption material residues at various doses of inorganic fertilizer (R_{100} : Urea 400 kg ha⁻¹, SP-36 150 kg ha⁻¹, dan KCl 175 kg ha⁻¹; R_{70} : Urea 280 kg ha⁻¹, SP-36 105 kg ha⁻¹ dan KCl 125,5 kg ha⁻¹; R_{40} : Urea 160 kg ha⁻¹, SP-36 60 kg ha⁻¹ dan KCl 30 kg ha⁻¹) and addition of new organic matter (B_{PK} : cow manure; B_{TS} : fresh *Tithonia diversifolia*). The application of new organic matters are carried out homogeneously with reference to the recommended dosage of organic fertilizer which is 20 t ha⁻¹ which then incubated for two weeks before planting. The soil sample was taken in each treatment to analyze the NPK content of soils, three times (2, 4 and 8 weeks after incubation). Nutrient content analysis was carried out at the Chemical Laboratory, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Brawijaya University, used methods i.e. Kjeldahl (N-total), P-Bray 1 (P-available), NH₄OAc 1 N pH 7 flamephotometer (K-available) and analysis of NPK nutrient uptake (6 weeks after planting) using the wet digestion method. Data results of the research were statistically analyzed using analysis of variance (ANOVA) method with a level of 0,05 using the Genstat Discovery 18th Edition application and Duncan multiple range test with a level of 0,05. Correlation and Regression Tests are performed to determine the relationship between parameters and the magnitude of the influenced between parameters.

The result showed that residues of inorganic fertilizers (all doses) with *Tithonia diversifolia* on soils affected by the eruption materials of Mt. Kelud are still available for the growth of pakcoy plants on 2, 4, and 8 weeks after incubation with N-total content (0,03-0,04%), P-available (84,7-88,1 ppm), and K-available (0,19-0,32 me 100g⁻¹). The highest N-total content is on R₄₀B₀, P-available is on R₁₀₀B₀, R₇₀B₀ and R₄₀B₀ were not significantly different, and K-available is on R₇₀B₀. Addition of new organic matters both cow manure and *Tithonia diversifolia* are equally capable of increased soil NPK contents on 2, 4, 8 weeks after incubation and pakcoy nutrients uptake. Enhancement of N-total content (0,04-0,06%), P-available (91,8-112,9 ppm), and K-available (0,31-0,49 me100g⁻¹) higher than without the addition of new organic matters and control treatments (100% inorganic fertilizer) on 8 weeks after incubation. Enhancement of Nitrogen nutrient uptake (17,7-25,8 mg plant⁻¹), Phosphor nutrient uptake (1,18-1,65 mg plant⁻¹), and Kalium nutrient uptake (1,43-2,34 mg plant⁻¹) higher than without the addition of new organic matter and control treatments. NPK soil contents and nutrients uptake by pakcoy plants was highest in the treatment of adding new organic material which is cow manure.



KATA PENGANTAR

Dengan mengucap puji syukur dan terimakasih kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan karunia serta berkat-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Kandungan NPK dan Serapan Hara Pakcoy pada Residu Bahan Letusan Gunung Kelud dengan Paitan dan Aplikasi Bahan Organik Baru”. Penulis menyadari dalam penelitian skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Ir. Sri Rahayu Utami, M.Sc, Ph.D selaku dosen pembimbing yang selalu sabar dan penuh ketekunan membimbing dalam melaksanakan penelitian ini.
2. Ibu Christanti Agustina, SP.MP., selaku dosen pembimbing pendamping II yang membantu penulis dalam kelancaran proses penelitian.
3. Bapak Syahrul Kurniawan, SP., MP., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Tanah yang telah memberikan izin dan bimbingan untuk melaksanakan kegiatan penelitian.
4. Ibu Sri Padi Wulandari, Bapak Wahyu Indrayanto dan Bapak Afifudin selaku Laboran yang telah memberi masukan dan bantuan penulis pada saat proses penelitian.
5. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan semangat dan do'a sehingga terselesaikannya penelitian ini.
6. Latri Arumsari, Yayuk Sulis S., dan Rizal Ai serta Fadhil, Hisyam, Aldo, Syahida, Rizki Azkiah, Toni, Yussaqa dan Agil (kelompok penelitian Kelud sebelumnya) yang telah membantu sekaligus menjadi rekan yang selalu memberikan semangatnya dimulai dari awal hingga akhir kegiatan penelitian.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karenanya jika ada kekurangan penulisan, penulis dengan senang hati untuk menerima saran dan kritik yang membangun.

Malang, September 2019

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Skripsi ini ditulis oleh Nadya Awaliah. Anak pertama dari tiga bersaudara pasangan bapak Muhammad dan ibu Nuraini. Adik pertama bernama Intan Nabila dan adik kedua bernama Ahmad Kafiyah Rizqi.

Penulis lahir pada tanggal 26 bulan Agustus tahun 1997. Mengawali pendidikan di bangku Sekolah Dasar Negeri 07 Menteng Dalam Tebet, pada tahun 2004 dan lulus pada tahun 2010. Kemudian melanjutkan di Sekolah Menengah Pertama Negeri 73 Jakarta Selatan, lulus pada tahun 2012. Selanjutnya menempuh pendidikan di Sekolah Menengah Atas Negeri 55 Jakarta Selatan, lulus pada tahun 2015. Pada tahun yang sama, penulis diterima di Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, Jawa Timur melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Selama di perguruan tinggi, penulis pernah tergabung dalam komunitas Tergerak Bergerak dari tahun 2015-2016. Penulis juga tergabung dalam organisasi Mahasiswa Wirausaha, dimulai dari tahun 2017-2018 sebagai Anggota Divisi *Media and Information*. Penulis melakukan kegiatan magang kerja di Pusat Kopi UB *Forest* pada tahun 2018. Dalam kegiatan kepanitiaan, penulis ikut serta menjadi panitia *Brawijaya Entrepreneur Festival* pada tahun 2017 dan panitia GATRAKSI pada tahun 2018.

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| RINGKASAN | i |
| SUMMARY | iii |
| KATA PENGANTAR | v |
| RIWAYAT HIDUP | vi |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR TABEL | viii |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| DAFTAR LAMPIRAN | x |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3. Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4. Hipotesis | 3 |
| 1.5. Manfaat | 3 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1. Karakteristik Material Letusan Vulkanik dan Potensinya untuk Budidaya Tanaman | 4 |
| 2.2. Perbaikan Unsur Hara Tanah Terdampak Letusan dengan Penambahan Bahan Organik dan Anorganik | 6 |
| 2.3. Potensi Bahan Organik <i>Tithonia diversifolia</i> dan Pupuk Kandang Sapi dalam Meningkatkan Unsur Hara Tanah | 8 |
| 2.4. Potensi Residu Bahan Organik & Anorganik untuk Budidaya pada Musim Tanam Kedua | 10 |
| 2.5. Pakcoy dan Potensinya untuk Dibudidayakan pada Tanah Terdampak Letusan Gunung Berapi | 11 |
| III. METODE PENELITIAN | 13 |
| 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian | 13 |
| 3.2. Alat dan Bahan Penelitian | 13 |
| 3.3. Rancangan Penelitian | 14 |
| 3.4. Variabel Pengamatan | 15 |
| 3.5. Pelaksanaan Penelitian | 16 |
| 3.6. Analisa Statistik | 18 |

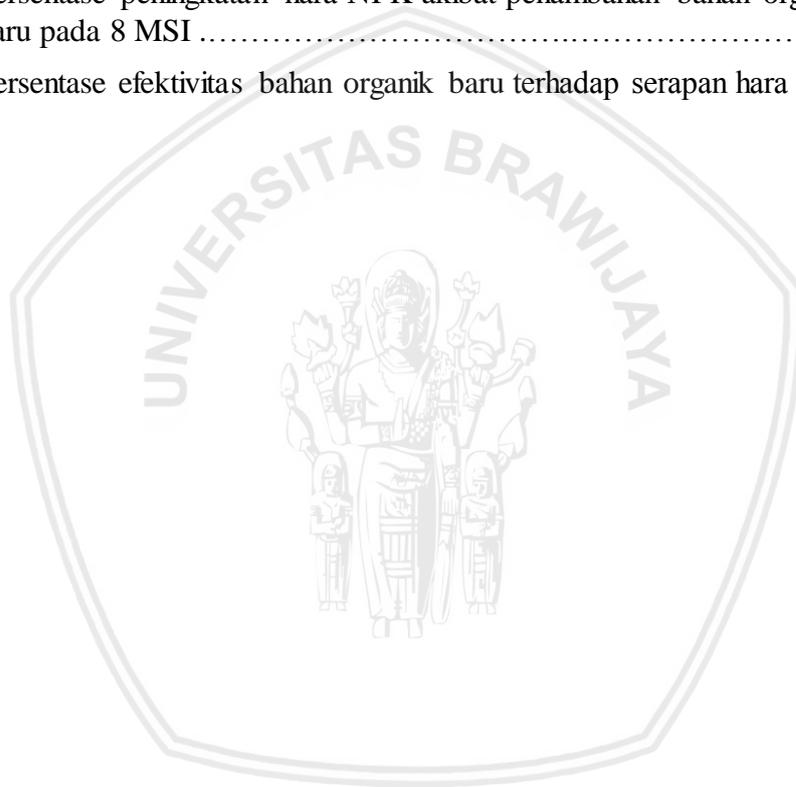


| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | 19 |
| 4.1. Hasil | 19 |
| 4.1.1. Kandungan Hara NPK pada Material Letusan Gunung Kelud dengan Residu Bahan Anorganik dan Paitan | 19 |
| 4.1.2. Pengaruh Aplikasi Bahan Organik Baru terhadap Peningkatan Hara NPK Tanah dan Serapan Hara Pakcoy | 27 |
| 4.2. Pembahasan | 34 |
| 4.2.1. Hubungan Kandungan NPK Tanah dengan Serapan NPK Tanaman Pakcoy Akibat Penambahan Bahan Organik Baru..... | 34 |
| 4.2.2. Hubungan Serapan NPK dengan Pertumbuhan Tanaman Pakcoy Akibat Penambahan Bahan Organik | 37 |
| 4.2.3. Efektivitas Penambahan Bahan Organik terhadap Serapan Hara Tanaman Pakcoy | 41 |
| V. KESIMPULAN DAN SARAN | 43 |
| 5.1. Kesimpulan | 43 |
| 5.2. Saran | 43 |
| DAFTAR PUSTAKA | 44 |
| LAMPIRAN | 51 |



DAFTAR TABEL

| Nomor | Teks | Halaman |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. | Sifat kimia pada tanah letusan Gunung Kelud dengan pemberian <i>Thitonia diversifolia</i> dengan inkubasi 90 hari (Utami <i>et al.</i> , 2017) | 9 |
| 2. | Sifat kimia pada tanah letusan Gunung Kelud dengan pemberian kotoran sapi dengan inkubasi 90 hari (Utami <i>et al.</i> , 2017) | 9 |
| 3. | Kombinasi perlakuan | 15 |
| 4. | Variabel pengamatan | 15 |
| 5. | Persentase peningkatan hara NPK akibat penambahan bahan organik baru pada 8 MSI | 28 |
| 6. | Persentase efektivitas bahan organik baru terhadap serapan hara | 41 |



DAFTAR GAMBAR

| Nomor | Teks | Halaman |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. | Skema penempatan unit percobaan | 14 |
| 2. | Kandungan N-total pada berbagai perlakuan | 21 |
| 3. | Kandungan P-tersedia pada berbagai perlakuan | 23 |
| 4. | Kandungan K-tersedia pada berbagai perlakuan | 26 |
| 5. | Serapan hara N pada berbagai perlakuan | 31 |
| 6. | Serapan hara P pada berbagai perlakuan | 32 |
| 7. | Serapan hara K pada berbagai perlakuan | 33 |
| 8. | Pengaruh Kandungan N-total Tanah terhadap Serapan N Tanaman Pakcoy | 35 |
| 9. | Pengaruh Kandungan P-tersedia Tanah terhadap Serapan P Tanaman Pakcoy | 36 |
| 10. | Pengaruh Kandungan K-tersedia Tanah terhadap Serapan K Tanaman Pakcoy | 36 |
| 11. | Hubungan Serapan N Tanaman terhadap Jumlah Daun Tanaman Pakcoy | 39 |
| 12. | Hubungan Serapan P Tanaman terhadap Jumlah Daun Tanaman Pakcoy | 40 |
| 13. | Hubungan Serapan K Tanaman terhadap Panjang Tanaman Pakcoy ... | 40 |



DAFTAR LAMPIRAN

| Nomor | Teks | Halaman |
|-------|-------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. | Cara kerja analisa tanah dan tanaman di laboratorium | 53 |
| 2. | Perhitungan kebutuhan pupuk organik | 55 |
| 3. | Deskripsi tanaman pakcoy varietas Flamingo (Ditbenih, 2012) | 56 |
| 4. | Kriteria sifat kimia tanah (Balai Penelitian Tanah, 2009) | 57 |
| 5. | Dokumentasi hasil panen pakcoy | 58 |
| 6. | Dokumentasi kegiatan penelitian | 62 |
| 7. | ANOVA serapan hara NPK tanaman pakcoy | 65 |
| 8. | ANOVA analisa NPK tanah | 66 |
| 9. | ANOVA jumlah daun tanaman Pakcoy | 68 |
| 10. | ANOVA panjang daun tanaman Pakcoy | 69 |
| 11. | Uji DMRT pada N-total tanah | 70 |
| 12. | Uji DMRT pada P-tersedia tanah | 71 |
| 13. | Uji DMRT pada K-tersedia tanah | 72 |
| 14. | Uji DMRT pada Serapan N, P, dan K tanaman Pakcoy | 73 |
| 15. | Kriteria dan hasil Uji Korelasi antar parameter pengamatan | 74 |



I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Letusan Gunung Kelud terakhir terjadi pada tahun 2014 melontarkan material letusan yang didominasi pasir dan abu. Gunung Kelud merupakan gunung dengan tipe stratovulkan yang memiliki karakteristik letusan eksplosif membuat material letusan abu vulkanik dapat terbawa angin hingga radius 200-300 km dari pusat letusan (Suntoro *et al.*, 2014). Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang merupakan daerah yang berada pada radius 7-10 km dari pusat letusan Gunung Kelud menyebabkan daerah ini termasuk dalam kategori daerah yang terdampak sangat parah dengan ketebalan material vulkanik pasir dan abu mencapai 20-30 cm serta material *pumice* (batu apung) dengan diameter mencapai 5-8 cm (Syiko *et al.*, 2014).

Erupsi Gunung Kelud mengakibatkan infrastruktur mengalami kerusakan dan seluruh kegiatan masyarakat menjadi terhambat, tidak terkecuali di bidang pertanian. Lahan terdampak erupsi yang tertimbun oleh penambahan abu vulkanik dan material pasir akan berdampak negatif pada kesuburan tanah (Achmad dan Hadi, 2015). Menurut Utami *et al.* (2017), material letusan Gunung Kelud memiliki kandungan N tergolong sangat rendah (0,02%), P yang sangat tinggi (45,57 ppm), dan K rendah (0,10 cmol/kg). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa tanah mengalami kekurangan unsur hara N dan K karena ketersediannya yang rendah pada bahan letusan tersebut. Sedangkan kandungan P yang tinggi belum dapat menyumbangkan hara bagi tanaman, karena merupakan bahan baru (*recent material*) yang masih dalam bentuk mineral primer sehingga perlu proses pelapukan lanjut agar tersedia bagi tanaman (Nurlaeny *et al.*, 2012).

Upaya perbaikan tanah terdampak bahan letusan Gunung Kelud dapat dilakukan dengan penambahan bahan organik. Penambahan bahan organik dapat mempercepat proses pelapukan pada material letusan dan meningkatkan unsur hara tersedia bagi tanaman (Suriadikarta, 2011). Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Ni'mah (2016) menunjukkan bahwa pengaplikasian bahan organik pupuk kandang sapi dapat meningkatkan kandungan K sebesar 1,20 kali lipat (0,02 cmol/kg) pada bahan letusan Gunung Kelud. Selain itu penelitian yang dilakukan

oleh Hanifa (2016) didapatkan bahwa aplikasi bahan organik dapat meningkatkan kandungan unsur N dan P pada bahan letusan. Bahan organik paitan meningkatkan N-total menjadi $10,8 \times 10^{-3}\%$ sedangkan pupuk kandang sapi dapat meningkatkan N-total menjadi $8,7 \times 10^{-3}\%$ dan P-tersedia menjadi 40,48 ppm yang sebelumnya mengandung P-tersedia sebesar 21,63 ppm dan N-total sebesar $1,4 \times 10^{-3}\%$. Hasil penelitian lanjutan oleh Aditama (2019) menunjukkan bahwa penambahan pupuk anorganik dengan pupuk kompos campuran (batang dan daun paitan) dapat meningkatkan 37,22% unsur P dan 169,54% unsur K lebih besar dibandingkan dengan kontrol, dengan residu hara P sebesar 112,32 mg/kg dan K sebesar 0,29 ppm.

Hasil dari berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pengaplikasian bahan organik dengan maupun tanpa dikombinasikan pupuk anorganik pada tanah terdampak material letusan Gunung Kelud mampu memperbaiki kandungan hara serta meninggalkan residu hara pada tanah. Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan penelitian lanjutan untuk mengkaji sejauh mana pengaruh residu pupuk anorganik dan paitan terhadap NPK tanah terdampak material letusan Gunung Kelud dan serapan hara NPK oleh tanaman pakcoy. Apakah residu tersebut masih memberikan dampak positif terhadap kandungan hara NPK tanah dan serapan NPK oleh tanaman pakcoy ataukah perlu dilakukan penambahan bahan organik baru. Penambahan bahan organik baru pupuk kandang sapi dan paitan juga dilakukan untuk mengetahui bahan organik mana yang lebih efektif dalam meningkatkan hara NPK pada tanah terdampak material letusan Gunung Kelud dan serapan hara NPK oleh tanaman pakcoy. Pakcoy digunakan sebagai tanaman indikator karena merupakan salah satu komoditas sayuran yang banyak dibudidayakan oleh petani di daerah Ngantang.

1.2. Rumusan Masalah

1. Apakah kandungan NPK pada material letusan Gunung Kelud dengan residu bahan anorganik dan paitan masih tersedia untuk pertumbuhan tanaman pakcoy?
2. Apakah penambahan bahan organik baru dapat meningkatkan kandungan NPK tanah dan serapan hara pakcoy pada material letusan Gunung Kelud dengan residu bahan anorganik dan paitan?

3. Penambahan bahan organik baru manakah yang lebih efektif untuk meningkatkan serapan hara NPK tanaman pakcoy pada material letusan Gunung Kelud dengan residu bahan anorganik dan paitan?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis ketersediaan hara NPK pada material letusan Gunung Kelud dengan residu bahan anorganik dan paitan,
2. Memahami pengaruh aplikasi penambahan bahan organik baru pupuk kandang sapi dan paitan terhadap kandungan hara NPK tanah dan serapan hara pakcoy pada material letusan Gunung Kelud dengan residu bahan anorganik dan paitan, dan
3. Mengevaluasi jenis bahan organik baru yang lebih efektif untuk meningkatkan serapan hara NPK tanaman pakcoy jika ditambahkan pada material letusan Gunung Kelud dengan residu bahan anorganik dan paitan.

1.4. Hipotesis

1. Kandungan hara NPK pada material letusan Gunung Kelud dengan residu bahan anorganik dan paitan masih tersedia untuk tanaman pakcoy,
2. Penambahan bahan organik baru pada material letusan Gunung Kelud dengan residu bahan anorganik dan paitan berpengaruh nyata terhadap kandungan hara NPK tanah serta serapan hara pakcoy, dan
3. Bahan organik baru berupa pupuk kandang sapi lebih efektif meningkatkan serapan hara tanaman pakcoy dibandingkan dengan bahan organik baru paitan jika ditambahkan pada material letusan Gunung Kelud dengan residu bahan anorganik dan paitan.

1.5. Manfaat

Hasil dari penelitian ini dapat menjadi sumber tambahan informasi untuk mengetahui efektifitas penambahan bahan organik terhadap peningkatan hara NPK tanah terdampak material letusan Gunung Kelud terutama untuk budidaya tanaman pakcoy.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Karakteristik Material Letusan Vulkanik dan Potensinya untuk Budidaya Tanaman

Letusan gunung berapi mengeluarkan material-material yang memiliki karakteristik berbeda-beda antar gunung berapi, material tersebut memiliki kandungan hara yang berpotensi untuk budidaya tanaman.

2.1.1. Karakteristik Material Letusan Vulkanik

Material letusan merupakan bahan material yang dikeluarkan saat terjadinya erupsi gunung berapi. Pada umumnya komposisi material vulkanik terdiri atas silika dan kuarsa (Anda dan Wahdini, 2010). Material letusan memiliki bentuk dan ukuran serta kandungan mineral yang berbeda dan bervariasi. Material kasar letusan terdiri dari batuan, kerikil, pasir hingga debu halus vulkan (Rahayu *et al.*, 2014). Ukuran dari material letusan terdiri atas debu vulkan dengan ukuran $< 0,25$ mm yang berupa bahan lepas dan halus, pasir dengan ukuran 0,25-64 mm yang lepas dan tumpul, serta kerikil dengan ukuran 4-32 cm yang berbentuk bulat (Tampubulon *et al.*, 2014).

Karakteristik dari mineral yang terkandung pada material letusan pada umumnya terdiri dari empat jenis unsur utama yaitu aluminium (Al), besi (Fe), silika (Si) dan kalsium (Ca) (Wahyuni *et al.*, 2012). Material vulkanik Gunung Kelud didominasi oleh silika oksida (SiO_2) 76,25%, dan komposisi senyawa lainnya yaitu aluminium oksida (Al_2O_3) 16,89%, ferri oksida (Fe_2O_3) 0,3%, kalsium oksida (CaO) 0,04% (Aristantha *et al.*, 2018). Sedangkan kandungan material vulkanik Gunung Merapi mengandung silika oksida (SiO_2) 54,56%, aluminium oksida (Al_2O_3) 18,37%, ferri oksida (Fe_2O_3) 18,59%, dan kalsium oksida (CaO) 8,33% (Sudaryo dan Sucipto, 2009). Karakteristik material letusan Gunung Kelud dan Merapi sama-sama didominasi oleh silika oksida begitupun dengan kandungan silika oksida pada material letusan Gunung Sinabung yang mencapai 74,47% (Barasa *et al.*, 2013).

Unsur-unsur dalam bentuk oksida pada material letusan jika terkena hujan akan berubah menjadi hidroksida. Tanah dengan kondisi pH normal akan mengakibatkan hidroksida alkali dan alkalin akan larut dengan menyisakan

hidroksida besi, aluminium dan silikat. Unsur alkali dan alkalin yang hilang tersebut dapat menyebabkan turunnya kandungan hara pada material vulkanik bagi tanaman (Rahayu *et al.*, 2014). Pernyataan tersebut didukung dengan hasil penelitian Utami *et al.* (2017) yang menunjukkan bahwa karakteristik material abu vulkanik Gunung Kelud memiliki kandungan hara nitrogen sangat rendah (0,01%) dan kalsium yang rendah (0,10 cmol/kg) namun fosfor yang sangat tinggi (45,57 ppm). Sedangkan berdasarkan penelitian Utami *et al.* (2011) pada material abu vulkanik Gunung Merapi mengandung hara fosfor yang sangat tinggi (213,86 ppm) dan kalsium yang sangat tinggi (5,5 me 100g⁻¹) namun nitrogen yang sangat rendah (0,014%). Material abu vulkanik Gunung Sinabung mengandung hara nitrogen sangat rendah (0,07%), fosfor rendah (10,7 ppm) dan kalium rendah (0,22 me 100g⁻¹) (Sukarman dan Suparto, 2015). Ketiga hasil analisa karakteristik material letusan vulkanik yaitu pada Gunung Kelud, Merapi dan Sinabung memiliki kesamaan karakteristik yaitu didominasi oleh silika oksida dan kandungan nitrogen yang sangat rendah.

2.1.2. Potensi Tanah Terdampak Letusan Gunung Api untuk Budidaya Tanaman

Besarnya kandungan unsur hara yang terdapat dalam material letusan sangat bervariasi dan memiliki potensi meningkatkan kesuburan tanah untuk budidaya tanaman. Terbukti bahwa erupsi gunung berapi memberikan sumbangan unsur hara tanaman yang sangat tinggi, baik berupa unsur hara makro maupun unsur hara mikro (Sukarman dan Suparto, 2015). Sumbangan hara tersebut diperoleh melalui proses pelapukan material vulkanik yang menghasilkan hara-hara yang dibutuhkan tanaman (Sudaryo dan Sucipto, 2009). Proses pelapukan mineral yang terkandung dalam material letusan memerlukan waktu agar menjadi tersedia bagi tanaman. Letusan Gunung Talang di Padang pada tahun 2005 berpengaruh nyata terhadap peningkatan kesuburan tanah setelah lima tahun (Fiantis, 2006 dalam Barasa *et al.*, 2013).

Pemanfaatan abu vulkanik Kelud sebagai media tanam sebelumnya pernah diuji, hasil penelitian Zuraida (1999) menunjukkan bahwa pemanfaatan abu vulkanik Kelud hasil letusan pada tahun 1990 dapat meningkatkan bobot kering dan tinggi pada tanaman jagung. Bobot kering tanaman jagung pada dosis abu vulkanik 20 t ha⁻¹ lebih besar (83,85 g pot⁻¹) dibandingkan bobot kering tanaman jagung pada

dosis abu vulkanik 5 t ha⁻¹ (25,92 g pot⁻¹). Selain itu, penambahan abu vulkanik juga memberikan pengaruh nyata dalam meningkatkan tinggi tanaman jagung hingga lima minggu setelah tanam. Rerata tinggi tanaman pada 5 MST tertinggi didapatkan pada dosis penambahan abu vulkanik 20 t ha⁻¹ (99,8 cm) dibandingkan dengan dosis penambahan abu vulkanik 5 t ha⁻¹ (53,8 cm).

Pencampuran abu vulkanik dengan tanah sebagai media tanam jagung juga dilakukan oleh Nakhmiidah *et al.* (2016), yang menunjukkan bahwa kandungan mineral abu vulkanik Kelud dapat bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman. Media tanam yang mengandung 30% abu vulkanik dan kandungan tanah normal 70% menunjukkan gejala pertumbuhan tanaman yang optimal ditinjau dari rata-rata total luas daun (597,34 cm²). Penelitian lain oleh Suntoro *et al.* (2016) yang mengaplikasikan abu vulkanik pada tanah alfisol dengan berbagai ketebalan (0, 2, 4, dan 6 cm) menunjukkan pengaruh sangat nyata terhadap serapan K jagung. Serapan K tertinggi terjadi pada perlakuan penambahan abu vulkanik Kelud dengan ketebalan 6 cm (0,083 g tan⁻¹) dan terendah pada perlakuan tanpa penambahan abu vulkanik Kelud (0,056 g tan⁻¹). Penambahan abu vulkanik Kelud pada tanah alfisol dapat meningkatkan serapan kalium jagung, hal ini disebabkan penambahan abu vulkanik Kelud dapat meningkatkan porositas tanah Alfisol. Tanah Alfisol yang semula memiliki tekstur dominan lempung dengan porositas yang rendah, selain itu strukturnya padat sehingga sulit ditembus akar menjadi semakin porus, sehingga pertumbuhan akar meningkat. Selain itu, menurut Melsandi dan Prijono (2015) karakteristik dari material letusan gunung berapi yang didominasi oleh silika tinggi juga bermanfaat untuk meningkatkan kandungan P tersedia bagi tanaman karena Si dapat menggantikan fiksasi P oleh Al dan Fe.

2.2. Perbaikan Unsur Hara Tanah Terdampak Letusan dengan Penambahan Bahan Organik dan Anorganik

Material vulkanik memiliki kandungan hara yang tinggi namun belum dapat menyumbangkan unsur hara bagi tanaman, karena merupakan bahan baru yang belum mengalami pelapukan sempurna yang umumnya masih dalam bentuk mineral-mineral primer, sehingga perlu proses pelapukan lanjut agar tersedia bagi tanah dan tanaman. Material vulkanik yang berpotensi mengandung hara penyubur tanah untuk pertanian sebenarnya baru bisa dimanfaatkan sekitar sepuluh tahun setelah peristiwa penyebaran material vulkanik. Namun, penyuburan tanah

terdampak dapat dipercepat jika dilakukan penambahan bahan organik (Suprpto *et al.*, 2017).

Menurut Al Batania *et al.* (2016), fungsi biologi bahan organik adalah sebagai sumber energi utama bagi aktivitas mikroorganisme tanah sehingga dapat meningkatkan aktivitas dekomposisi dan mineralisasi bahan organik tanah serta bahan baru yang berasal dari material vulkanik. Penggunaan pupuk organik dikombinasikan dengan pupuk anorganik merupakan strategi pengelolaan lahan terdampak letusan gunung yang dapat meningkatkan produktivitas tanah, hasil tanaman dan mengurangi dosis penggunaan pupuk anorganik. Hasil yang tinggi secara berkelanjutan dapat dicapai jika pemupukan NPK dikombinasikan dengan penggunaan bahan organik (Bayu *et al.*, 2006 dalam Sulaeman *et al.*, 2017). Penelitian yang dilakukan Aditama (2019) menunjukkan bahwa penambahan bahan organik dapat meningkatkan efisiensi pupuk anorganik budidaya tanaman jagung pada lahan terdampak letusan Gunung Kelud. Efisiensi pupuk tertinggi terdapat pada bahan organik pupuk kandang dengan persentase efisiensi sebesar 20,03% pada unsur N, 22,94% pada unsur P, dan 82,44% pada unsur K. Belay *et al.* (2001) dalam Sulaeman *et al.* (2017) mengemukakan bahwa respon tanaman terhadap aplikasi pupuk anorganik sangat dipengaruhi oleh kandungan bahan organik di dalam tanah. Penambahan bahan organik ke dalam tanah akan menjadikan ikatan antar partikel bertambah kuat. Agregat yang stabil akan menciptakan kondisi yang baik bagi pertumbuhan tanaman. Agregat tersebut dapat menciptakan lingkungan fisik yang baik untuk perkembangan akar tanaman melalui pengaruhnya terhadap aerasi, ketersediaan air dan kekuatan tanah, sehingga berpengaruh terhadap pertumbuhan akar dan tajuk yang pada akhirnya berpengaruh terhadap produksi tanaman (Zorita *et al.*, 2005).

Penelitian yang dilakukan oleh Nakhmiidah *et al.* (2016) menunjukkan bahwa material abu vulkanik yang dicampurkan dengan tanah, kompos dan pupuk anorganik dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis. Peningkatan hasil bobot segar tongkol tanpa kelobot nyata ditunjukkan oleh media tanam yang ditambahkan dengan kompos dan pupuk anorganik 198,20 g (44,88%) jika dibandingkan dengan media tanam tanah.

2.3. Potensi Bahan Organik Paitan (*Tithonia diversifolia*) dan Pupuk Kandang Sapi dalam Meningkatkan Unsur Hara Tanah

Bahan organik memiliki peran penting terhadap ketersediaan hara dalam tanah karena proses mineralisasi yang merupakan tahap akhir dari perombakan bahan organik. Pada proses tersebut, mineral-mineral hara yang dibutuhkan oleh tanaman diantaranya nitrogen, fosfor, dan kalium akan dilepaskan ke tanah (Wahyudi, 2014). Sehingga proses mineralisasi bahan organik dapat menambah ketersediaan unsur hara dalam tanah. Terdapat banyak sumber bahan organik yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan unsur hara tanah, diantaranya adalah paitan dan pupuk kandang sapi.

2.3.1. Paitan (*Tithonia diversifolia*)

Paitan adalah gulma tahunan yang layak dimanfaatkan sebagai sumber hara bagi tanaman terutama jika jumlahnya melimpah. Bagian tanaman paitan yang dapat digunakan sebagai pupuk hijau adalah batang dan daunnya. Pemanfaatan paitan sebagai sumber hara, yaitu dapat diaplikasikan dalam bentuk pupuk hijau segar, pupuk hijau cair, atau kompos dan mulsa. Tanaman paitan memiliki C/N rasio yang rendah sehingga mudah terdekomposisi dengan cepat. Keuntungan menggunakan paitan sebagai bahan organik untuk perbaikan tanah adalah kelimpahan produksi biomassa, adaptasinya luas dan mampu tumbuh pada lahan sisa atau pada lahan marginal (Lestari, 2016). Paitan adalah jenis gulma yang dapat tumbuh dimana saja dan mengandung unsur hara yang cukup tinggi. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa biomassa paitan mengandung 3,5% N, 0,38% P, dan 4,1% K (Hartatik, 2007) dan 7,46% N, 0,98% P dan 4,19% K (Utami *et al.*, 2017). Kedua analisa kandungan hara paitan menunjukkan bahwa unsur hara nitrogen memiliki persentase paling tinggi jika dibandingkan dengan persentase hara fosfor dan kalium.

Penambahan bahan organik paitan dapat meningkatkan kandungan hara tanah didukung dengan hasil penelitian Utami *et al.* (2017) bahwa aplikasi paitan pada tanah terdampak letusan Gunung Kelud dapat meningkatkan kandungan hara N tanah dan C-Organik setelah di inkubasi selama 90 hari di lapangan (Tabel 1). Penambahan kandungan unsur hara memerlukan waktu untuk proses dekomposisi bahan organik. Menurut Taiwo dan Makinde (2005) bahwa proses dekomposisi untuk menambah unsur hara dalam tanah dari pelepasan unsur N memerlukan

waktu sekitar satu minggu dan untuk pelepasan unsur P dari biomassa tanaman memerlukan waktu sekitar dua minggu. Dalam proses mineralisasi tersebut akan melepaskan mineral-mineral hara tanaman dengan lengkap (N, P, K, Ca, Mg dan S, serta hara mikro) (Baroroh *et al.*, 2015).

Tabel 1. Sifat kimia pada tanah letusan Gunung Kelud dengan pemberian *Thitonia diversifolia* dengan inkubasi 90 hari (Utami *et al.*, 2017)

| Karakteristik | Sebelum Inkubasi | Setelah Inkubasi |
|----------------------------|------------------|------------------|
| C-Organik (%) | 0,35 | 1,16 |
| N (%) | 0,02 | 0,09 |
| P (mg kg ⁻¹) | 45,57 | 22,7 |
| K (cmol kg ⁻¹) | 0,10 | 0,07 |

2.3.2. Pupuk Kandang Sapi

Pupuk kandang sapi merupakan pupuk kandang yang berasal dari kotoran sapi. Kandungan unsur hara dalam pupuk kandang sapi sangat bervariasi tergantung pada keadaan tingkat produksinya, jenis, jumlah makanan, serta individu ternak. Hasil analisis yang telah dilakukan oleh Utami *et al.* (2017) menunjukkan bahwa pupuk kandang sapi mengandung 1,97% N, 0,40% P, dan 0,34% K. Sedangkan menurut Mayadewi (2007), pupuk kandang sapi biasanya mengandung 0,5% N, 0,2% P₂O₅, dan 0,1% K₂O. Kedua analisa kandungan hara pupuk kandang sapi menunjukkan bahwa unsur hara nitrogen memiliki persentase paling tinggi jika dibandingkan dengan persentase hara fosfor dan kalium.

Penambahan pupuk kandang sapi pada tanah terdampak letusan Gunung Kelud berpengaruh nyata terhadap kandungan N-total tanah dan K-tersedia tanah. Perlakuan penambahan kotoran sapi sebanyak 15 t ha⁻¹ memiliki kandungan 0,27% N dan 0,43 cmol kg⁻¹ K lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol (0,22% N dan 0,19 cmol kg⁻¹ K) (Afandi *et al.*, 2016). Penelitian serupa oleh Utami *et al.* (2017) menunjukkan bahwa penambahan kotoran sapi pada tanah terdampak letusan Gunung Kelud dapat meningkatkan C-Organik dan hara nitrogen tanah (Tabel 2).

Tabel 2. Sifat kimia pada tanah letusan Gunung Kelud dengan pemberian kotoran sapi dengan inkubasi 90 hari (Utami *et al.*, 2017)

| Karakteristik | Sebelum Inkubasi | Setelah Inkubasi |
|----------------------------|------------------|------------------|
| C-Organik (%) | 0,35 | 1,01 |
| N (%) | 0,02 | 0,05 |
| P (mg kg ⁻¹) | 45,57 | 37,4 |
| K (cmol kg ⁻¹) | 0,10 | 0,10 |

2.4. Potensi Residu Bahan Organik dan Anorganik untuk Budidaya pada Musim Tanam Kedua

Pengaplikasian pupuk tidak perlu dilakukan setiap kali penanaman karena penggunaan pupuk organik dan anorganik secara terpadu pada tanaman semusim diperkirakan masih meninggalkan residu yang dapat dimanfaatkan untuk penanaman berikutnya sehingga pengaplikasian pupuk tidak perlu dilakukan setiap kali penanaman. Hasil penelitian Islami (2012) secara umum menunjukkan bahwa perlakuan residu bahan organik memperlihatkan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan perlakuan tanpa residu.

Hasil penelitian Lestari *et al.* (2015) menunjukkan bahwa aplikasi kompos sebagai input awal pada tanaman jagung manis dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil jagung manis pada penanaman kedua. Pemberian pupuk organik berupa kompos dan pupuk anorganik NPK majemuk pada budidaya tanaman jagung manis diperkirakan masih meninggalkan residu karena jagung manis merupakan tanaman berumur pendek (60 hari) sehingga dapat dimanfaatkan untuk penanaman tanaman berumur pendek selanjutnya. Sejalan dengan penelitian Kuntastyuti *et al.* (2011) yang menunjukkan bahwa residu pupuk organik dan anorganik NPK pada musim tanam kedua dapat meningkatkan serapan unsur hara makro 25-75% pada tanaman kedelai. Selain itu, residu pupuk kandang 5 t ha^{-1} meningkatkan unsur K dari harkat sedang ($0,45 \text{ me } 100\text{g}^{-1}$) menjadi harkat tinggi ($0,62 \text{ me } 100\text{g}^{-1}$).

Potensi residu pemupukan untuk musim tanam kedua akan lebih efisien jika dilakukan pada budidaya tanaman berumur pendek seperti sawi. Penelitian yang telah dilakukan oleh Marian *et al.* (2018) menunjukkan bahwa residu pupuk organik berpengaruh sangat nyata terhadap panjang tanaman sampai umur 5 MST, jumlah daun pada umur 5 MST, bobot basah tanaman, bobot basah akar, bobot kering tanaman serta bobot kering akar tanaman sawi jenis pakcoy pada periode tanam kedua. Sedangkan penelitian Nurahmi (2009) menunjukkan bahwa peningkatan pertumbuhan selada dan kandungan hara NPK dalam tanah residu pemberian pupuk organik dan anorganik sangat tergantung pada dosis pemberiannya. Kombinasi pemberian pupuk yang menghasilkan pertumbuhan tanaman selada terbaik diperoleh pada kombinasi pemberian pupuk organik 30 t ha^{-1} dengan pupuk anorganik NPK 1 t ha^{-1} , namun mengalami penurunan pada musim tanam kedua. Residu pemberian pupuk organik dan anorganik juga berpengaruh terhadap

pertumbuhan dan serapan hara, namun efeknya lebih rendah daripada awal pemberian sehingga diperlukan penambahan bahan organik pada periode tanam kedua untuk meningkatkan hasil.

Atsari dan Suntari (2018) melakukan penelitian pada residu kompos kotoran ayam dan sapi serta urea pada tanah terdampak erupsi Gunung Kelud dengan penambahan kompos kotoran kambing. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan residu kompos dan urea dengan penambahan kompos kotoran kambing memberikan peningkatan kriteria N-total dari sangat rendah (0,04% N) menjadi sedang (0,31% N) dan peningkatan K_{dd} dari kriteria rendah (0,13 me $100g^{-1}$) menjadi sangat tinggi (3,57 me $100g^{-1}$).

2.5. Pakcoy dan Potensinya untuk Dibudidayakan pada Tanah Terdampak Letusan Gunung Berapi

Tanah terdampak letusan gunung berapi memiliki kandungan hara yang berpotensi untuk dimanfaatkan dalam budidaya tanaman. Tanaman yang dapat dibudidayakan pada tanah terdampak letusan adalah tanaman yang dapat beradaptasi pada daerah dataran tinggi maupun rendah yang salah satunya adalah sawi pakcoy.

2.5.1 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Tanaman Pakcoy

Pakcoy (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) merupakan salah satu sub spesies dari spesies sawi (*Brassica rapa* L.) (Utomo *et al.*, 2014). Kondisi lingkungan yang sesuai diperlukan tanaman pakcoy untuk mendukung pertumbuhannya agar dapat tumbuh dengan optimal. Tanaman pakcoy dapat tumbuh baik di tempat yang bersuhu panas maupun bersuhu dingin, sehingga dapat diusahakan dari dataran rendah maupun dataran tinggi. Meskipun demikian hasil panen akan optimal jika dibudidayakan di dataran tinggi. Jika budidaya pakcoy dilakukan didataran tinggi, umumnya akan cepat berbunga, karena dalam pertumbuhannya tanaman ini membutuhkan hawa yang sejuk atau lembab (Istarofah dan Salamah, 2017).

Tanaman pakcoy tidak dapat tumbuh dengan kondisi lahan yang tergenang oleh air. Curah hujan yang lebih dari 1000 mm tidak sesuai untuk pertumbuhan tanaman (BBSDLP, 2014). Derajat kemasaman (pH) tanah yang optimum untuk pertumbuhannya adalah antara 5-7 dan suhu untuk pertumbuhan yang baik adalah antara 12-21⁰C. Kebutuhan benih pakcoy 400-500 g ha⁻¹ dan dapat

dipanen pada umur 30-45 hari setelah tanam (HST) dengan potensi produksi 20-25 t ha⁻¹ (Wahyudi, 2010).

2.5.2. Potensi Budidaya Pakcoy pada Tanah Terdampak Letusan

Pakcoy atau sawi hijau memiliki potensi untuk dibudidayakan pada tanah terdampak letusan karena merupakan sayuran yang mudah untuk dibudidayakan dengan kemampuan beradaptasi dengan baik di dataran rendah maupun dataran tinggi sehingga tanaman ini dapat tumbuh baik di tempat yang bersuhu panas maupun bersuhu dingin (Istarofah dan Salamah, 2017). Tanaman pakcoy memiliki kemampuan untuk tumbuh pada tipe tanah lempung, lempung berpasir, gembur (Wahyudi, 2010) dan pada tanah Entisols Sidera yang memiliki tingkat kesuburan rendah dan kandungan C-Organik sangat rendah (Fikdalillah *et al.*, 2016). Pertumbuhan pakcoy pada tanah dengan kondisi kekurangan hara dapat ditingkatkan dengan pemberian pupuk kandang sapi. Pada penelitian tersebut diketahui bahwa semakin tinggi dosis pupuk kandang sapi diberikan pada tanah selalu diikuti dengan peningkatan P-Total tanah, P-Tersedia, konsentrasi P jaringan tanaman dan bobot kering tanaman sawi.

Dilihat dari beberapa sifat dan keunggulan tanaman pakcoy di atas, tanaman pakcoy dapat dijadikan rekomendasi yang baik untuk dibudidayakan di dataran tinggi maupun rendah dan memiliki tingkat kesuburan rendah seperti lahan terdampak letusan gunung api. Salah satu contoh jenis tanah yang dapat dijadikan sebagai media tanam pakcoy adalah Inceptisol, dimana Inceptisol merupakan salah satu jenis tanah yang terdapat di daerah sekitar Gunung Merapi. Tanah-tanah pada lahan kering di lereng Gunung Merapi yang berkembang dari material abu vulkan muda (Nurlaeny *et al.*, 2012) atau pada lahan terdampak letusan Gunung Kelud dengan material padatan letusan yang didominasi oleh fraksi pasir dan debu namun perlu diimbangi dengan pemberian bahan organik untuk meningkatkan hasil. Sesuai dengan penelitian Kholidin *et al.* (2016) yang menanam sawi pada lahan kering dengan jenis tanah yang didominasi fraksi debu dan pasir, pengaplikasian pupuk kandang yang dikombinasikan dengan pupuk NPK dan mulsa menghasilkan jumlah daun sawi yang lebih banyak (10,93 helai) dan daun yang terbentuk lebih luas (251,69 cm²) jika dibandingkan dengan perlakuan pemberian pupuk kandang dengan mulsa.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2018 hingga Maret 2019 yang terdiri dari dua tahap yaitu tahap percobaan dan tahap analisis. Tahap percobaan dilaksanakan di rumah kaca milik Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya dan tahap analisis unsur hara dilaksanakan di Laboratorium Kimia jurusan Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *polybag* 30 x 30 cm sebagai wadah media tanam. Gelas plastik sebagai wadah sampel tanah yang diinkubasi. Ayakan berukuran 2 mm untuk mengayak material letusan agar memiliki ukuran yang sama. Sekop dan cetok untuk membantu memindahkan tanah yang diayak dan memasukkannya ke *polybag* dan gelas plastik. Penggaris untuk mengukur panjang tanaman. Gembor sebagai alat untuk perawatan tanaman yaitu untuk menyiram tanaman. Plastik 1 kg untuk wadah sampel tanah yang dianalisa. Alat tulis untuk menulis dan mencatat hasil penelitian. Kamera untuk mendokumentasikan kegiatan penelitian.

Peralatan yang digunakan untuk analisis di laboratorium yaitu erlenmeyer, pipet, *beaker glass*, gelas ukur, *magnetic stirrer*, labu ukur, labu kjeldahl, botol plastik, botol semprot, mesin pengocok, tabung reaksi, kertas saring whatman 42, *spectronic 21*, pH meter, oven, piringan aluminium, penjepit tanah, tabung *sentrifuge*, *bulb*, *vial film*, mesin *sentrifuge*, destilasi, *flamephotometer*, *hotplate*, buret makro, buret mikro, dan rotap. Data hasil penelitian diolah dengan menggunakan aplikasi *Microsoft Excel*, *Microsoft Word*, dan *Genstat Discovery 18th Edition*.

3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah sebagai media tanam yang merupakan material letusan Gunung Kelud dengan residu bahan anorganik dan paitan. Bahan organik baru yang digunakan yaitu pupuk kandang sapi dan daun paitan segar. Air untuk menyiram tanaman. Bibit tanaman pakcoy (*Brassica rapa*

subsp. *chinensis*) varietas pertiwi hibrida F1 Flamingo yang telah disemai selama 21 hari sebagai tanaman yang diamati pertumbuhannya.

Bahan kimia yang digunakan pada analisis kandungan hara tanah dan tanaman yang digunakan yaitu H_3PO_4 85%, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, difenilamina, aquadest, K_2SO_4 , campuran selen (CuSO_4 anhidrat, Na_2SO_4 anhidrat dan selen), brom kresol hijau, $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{P.A})$ pekat (95-97%), metil merah, etanol, asam borat ($\text{H}_3\text{BO} + \text{H}_2\text{O} + \text{etanol} + \text{NaOH}$), H_2SO_4 , NaOH 40%, pengektak Bray dan Kurts 1 (larutan 0.025N $\text{HCl} + 0.03\text{N } \text{NH}_4\text{F}$), reagen A (ammonium molybdat + aquadest panas + kalium antimoniltartat + H_2SO_4), reagen B (kristal asam askorbic + reagen A) KH_2PO_4 , KCl , HCl , $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$, $\text{KsbOC}_4\text{H}_4\text{O}_6$, NH_4OAc 1 N pH 7, NH_4Cl 1N, HNO_3 , HClO_4 (pekat), pereaksi pewarna P (asam askorbat dan pereaksi P pekat), deret standar PO_4^{3-} , La 0,25 %, dan deret standar K.

3.3. Rancangan Penelitian

Penelitian dilaksanakan menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) karena dilaksanakan pada rumah kaca yang memiliki lingkungan homogen dan dengan menggunakan wadah media tanam berupa *polybag*. Perlakuan terdiri dari sepuluh perlakuan dan dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali sehingga terdapat 30 kombinasi perlakuan (Gambar 1).

| | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| R ₁₀₀ (1) | R ₇₀ B _{TS} (2) | R ₁₀₀ B _{TS} (1) | R ₄₀ B _{PK} (1) | R ₄₀ B ₀ (3) | R ₇₀ B _{PK} (2) |
| R ₁₀₀ B ₀ (2) | R ₇₀ B _{TS} (3) | R ₁₀₀ (3) | R ₇₀ B _{TS} (3) | R ₁₀₀ B _{TS} (2) | R ₄₀ B _{PK} (3) |
| R ₇₀ B ₀ (3) | R ₁₀₀ B _{PK} (1) | R ₁₀₀ B ₀ (1) | R ₇₀ B _{TS} (1) | R ₁₀₀ (2) | R ₇₀ B _{TS} (1) |
| R ₄₀ B ₀ (1) | R ₇₀ B _{PK} (3) | R ₇₀ B ₀ (2) | R ₁₀₀ B _{PK} (2) | R ₁₀₀ B ₀ (3) | R ₇₀ B _{TS} (2) |
| R ₁₀₀ B _{TS} (3) | R ₄₀ B _{PK} (2) | R ₄₀ B ₀ (2) | R ₇₀ B _{PK} (1) | R ₇₀ B ₀ (1) | R ₁₀₀ B _{PK} (3) |

Keterangan: angka dalam kurung menunjukkan ulangan,  tanaman kontrol

Gambar 1. Skema penempatan unit percobaan

Kombinasi perlakuan penambahan bahan organik paitan segar dan pupuk kandang sapi disajikan pada Tabel 3. Dosis pupuk anorganik yang digunakan sesuai dengan dosis rekomendasi pemupukan PT. Petrokimia Gresik untuk tanaman jagung (perlakuan 100% pupuk anorganik). Pengurangan dosis pupuk anorganik menjadi 70% dan 40% mengacu pada penelitian sebelumnya oleh Aditama (2019).

Tabel 3. Kombinasi perlakuan

| Residu | | Tanpa Penambahan | Penambahan Bahan Organik Baru | |
|------------------|---------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Pupuk Anorganik | Bahan Organik | | Paitan Segar | Pupuk Kandang Sapi |
| R ₁₀₀ | - | R ₁₀₀ | - | - |
| | B | R ₁₀₀ B ₀ | R ₁₀₀ B _{TS} | R ₁₀₀ B _{PK} |
| R ₇₀ | B | R ₇₀ B ₀ | R ₇₀ B _{TS} | R ₇₀ B _{PK} |
| R ₄₀ | B | R ₄₀ B ₀ | R ₄₀ B _{TS} | R ₄₀ B _{PK} |

Keterangan: R: residu pupuk anorganik; angka 100, 70, 40 menunjukkan persentase penambahan berdasarkan anjuran pemupukan (100%: Urea 400 kg ha⁻¹, SP-36 150 kg ha⁻¹ dan KCl 75 kg ha⁻¹; 70%: Urea 280 kg ha⁻¹, SP-36 105 kg ha⁻¹ dan KCl 52,5 kg ha⁻¹; 40%: Urea 160 kg ha⁻¹, SP-36 60 kg ha⁻¹ dan KCl 30 kg ha⁻¹); B: residu tithonia segar (0: tanpa bahan organik baru; TS: paitan segar; PK: pupuk kandang sapi).

3.4. Variabel Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan di lapangan meliputi pengamatan pertumbuhan tanaman pakcoy berupa pertambahan panjang tanaman dan jumlah daun. Hara NPK tanah dan serapan hara dianalisis di Laboratorium Kimia jurusan Tanah, Fakultas Pertanian. Variabel dianalisis sesuai dengan metode dan waktu pada Tabel 4.

Tabel 4. Variabel pengamatan

| Objek | Variabel | Metode | Waktu |
|----------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Analisa tanaman | a. Panjang tanaman | Pengukuran | 1 – 6 MST |
| | b. Jumlah daun | Perhitungan | 1 – 6 MST |
| | c. Berat basah | Penimbangan | 6 MST |
| | d. Berat kering | Penimbangan | 6 MST |
| Analisa kadar hara tanah | a. N | Kjeldahl (H ₂ SO ₄ (P.A.)) | 2, 4, dan 8 MSI |
| | b. P | <i>Spectronic 21</i> (P-Bray I) | 2, 4, dan 8 MSI |
| | c. K | <i>Flamephotometer</i> (NH ₄ OAc 1 N pH 7) | 2, 4, dan 8 MSI |
| Analisa kadar hara tanaman | d. Serapan N | Pengabuan basah, Kjeldahl (HNO ₃ dan HClO ₄) | 6 MST* |
| | e. Serapan P | Pengabuan basah, <i>Spectronic 21</i> ((NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ 5%) | 6 MST* |
| | f. Serapan K | Pengabuan basah, <i>flamephotometer</i> (La 0,25%) | 6 MST* |

Keterangan: MST (minggu setelah tanam); MSI (minggu setelah inkubasi); *(waktu panen tanaman pakcoy).

3.5. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian terdiri dari beberapa tahapan yang dimulai dari persiapan media tanam hingga pengambilan sampel untuk analisa yang dilakukan di laboratorium.

3.5.1. Persiapan Media Tanam

Tanah material letusan Gunung Kelud dengan residu bahan anorganik dan paitan yang pada musim tanam pertama digunakan sebagai media tanam jagung di Desa Pandansari, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang, Jawa Timur digunakan kembali sebagai media tanam penelitian ini (musim tanam kedua). Tanah yang telah lolos dengan ayakan 2 mm digunakan sebanyak 4,5 kg tiap *polybag* dan dimasukkan ke dalam *polybag* berukuran 30 x 30 cm untuk wadah pertumbuhan tanaman pakcoy dan ke dalam gelas plastik sebanyak $\frac{3}{4}$ volume gelas untuk diinkubasi.

3.5.2. Aplikasi Bahan Organik

Aplikasi bahan organik baru dilakukan pada saat sebelum penanaman. Bahan organik yang digunakan yaitu *Tithonia diversifolia* segar yang telah dicacah dan kotoran sapi yang telah terdekomposisi. Pengaplikasian bahan organik pada tanah dilakukan secara homogen dengan dosis rekomendasi pupuk organik yaitu 20 t ha⁻¹ berdasarkan anjuran dosis pemakaian pupuk organik untuk tanaman semusim atau sayuran dalam satu waktu tanam (Hartatik *et al.*, 2015), kemudian dilakukan inkubasi selama dua minggu, sebelum ditanami bibit pakcoy.

Inkubasi dilakukan dengan tujuan agar bahan organik terdekomposisi lebih awal sehingga ketika bibit pakcoy ditanam unsur hara telah tersedia. Menurut Taiwo dan Makinde (2005), proses dekomposisi untuk menambah unsur hara dalam tanah dari bahan organik yang ditambahkan memerlukan waktu sekitar satu hingga dua minggu dari waktu pengaplikasian. Waktu inkubasi awal tersebut dilakukan untuk memberikan kesempatan mikroorganisme agar dapat berkembang dan bermetabolisme untuk menguraikan kandungan bahan organik menjadi senyawa anorganik yang nantinya akan diserap oleh tanaman.

3.5.3. Penanaman

Penanaman tanaman pakcoy berasal dari bibit tanaman pakcoy (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) varietas pertiwi hibrida F1 Flamingo yang telah disemai

selama 21 hari yang memiliki tinggi rata-rata 5-6 cm dan rata-rata jumlah daun 2. Pada tiap *polybag* ditanam satu bibit tanaman pakcoy.

3.5.4. Pemeliharaan

Kegiatan pemeliharaan terdiri dari penyiraman dan penyiangan. Penyiraman dilakukan untuk mempertahankan kondisi media tanam dalam keadaan lembab oleh air. Media tanam yang digunakan merupakan material letusan Gunung Kelud dengan didominasi oleh fraksi pasir yang mudah mengalami kehilangan air. Menurut Hanafiah (2014) bahwa semakin dominan fraksi pasir akan makin kecil daya menahan tanah terhadap air, sehingga penyiraman dilakukan setiap hari. Penyiraman dilakukan dengan menggunakan gembor, air disiramkan pada permukaan media tanam hingga permukaan lembab oleh air. Penyiangan dilakukan secara manual dengan mencabut gulma yang ada di sekitar tanaman pakcoy.

3.5.5. Pengamatan

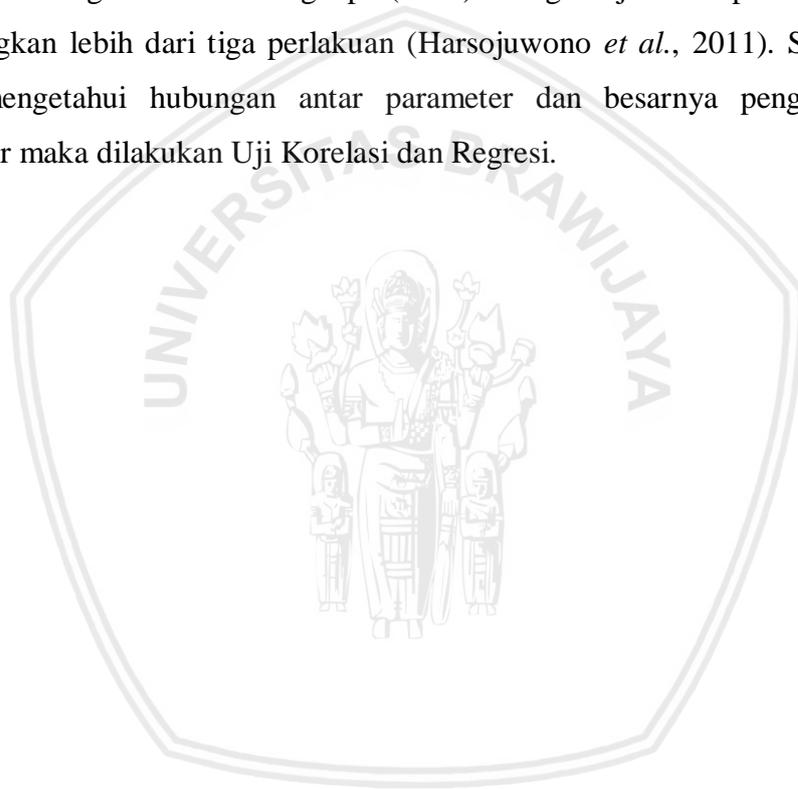
Pengamatan pada tanaman pakcoy meliputi panjang tanaman yang diukur menggunakan penggaris dari permukaan tanah pada *polybag* sampai ujung daun dengan cara daun ditarik keatas dan jumlah daun yang dilakukan secara manual. Pengamatan tersebut dilakukan tiap minggunya dimulai dari 1 MST hingga pada saat panen yaitu usia 6 MST. Pada 6 MST dilakukan pengamatan bobot basah dan bobot kering oven tanaman. Pengamatan sampel tanah dilakukan pada tanah yang diinkubasi (2, 4 dan 8 MSI). Analisis tanah meliputi N, P, K tanah dan serapan N, P, K pada tanaman pakcoy.

3.5.6. Pengambilan Sampel

Sampel tanah yang akan dianalisis diambil pada 2, 4, dan 8 MSI. Sampel tanah diambil dari masing-masing gelas plastik sebanyak 100 g dari tiap gelas. Sebelum dianalisis di laboratorium, sampel tanah dikering-udarkan. Tanah yang telah kering udara selanjutnya diayak dengan ukuran 2 mm dan 0,5 mm untuk selanjutnya dilakukan analisis N, P, dan K. Sampel tanaman yang telah keringkan dengan oven dicacah untuk dilakukan analisis N, P, dan K serapan.

3.6. Analisis Statistik

Data hasil penelitian diolah secara statistik dengan menggunakan *analysis of variance* (ANOVA) taraf 0,05 pada aplikasi *Genstat Discovery 18th Edition*, untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap kandungan hara NPK tanah dan serapan hara NPK tanaman pakcoy. Apabila setelah dianalisis menunjukkan pengaruh nyata, maka dilakukan analisis statistik dengan menggunakan Uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf 0,05 untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan. Uji DMRT digunakan karena rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan jumlah perlakuan yang dibandingkan lebih dari tiga perlakuan (Harsojuwono *et al.*, 2011). Selanjutnya, untuk mengetahui hubungan antar parameter dan besarnya pengaruh antar parameter maka dilakukan Uji Korelasi dan Regresi.



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

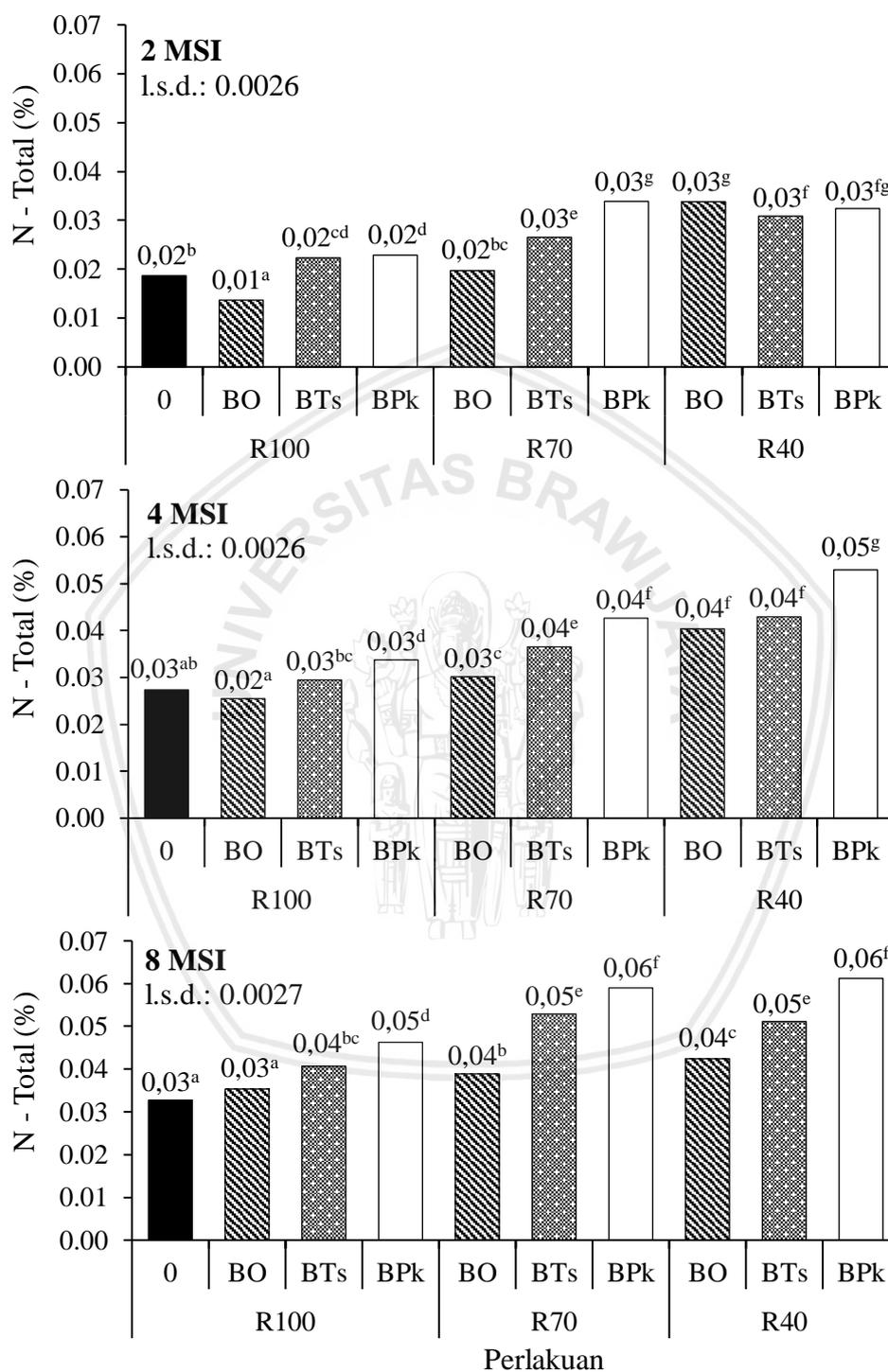
4.1.1. Kandungan Hara NPK pada Material Letusan Gunung Kelud dengan Residu Bahan Anorganik dan Paitan

4.1.1.1. Kandungan N-total pada Tanah

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan bahan organik baru paitan maupun pupuk kandang sapi memberikan pengaruh sangat nyata ($p < 0,001$) terhadap kandungan N tanah. Analisa kandungan N pada tanah menunjukkan bahwa residu bahan anorganik tanah terdampak material letusan Gunung Kelud yang pada musim tanam pertama dikombinasikan bahan organik paitan masih mengandung N-total tanah pada 2, 4 dan 8 MSI di musim tanam kedua. Kandungan N tanah dari awal hingga akhir pengamatan cenderung mengalami peningkatan terutama pada perlakuan penambahan bahan organik baru, namun kandungan N tersebut masih termasuk dalam kategori sangat rendah ($< 0,1\%$ N).

Hasil analisis lanjut (DMRT) menunjukkan kandungan N-total yang berbeda antar perlakuan (Gambar 2). Berdasarkan analisis lanjut, residu pupuk anorganik 40% dan paitan ($R_{40}B_0$) tanpa penambahan bahan organik baru pada 2 MSI memiliki kandungan N-total yang tidak berbeda nyata dengan penambahan bahan organik baru pada dosis pupuk anorganik yang sama. Pada 2, 4 dan 8 MSI $R_{40}B_0$ memiliki kandungan N-total yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan $R_{70}B_0$ dan $R_{100}B_0$ tanpa penambahan bahan organik baru. Hal tersebut menunjukkan bahwa perlakuan residu anorganik R_{40} dengan paitan tanpa penambahan organik baru mampu menyediakan hara N lebih tinggi dalam jangka waktu yang cukup lama dibandingkan dengan persentase pemberian anorganik yang lebih tinggi (R_{70} dan R_{100}). Menurut Nziguheba *et al.* (2002) bahwa residu hara yang dihasilkan paitan memiliki kualitas organik yang baik, ketika dikombinasikan dengan pupuk NPK menghasilkan produksi jagung yang lebih tinggi dibandingkan dengan hanya penggunaan pupuk anorganik. Namun, menurut Nurahmi (2009) residu pemberian pupuk organik dengan anorganik dapat berpengaruh terhadap kandungan hara tanah. Pengaruh terhadap kandungan hara tanah tersebut akan mengalami

penurunan dibandingkan pada awal pengaplikasian sehingga perlu dilakukan penambahan bahan organik baru untuk meningkatkan hara tanah.



Keterangan: R100 (residu pupuk anorganik 100%), R70 (residu pupuk anorganik 70%), R40 (residu pupuk anorganik 40%), 0 (kontrol), BO (tanpa penambahan bahan organik), BTs (penambahan bahan organik paitan segar), BPk (penambahan bahan organik pupuk kandang sapi), Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada grafik yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT taraf 0.05.

Gambar 2. Kandungan N-total pada berbagai perlakuan

Seiring berjalannya waktu, pada semua dosis residu bahan anorganik dan paitan dengan dan tanpa penambahan bahan organik baru terus mengalami peningkatan kandungan N-total tanah. Pada 8 MSI penambahan bahan organik baru paitan maupun pupuk kandang sapi pada dosis residu anorganik R₄₀ dan R₇₀ memiliki kandungan N-total yang lebih tinggi dibandingkan dosis R₁₀₀. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan bahan organik baru dapat menurunkan pemakaian pupuk anorganik sebanyak 30% sampai dengan 60%. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hariyanto dan Nugroho (2018), substitusi dosis pupuk anorganik 50% dengan aplikasi paitan menunjukkan pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis yang tidak berbeda nyata dengan pemberian 100% pupuk anorganik. Menurut Kresnatita (2009) bahwa penggunaan pupuk organik dapat mengurangi pemakaian pupuk anorganik (urea) sebanyak 50 kg N/ha. Hal tersebut diduga karena adanya senyawa-senyawa polisakarida yang dihasilkan oleh mikroorganisme pengurai dari bahan organik yang tidak dimiliki oleh pupuk anorganik. Senyawa polisakarida tersebut memiliki kemampuan sebagai perekat partikel tanah serta dapat mempertinggi daya ikat tanah terhadap hara. Agregat tanah yang terbentuk mampu menyimpan unsur hara anorganik dan akan tersedia untuk tanaman (Lestari *et al.*, 2010; Nazirwan dan Wahyudi, 2015).

Perlakuan dengan penambahan pupuk kandang sapi memiliki kandungan N tanah yang nyata lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya pada dosis pupuk anorganik yang sama. Pada akhir pengamatan kombinasi perlakuan R₄₀ dan R₇₀ dengan penambahan bahan organik pupuk kandang sapi mampu meningkatkan kandungan N tanah lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini dapat terjadi karena adanya dugaan bahan organik pada pupuk kandang sapi mengalami proses dekomposisi yang lebih awal dibandingkan dengan paitan. Menurut Arbit *et al.* (2014) adanya aktivitas mikroorganisme dan terbentuknya asam organik hasil dari proses dekomposisi pada pupuk kandang sapi menyebabkan daya larut unsur N, P, K, dan Ca menjadi lebih tinggi sehingga berada dalam bentuk tersedia bagi pertumbuhan tanaman. Menurut Winarni *et al.* (2013), pupuk kandang merupakan salah satu pupuk organik yang memiliki kandungan N dan C yang tinggi. Pupuk kandang kotoran sapi merupakan penyedia unsur hara yang berangsur-angsur

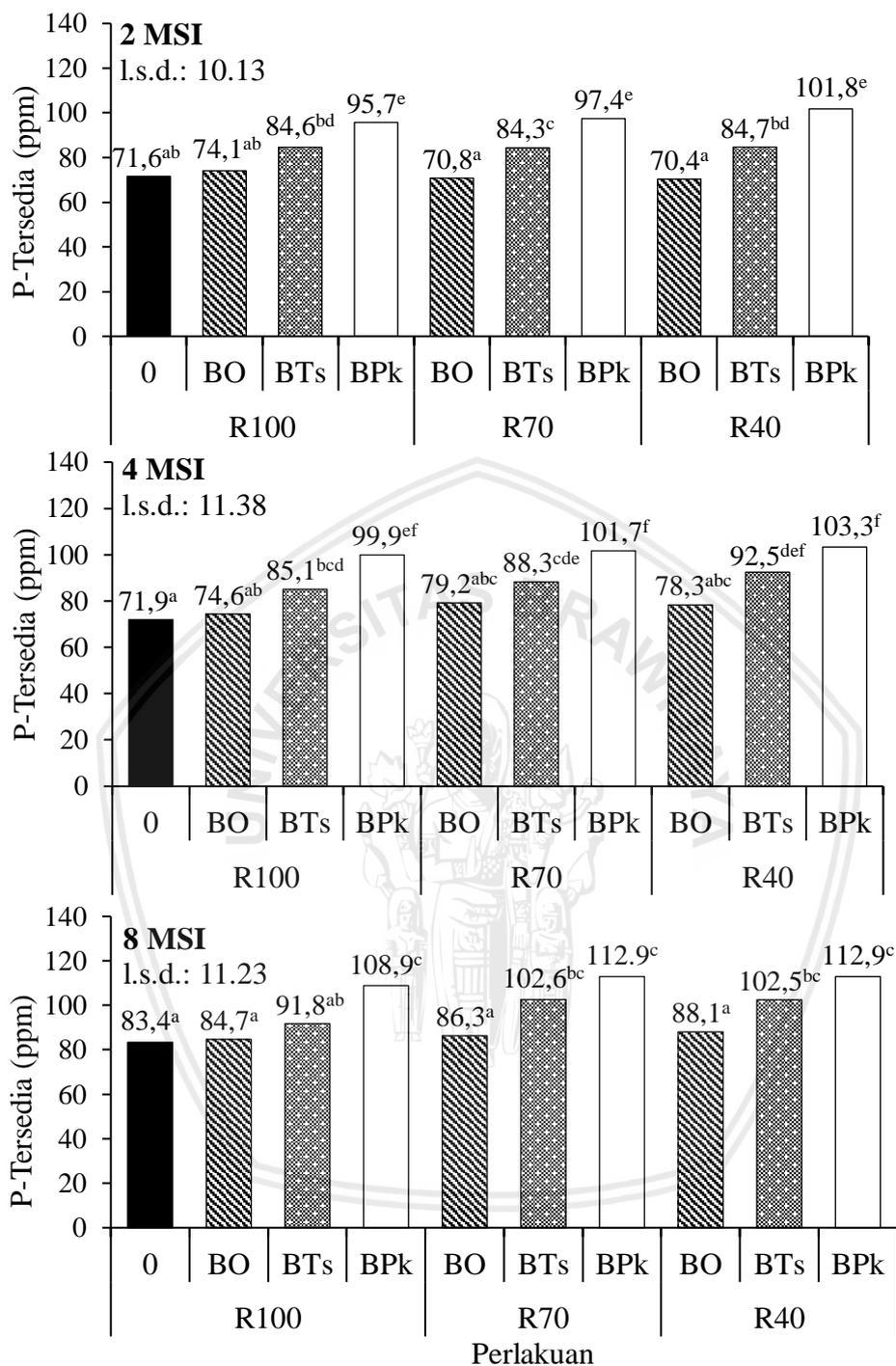
terbebaskan (*slow release*) yang kemudian tersedia bagi tanaman, dalam jangka waktu lama tanah yang dipupuk masih meninggalkan residu cukup tinggi.

4.1.1.2. Kandungan P-tersedia pada Tanah

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan bahan organik baru paitan maupun pupuk kandang sapi memberikan pengaruh yang sangat nyata ($p < 0,001$) terhadap kandungan P tersedia tanah. Analisa kandungan P tersedia tanah menunjukkan bahwa material letusan Gunung Kelud dengan residu bahan anorganik dan paitan masih mengandung P tersedia pada 2, 4 dan 8 MSI di musim tanam kedua. Hasil analisa kandungan P-tersedia pada semua perlakuan dari awal hingga akhir pengamatan menunjukkan bahwa P-tersedia yang terkandung di dalam tanah termasuk kedalam kategori sangat tinggi (> 15 ppm P).

Hasil analisis lanjut (DMRT) menunjukkan kandungan P-tersedia yang berbeda antar perlakuan (Gambar 3). Residu pupuk anorganik dengan paitan ($R_{100}B_0$, $R_{70}B_0$ dan $R_{40}B_0$) maupun tanpa paitan (kontrol) pada tanah terdampak letusan Gunung Kelud mengandung P-tersedia yang tidak berbeda nyata. Tingginya kandungan P-tersedia dari awal pengamatan (2 MSI) pada semua perlakuan tanpa penambahan bahan organik baru disebabkan oleh karakteristik material letusan Gunung Kelud yang terkandung pada tanah residu yaitu memiliki fosfor yang tinggi. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Utami *et al.* (2017) bahwa karakteristik material abu vulkanik Gunung Kelud memiliki kandungan hara fosfor yang sangat tinggi (45,57 ppm). Selain itu, tanah yang digunakan selain mengandung material abu vulkanik dengan residu bahan anorganik juga mengandung residu paitan, daun dan batang lunak dari paitan yang dicampurkan ke dalam tanah ketika mengalami proses dekomposisi akan menghasilkan asam-asam organik, dan asam inilah yang akan membantu pelepasan P dan selanjutnya akan tersedia bagi tanaman (Jama *et al.*, 2000).

Seiring dengan waktu, pada 8 MSI perbedaan dosis pupuk anorganik pada material letusan memiliki pengaruh yang tidak berbeda nyata pada tiap perlakuan yang sama (dengan maupun tanpa penambahan bahan organik baru). Sedangkan, perlakuan penambahan bahan organik mampu memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap kandungan P-tersedia tanah. Penambahan bahan organik baru pupuk kandang sapi memiliki nilai tertinggi pada semua residu dengan dosis anorganik



Keterangan: R100 (residu pupuk anorganik 100%), R70 (residu pupuk anorganik 70%), R40 (residu pupuk anorganik 40%), 0 (kontrol), BO (tanpa penambahan bahan organik), BTs (penambahan bahan organik paitan segar), BPk (penambahan bahan organik pupuk kandang sapi), Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada grafik yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT taraf 0,005.

Gambar 3. Kandungan P-tersedia pada berbagai perlakuan

berbeda dibandingkan perlakuan lainnya. Menurut Basir (2002) dalam Fikdalillah *et al.* (2016) pupuk organik khususnya pupuk kandang dapat memperbaiki sifat kimia tanah, seperti meningkatkan kapasitas tukar kation tanah dan suplai hara N, P dan S. Soepardi (1983) dalam Afandi *et al.* (2015) menyatakan bahwa sumber utama P larutan tanah, disamping dari pelapukan yang berasal dari bebatuan atau bahan induk juga bersal dari proses mineralisasi P-organik hasil dari dekomposisi sisa tanaman dan hewan. Adanya dugaan asam-asam amino yang terdapat di urin sapi yang tercampur dengan kotoran sapi mengandung anion-anion organik dari asam-asam organik yang larut dalam urin sapi akan mengkhelat Al dan Fe sehingga unsur hara P dapat tersedia. Penambahan bahan organik baru berupa paitan memiliki nilai P-tersedia rendah dibandingkan dengan pupuk kandang sapi. Menurut Jama *et al.* (2000) tanaman paitan mengandung lignin dan polifenol yang cukup rendah (5,32% dan 2,8%) sehingga seharusnya dapat mudah terdekomposisi. Namun, rendahnya P-tersedia pada perlakuan penambahan bahan organik paitan dapat dikarenakan paitan yang diberikan pada tanah masih dalam bentuk segar dan masih memerlukan waktu dekomposisi berangsur sehingga unsur hara dapat tersedia dalam waktu yang lebih lama dibandingkan dengan pupuk kandang sapi yang ketika diaplikasikan sudah dalam kondisi setengah matang.

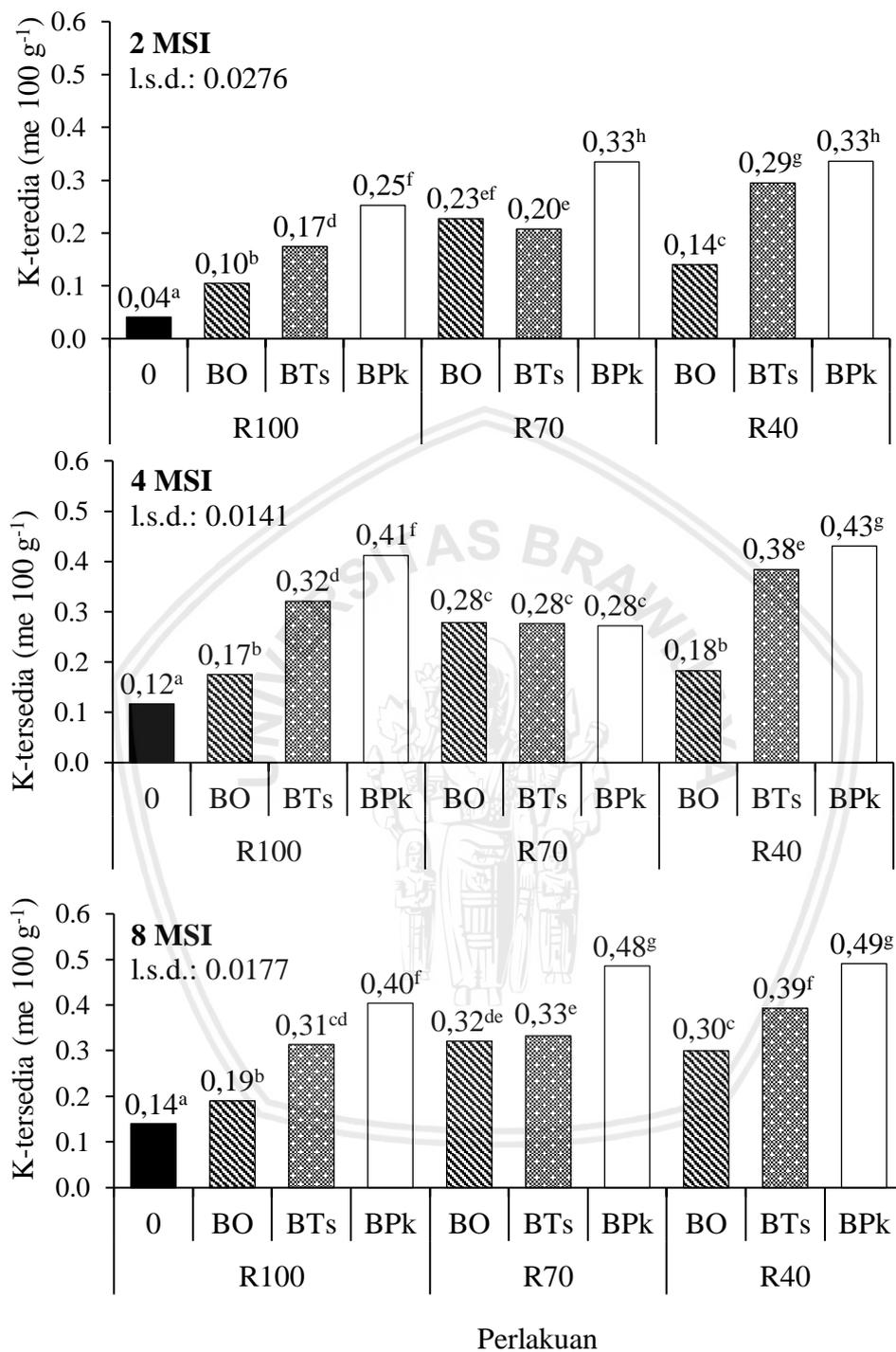
4.1.1.3. Kandungan K-tersedia pada Tanah

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan bahan organik baru paitan maupun pupuk kandang sapi memberikan pengaruh yang sangat nyata ($p < 0,001$) terhadap kandungan K-tersedia tanah. Analisa kandungan K pada tanah menunjukkan bahwa residu bahan anorganik dan paitan tanah terdampak material letusan Gunung Kelud masih mengandung K tersedia pada tanah untuk 2, 4 dan 8 MSI musim tanam kedua. Hasil analisa kandungan K-tersedia semua perlakuan pada 2, 4 hingga 8 MSI termasuk ke dalam kategori rendah ($0,1-0,3 \text{ me } 100\text{g}^{-1}$). Pada akhir pengamatan (8 MSI) pada semua perlakuan penambahan bahan organik baru pupuk kandang sapi pada residu bahan anorganik dan paitan kandungan K-tersedia meningkat menjadi termasuk ke dalam kategori sedang ($0,4-0,5 \text{ me } 100\text{g}^{-1}$) sedangkan pada penambahan bahan organik paitan tidak terjadi peningkatan kategori yaitu tetap pada kategori rendah ($0,1-0,3 \text{ me } 100\text{g}^{-1}$).

Hasil analisis lanjut (DMRT) menunjukkan nilai yang berberda antar perlakuan (Gambar 4). Berdasarkan hasil analisis lanjut pada 2 MSI dosis residu anorganik R₇₀B₀ tanpa penambahan bahan organik baru memiliki nilai kandungan K-tersedia lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Residu bahan organik paitan yang terkandung pada tanah berperan dalam menyumbangkan K-tersedia tanah. Paitan mengandung unsur hara yang cukup tinggi, yaitu 4,19% K (Utami *et al.*, 2017). Mahbub *et al.* (2011) menyatakan bahwa jumlah kation-kation basa yang berasal dari bahan organik yang ditambahkan telah terserap dan mendominasi kompleks jerapan sehingga meningkatkan K-tersedia dalam tanah.

Seiring berjalannya waktu, kandungan K-tersedia pada semua perlakuan terus mengalami peningkatan setiap minggunya. Perlakuan R₇₀B₀ dan R₄₀B₀ tanpa penambahan bahan organik baru memiliki nilai kandungan K-tersedia yang tidak berbeda nyata namun tetap lebih tinggi dibandingkan R₁₀₀B₀ tanpa penambahan bahan organik baru dan kontrol pada 4 dan 8 MSI. Hal ini terjadi karena interaksi yang saling melengkapi antara pupuk anorganik dan bahan organik paitan. Roidah (2013) menyatakan bahwa aplikasi bahan organik lebih kuat pengaruh kearah perbaikan sifat-sifat tanah dan bukan terkhusus untuk meningkatkan unsur hara dalam tanah, karena menjadi peran pupuk anorganik untuk meningkatkan unsur hara tanah secara langsung tersedia untuk tanaman.

Perlakuan penambahan bahan organik baru pupuk kandang sapi (B_{Pk}) memiliki nilai K-tersedia tertinggi pada semua dosis residu anorganik dan waktu pengamatan dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hasil ini dapat berkaitan dengan kandungan karbon yang tinggi dan terus mengalami peningkatan dari 2 MSI sampai 8 MSI berkisar diantara 0,29-0,73% pada perlakuan penambahan bahan organik pupuk kandang sapi (Arumsari, 2019 belum dipublikasi). Karbon dimanfaatkan oleh mikroorganisme sebagai energi untuk merombak bahan organik menjadi senyawa sederhana seperti K, N, P, Ca, Mg serta unsur hara lainnya sehingga dapat tersedia pada tanah (Ismayana *et al.*, 2012). Selain itu, menurut Jamilah (2002) dalam Prasetyo (2014) kotoran sapi mempunyai kadar serat selulosa yang tinggi hal tersebut menyebabkan proses dekomposisi bahan organiknya berlangsung dengan lambat sehingga unsur hara tersedia secara berangsur.



Keterangan: R100 (residu pupuk anorganik 100 %), R70 (residu pupuk anorganik 70%), R40 (residu pupuk anorganik 40%), 0 (kontrol), BO (tanpa penambahan bahan organik), BTs (penambahan bahan organik paitan segar), BPk (penambahan bahan organik pupuk kandang sapi), Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada grafik yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT taraf 0,05.

Gambar 4. Kandungan K-tersedia pada berbagai perlakuan

4.1.2. Pengaruh Aplikasi Bahan Organik Baru terhadap Peningkatan Hara NPK Tanah dan Serapan Hara Pakcoy

4.1.2.1. Peningkatan Hara NPK Tanah

Hasil perhitungan persentase peningkatan hara NPK tanah akibat penambahan bahan organik yang dibandingkan dengan kontrol (Tabel 5) menunjukkan bahwa pada 8 MSI kandungan hara NPK mengalami peningkatan dengan persentase berbeda pada penambahan bahan organik paitan maupun pupuk kandang sapi. Peningkatan unsur hara tertinggi terdapat pada perlakuan penambahan bahan organik baru pupuk kandang sapi pada residu pupuk anorganik dosis 40% ($R_{40B_{PK}}$) yaitu meningkat 87,07%, 35,54% dan 250,07% dari kontrol. Kandungan N, P dan K yang pada perlakuan kontrol (R_{100}) sebesar 0,0327% N-total, 83,4 ppm P-tersedia dan 0,14 me 100g⁻¹ K-tersedia meningkat menjadi 0,0612% N-total, 112,9 ppm P-tersedia dan 0,49 me 100 g⁻¹ K-tersedia pada perlakuan $R_{40B_{PK}}$. Perlakuan penambahan bahan organik paitan pada residu pupuk anorganik dosis 100% ($R_{100B_{Ts}}$) memiliki persentase peningkatan hara N, P dan K terendah yaitu secara berurut meningkat sebesar 24,33%, 10,08% dan 123,75% dari kontrol menjadi 0,04% N-total, 91,8 ppm P-tersedia dan 0,31 me 100 g⁻¹ K-tersedia.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan bahan organik pupuk kandang sapi maupun paitan sama-sama memberikan pengaruh dalam peningkatan kandungan hara NPK tanah. Hal ini sesuai dengan penelitian Hafifah *et al.* (2016) bahwa secara umum pengaplikasian paitan sebagai pupuk hijau dan pupuk kandang sapi sama-sama memiliki kemampuan untuk meningkatkan sifat kimia dan fisik tanah. Namun, pupuk kandang sapi memberikan kontribusi yang lebih baik terhadap pH tanah dan total porositas tanah dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Nilai pH tanah dapat berpengaruh terhadap penyediaan hara tanah (Yusanto, 2009). Menurut Susilawati *et al.* (2008) pH tanah yang rendah akan menyebabkan ketersediaan hara menurun dan perombakan bahan organik terhambat. Di dalam susunan jaringan bahan organik terkandung unsur nitrogen organik yang didekomposisi oleh mikroorganisme tanah menjadi nitrogen tersedia bagi tanaman. Perlakuan penambahan bahan organik baru pupuk kandang sapi memiliki nilai pH tertinggi pada pengamatan 2, 4 dan 8 MSI yang berkisar 5,8-6,1

(Arumsari, 2019 belum dipublikasi). Tingginya pH tanah akan meningkatkan pelepasan N sehingga terjadi peningkatan N-total tanah.

Tabel 5. Persentase peningkatan hara NPK akibat penambahan bahan organik baru pada 8 MSI

| Residu | Penambahan B. O. | % Peningkatan Hara NPK | | |
|--------------------|---------------------|------------------------|------------|------------|
| | | N-total | P-tersedia | K-tersedia |
| R ₁₀₀ B | Ts | 24,33 | 10,08 | 123,75 |
| | Pk | 41,41 | 30,59 | 188,30 |
| R ₇₀ B | Ts | 61,67 | 23,08 | 137,16 |
| | Pk | 80,29 | 35,44 | 246,43 |
| R ₄₀ B | Ts | 56,27 | 22,91 | 180,24 |
| | Pk | 87,07 | 35,54 | 250,07 |

Keterangan: Persentase peningkatan hara didapatkan dari hasil kandungan NPK tanah tiap perlakuan dikurangi kontrol, dibagi nilai kontrol dan dikalikan 100%; R: residu pupuk anorganik; angka 100, 70, 40 menunjukkan persentase penambahan berdasarkan anjuran pemupukan; B: residu tithonia segar (Ts: paitan segar; Pk: pupuk kandang sapi)

Peningkatan hara P-tersedia pada penambahan bahan organik pupuk kandang sapi juga dapat dipengaruhi oleh pH tanah. Ketersediaan P akan menurun bila pH tanah lebih rendah dari 5,5 atau lebih tinggi dari 7. Kemasaman pH tanah dapat mempengaruhi ketersediaan P dalam bentuk kelarutan, bentuk P, fiksasi, usur yang memfiksasi dan kekuatan ikatan. Selain itu, reaksi dari bahan organik yang terkandung dalam pupuk kandang sapi juga diduga berpengaruh dalam meningkatkan P-tersedia tanah. Menurut Afandi *et al.* (2015) bahwa aksi masam-masam organik dalam membentuk khelat dengan Al dan Fe pada pupuk kandang sapi yang mengakibatkan pelepasan fosfat dalam larutan tanah. Penambahan bahan organik pupuk kandang sapi secara tidak langsung juga dapat meningkatkan P-tersedia melalui proses pelepasan P yang terfiksasi. Nurhayati (2018) menyatakan bahwa aplikasi kompos sebagai bahan organik dapat meningkatkan P-tersedia tanah secara langsung melalui proses mineralisasi atau dengan tidak langsung dengan bantuan pelepasan P yang terfiksasi. Hal tersebut didukung oleh pernyataan Hanafiah (2014) bahwa aplikasi bahan organik berkemampuan dalam mengkhelat koloid mineral oksida bermuatan positif dan kation-kation terutama Al dan Fe yang reaktif sehingga menyebabkan fiksasi P tanah menjadi ternetralisir. Keberadaan asam-asam organik hasil dekomposisi bahan organik dapat melarutkan P dan unsur lain dari pengikatnya.

Ketersediaan kalium dalam tanah juga dipengaruhi oleh nilai pH dan KTK. Hubungan pH berbanding lurus dengan ketersediaan kalium (Hanafiah, 2014). Penggunaan pupuk kandang pada penelitian Nyinareza dan Snapp (2007) terbukti meningkatkan KTK tanah yang juga meningkatkan kemampuan tanah untuk mengikat K sehingga K akan terhindar dari pencucian. Peningkatan kandungan K-tersedia akibat penambahan bahan organik baru pupuk kandang sapi dapat terjadi karena pupuk kandang sapi mempunyai pengaruh yang nyata dalam meningkatkan K-tersedia tanah. Selain itu Yuwono *et al.* (2012) menyatakan bahwa besar kecilnya kadar kalium dalam tanah disebabkan karena unsur kalium terbentuk lebih stabil dibandingkan dengan unsur hara nitrogen dan lebih cepat *mobile* dibandingkan unsur fosfor sehingga unsur K lebih cepat melapuk dan melepaskan hara. Hal tersebut didukung oleh Mahbub *et al.* (2011) bahwa jumlah kation-kation basa yang berasal dari bahan organik yang ditambahkan telah terserap dan mendominasi kompleks jerapan sehingga meningkatkan K-tersedia dalam tanah. Sehingga penggunaan pupuk kandang akan meningkatkan N-total, P-tersedia dan K-tersedia.

Lebih rendahnya nilai persentase peningkatan hara NPK pada perlakuan penambahan bahan organik paitan karena paitan diberikan dalam kondisi segar sehingga belum mengalami proses dekomposisi secara sempurna sehingga memiliki nilai dibawah pupuk kandang sapi. Penelitian sebelumnya oleh Tanto (2019) juga menunjukkan hal yang serupa, bahwa pada perlakuan aplikasi paitan segar dengan kombinasi 40% pupuk anorganik memiliki nilai terendah (0,077%) terhadap peningkatan N-total pada bahan letusan. Perlakuan tersebut memiliki nilai C/N rasio yang tinggi sehingga memungkinkan lambatnya proses dekomposisi dan pelepasan unsur hara pada bahan organik. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Isroi (2008) dalam Ismayana *et al.* (2012) nilai C/N yang tinggi mengakibatkan mikroba kekurangan N untuk disintesis, sehingga proses dekomposisi berjalan lambat. Mikroorganisme memanfaatkan senyawa C sebagai sumber energi dan N sebagai sintesis protein. C-Organik pada perlakuan penambahan bahan organik baru paitan segar memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan pupuk kandang sapi. Penelitian Yulmafmatmawati *et al.* (2012) menunjukkan bahwa kandungan C-Organik pada tanah ultisol yang diaplikasikan paitan segar meningkat setelah tiga tahun aplikasi.

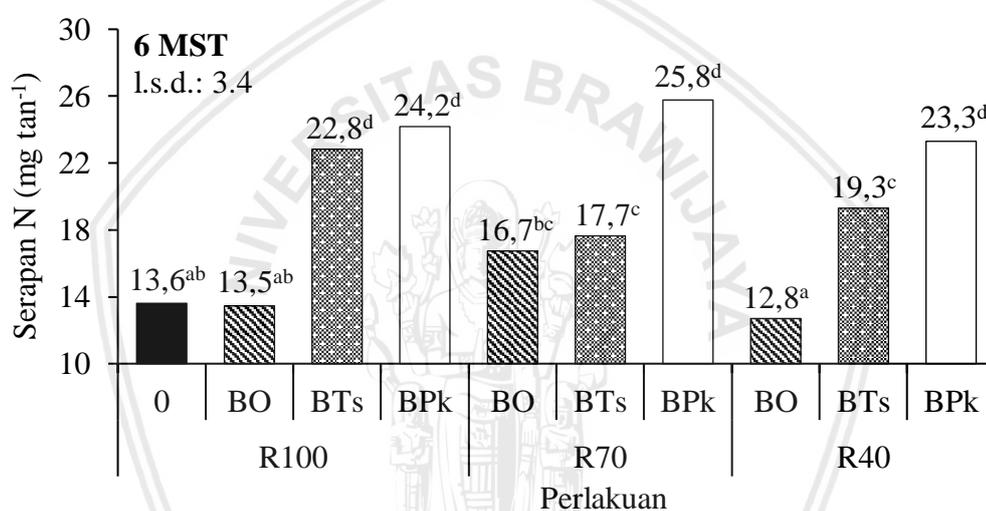
Menurut Hartati *et al.* (2014) rendahnya nilai P-tersedia dan K-dd pada penggunaan paitan sebagai bahan organik karena adanya kemungkinan dekomposisi yang masih berjalan pada paitan segar yang ditambahkan. Sejalan dengan teori tersebut penelitian yang dilakukan oleh Napitupulu *et al.* (2018) kombinasi pupuk anorganik NPK dengan paitan segar memiliki nilai P-tersedia yang lebih rendah (19,29 ppm) dibandingkan dengan kombinasi pupuk anorganik NPK dengan kompos paitan (20,15 ppm). Selain itu, paitan yang dikomposkan mampu meningkatkan K-dd pada tanah dari 0,62 me 100g⁻¹ menjadi 1,08 me 100g⁻¹ dibandingkan paitan segar yang hanya meningkatkan K-dd tanah menjadi 0,81 me 100g⁻¹. Kombinasi pupuk anorganik NPK dengan paitan kompos memiliki kandungan K-dd yang lebih tinggi (2,53 me 100g⁻¹) dibandingkan dengan kombinasi pupuk anorganik NPK dengan paitan segar (2,3 me 100g⁻¹).

4.1.2.2. Serapan Hara

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan bahan organik baru paitan maupun pupuk kandang sapi memberikan pengaruh sangat nyata ($p < 0,001$) terhadap serapan hara nitrogen, fosfor dan kalium oleh tanaman pakcoy. Hasil analisis lanjut (DMRT) menunjukkan nilai yang berbeda antar perlakuan terhadap serapan NPK (Gambar 5, 6 dan 7).

Hasil analisis lanjut (DMRT) menunjukkan bahwa perlakuan tanpa penambahan bahan organik baru pada semua dosis residu pupuk anorganik tidak mampu menunjang serapan N pada tanaman pakcoy karena memiliki nilai yang tidak berbeda nyata dibandingkan kontrol (Gambar 5). Sedangkan penambahan bahan organik baru pupuk kandang sapi maupun paitan memiliki kemampuan untuk menunjang serapan hara N pada tanaman yang nyata lebih tinggi dibandingkan kontrol. Pupuk kandang sapi memberikan pengaruh yang nyata lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Penambahan bahan organik baru pupuk kandang sapi dengan dosis residu R₄₀B_{Pk} mampu memberikan respon yang sama dengan dosis R₁₀₀B_{Pk} dan R₇₀B_{Pk} terhadap nilai serapan N tanaman pakcoy. Sehingga penggunaan pupuk anorganik dapat ditekan hingga mencapai 70% dengan kombinasi bahan organik pupuk kandang sapi. Hal tersebut menunjukkan kemampuan dari kombinasi residu pupuk anorganik dan paitan dengan bahan organik baru pupuk kandang sapi yang mampu meningkatkan ketersediaan N pada

tanah agar dapat diserap oleh tanaman lebih baik dibandingkan dengan penambahan bahan organik paitan. Penelitian oleh Nyinareza dan Snapp (2007) mendapatkan bahwa kombinasi penggunaan pupuk kandang dan pengurangan pupuk anorganik menghasilkan ketersediaan N yang tinggi dan pelepasan NO_3^- yang konstan selama masa pertanaman, yang menunjukkan terjadinya keselarasan antara ketersediaan dan serapan N oleh tanaman tomat. Sejalan dengan pernyataan Arbit *et al.* (2014) bahwa pupuk kandang memiliki kemampuan untuk menyediakan unsur hara N lebih tinggi dibandingkan paitan karena adanya aktivitas mikroorganisme yang menyebabkan terbentuknya asam organik hasil dari proses dekomposisi pada pupuk kandang sapi.

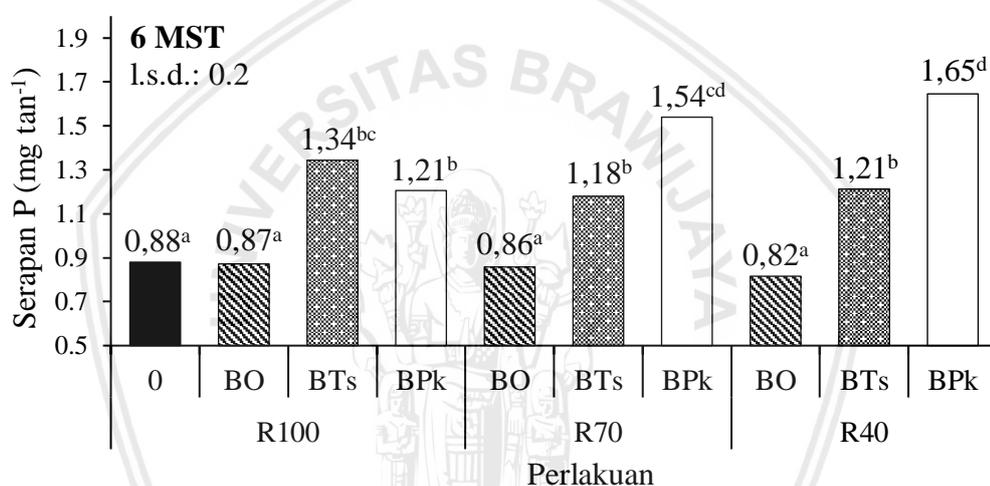


Keterangan: R100 (residu pupuk anorganik 100%), R70 (residu pupuk anorganik 70%), R40 (residu pupuk anorganik 40%), 0 (kontrol), BO (tanpa penambahan bahan organik), BTs (penambahan bahan organik paitan segar), BPk (penambahan bahan organik pupuk kandang sapi). Angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT taraf 0,05.

Gambar 5. Serapan hara N pada berbagai perlakuan

Hasil analisis lanjut (DMRT) serapan P pada tanaman pakcoy menunjukkan bahwa tanpa penambahan bahan organik baru, material letusan Gunung Kelud dengan residu pupuk anorganik dan paitan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap serapan P tanaman pakcoy karena memiliki nilai yang tidak berbeda nyata dengan kontrol. Perlakuan penambahan bahan organik pupuk kandang sapi pada residu pupuk anorganik dengan dosis R₄₀B_{Pk} dan R₇₀B_{Pk} memberikan pengaruh yang lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya terhadap serapan P tanaman pakcoy (Gambar 6). Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan pupuk anorganik guna meningkatkan serapan hara P tanaman pakcoy dapat ditekan hingga

60% apabila dikombinasikan dengan pupuk kandang. Penelitian yang dilakukan oleh Hartati *et al.* (2014) menunjukkan bahwa kombinasi pupuk anorganik 75% + 25% pupuk organik memberikan hasil yang tidak berbeda nyata dengan kombinasi pupuk anorganik 25% + 75% pupuk organik pada serapan hara P tanaman padi. Hernandez *et al.* (2010) menyatakan bahwa aplikasi pupuk organik dapat mempertahankan P tersedia dalam tanah lebih tinggi dibandingkan tanpa aplikasi pupuk organik sehingga serapan P pada tanaman juga meningkat. Komponen organik akan melepaskan CO₂ dan konsentrasi CO₂ yang lebih tinggi akan meningkatkan proses dekomposisi mineral fosfat sehingga P-tersedia dalam tanah juga meningkat.

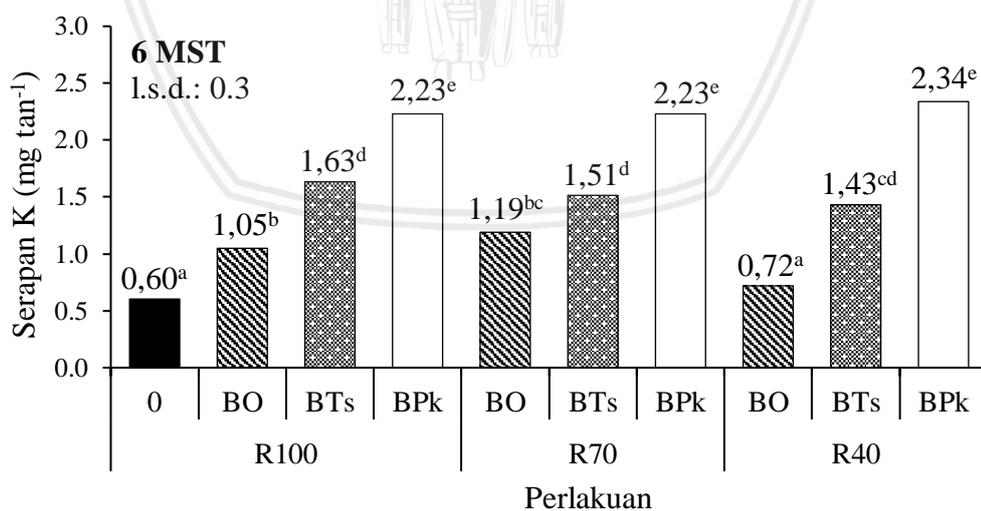


Keterangan: R100 (residu pupuk anorganik 100 %), R70 (residu pupuk anorganik 70%), R40 (residu pupuk anorganik 40%), 0 (kontrol), BO (tanpa penambahan bahan organik), BTs (penambahan bahan organik paitan segar), BPk (penambahan bahan organik pupuk kandang sapi). Angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT taraf 0,05.

Gambar 6. Serapan hara P pada berbagai perlakuan

Hasil analisis lanjut (DMRT) serapan K pada tanaman pakcoy menunjukkan bahwa tanpa penambahan bahan organik baru, material letusan Gunung Kelud dengan residu pupuk anorganik dosis R₄₀ dan paitan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap serapan P tanaman pakcoy karena memiliki nilai yang tidak berbeda nyata dengan kontrol. Sedangkan pada dosis residu pupuk anorganik R₁₀₀B₀ dan R₇₀B₀ lebih bisa menunjang serapan hara K pada tanaman pakcoy karena memiliki nilai yang nyata lebih tinggi dibandingkan kontrol. Perlakuan penambahan bahan organik pupuk kandang sapi memberikan pengaruh yang lebih baik dibandingkan dengan penambahan bahan organik paitan maupun tanpa

penambahan bahan organik pada semua perlakuan dosis anorganik (R₄₀, R₇₀ dan R₁₀₀). Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan pupuk anorganik dapat ditekan hingga mencapai 60% dengan kombinasi bahan organik pupuk kandang sapi. Penelitian yang dilakukan oleh Hartati *et al.* (2009) perbandingan antara pemberian pupuk kandang sapi dengan dosis yang sama yang dikombinasi dengan pupuk anorganik dengan dosis berbeda (50% dan 100%) memberikan pengaruh yang tidak berbeda nyata terhadap serapan K pada tanaman padi. Nilai serapan K pada tanaman dapat dipengaruhi oleh nilai KTK tanah. Hasil analisis KTK pada tanah oleh Arumsari (2019, belum dipublikasi) menunjukkan bahwa perlakuan penambahan bahan organik baru berupa pupuk kandang sapi memiliki nilai KTK tertinggi pada 2-8 MSI. Afandi *et al.* (2015) menjelaskan bahwa besar atau kecilnya kalium yang diserap oleh tanaman sangat dipengaruhi oleh KTK dan pada umumnya tanah-tanah dengan KTK tinggi mempunyai kemampuan menyimpan dan menyediakan K lebih besar begitu sebaliknya, jika tanah memiliki KTK rendah maka kemampuan menyimpan dan menyediakan K juga rendah. Tanah dengan KTK yang tinggi memiliki ikatan proton dalam jumlah banyak sehingga memiliki kompleks jerapan yang lebih luas. Tanaman yang kecukupan unsur kalium memiliki pertumbuhan yang lebih baik pada jumlah daun dan panjang tanaman (Yulia dan Murniati, 2010).



Keterangan: R100 (residu pupuk anorganik 100 %), R70 (residu pupuk anorganik 70%), R40 (residu pupuk anorganik 40%), 0 (kontrol), BO (tanpa penambahan bahan organik), BTs (penambahan bahan organik paitan segar), BPk (penambahan bahan organik pupuk kandang sapi), Angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT taraf 0,05.

Gambar 7. Serapan hara K pada berbagai perlakuan

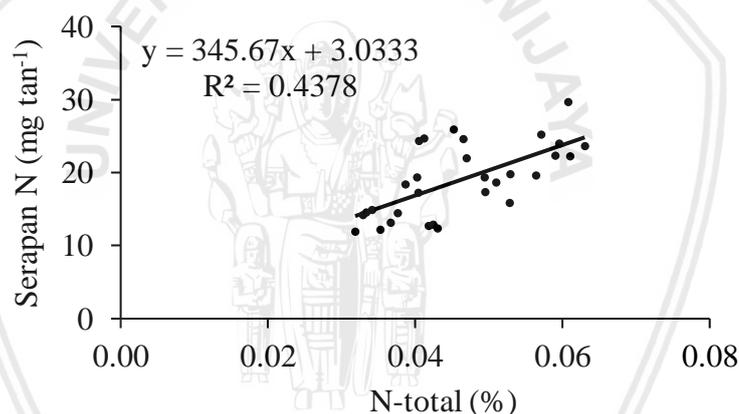
Hasil analisis lanjut (DMRT) pada serapan hara NPK tanaman pakcoy menunjukkan bahwa penambahan bahan organik baru paitan cenderung memberikan pengaruh yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan organik pupuk kandang sapi pada semua dosis pupuk anorganik. Hal ini dapat dikarenakan kondisi bahan organik yang walaupun diberikan pada dosis dan cara pengaplikasian yang homogen namun dalam kondisi yang berbeda. Paitan yang diberikan masih dalam kondisi segar dan dicacah sedangkan pupuk kandang sapi diberikan dalam kondisi setengah matang. Faktor tersebut yang memungkinkan lebih rendahnya nilai serapan NPK pada tanaman pakcoy dengan perlakuan penambahan bahan organik paitan. Hal tersebut sejalan dengan pernyataan Arinong dan Chrispen (2011) bahwa bahan organik yang diberikan dalam bentuk pupuk organik pada tanaman sawi mengandung mikroorganisme yang dapat mendekomposisi bahan organik sehingga menghasilkan senyawa yang dapat diserap langsung oleh tanaman. Mikroorganisme dapat merombak bahan organik menjadi senyawa sederhana seperti N, P, dan K serta unsur hara lainnya. Selain itu, menurut Yulmafmatmawita *et al.* (2012) paitan yang diaplikasikan dalam bentuk segar memiliki pengaruh setelah tiga tahun aplikasi. Hal tersebut karena dekomposisi pada paitan segar terjadi secara berangsur sehingga unsur hara dapat tersedia dalam waktu yang lebih lama dibandingkan dengan pupuk kandang sapi yang ketika diaplikasikan sudah dalam kondisi setengah matang.

4.2. Pembahasan

4.2.1. Hubungan Kandungan NPK Tanah dengan Serapan NPK Tanaman Pakcoy Akibat Penambahan Bahan Organik Baru

Kandungan NPK pada tanah akan mempengaruhi serapan NPK oleh tanaman pakcoy. Hasil analisis lanjut menunjukkan bahwa N-total pada perlakuan penambahan bahan organik baru pupuk kandang sapi memiliki nilai tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya (Gambar 2). Hasil analisis lanjut serapan N juga menunjukkan bahwa perlakuan penambahan bahan organik pupuk kandang sapi memiliki serapan N tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya (Gambar 5). Pada hasil uji korelasi menunjukkan adanya hubungan yang positif dan kuat antara N-total dengan serapan N tanaman pakcoy ($r = 0,66$). Hasil uji regresi didapatkan $R^2 = 0,43$ yang menunjukkan bahwa N-total sebagai faktor (x) memberikan pengaruh

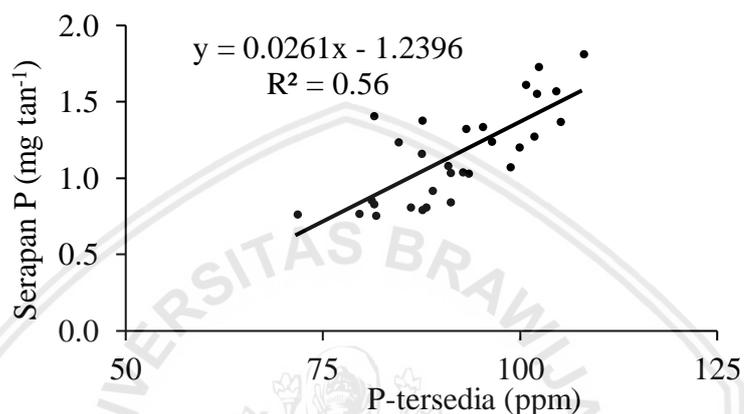
yang tinggi terhadap serapan N tanaman pakcoy yang merupakan faktor (y) dengan persentase sebesar 43% (Gambar 8). Hal tersebut mengindikasikan adanya pengaruh peningkatan yang terjadi pada N-total tanah dapat meningkatkan serapan N tanaman pakcoy. Menurut Hasanudin (2003), serapan unsur hara oleh tanaman sangat dipengaruhi oleh tersedianya unsur hara dalam tanah. Hasil dekomposisi dari bahan organik yang ditambahkan akan meningkatkan ketersediaan N dalam tanah yang kemudian serapan hara N pada tanaman juga akan meningkat. Didukung dengan pernyataan Patty *et al.* (2013) bahwa keberadaan nitrogen dalam struktur tumbuhan dipengaruhi oleh beberapa faktor terutama unsur hara nitrogen dalam tanah dan ketersediaan air pada tanah. Air tanah membantu membawa unsur hara bergerak mendekati akar, terjadi karena proses penggantian air dalam tanaman akibat transpirasi. Karena air tanah mengandung unsur hara, maka dalam proses penggantian air ini akan terjadi masukan unsur hara (Handayanto *et al.*, 2016).



Gambar 8. Pengaruh Kandungan N-total Tanah terhadap Serapan N Tanaman Pakcoy

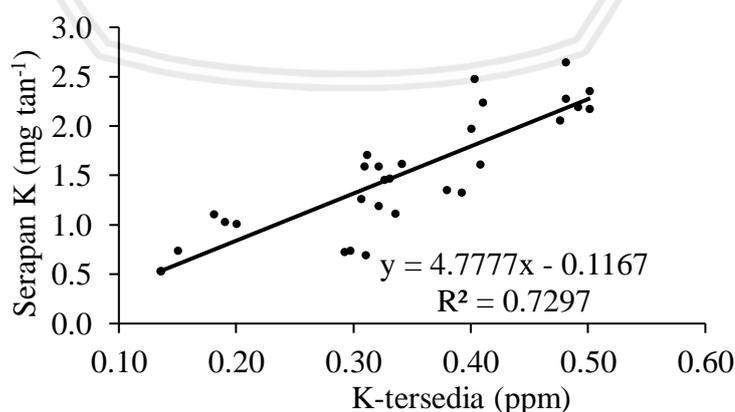
Hasil analisis lanjut menunjukkan bahwa P-tersedia pada perlakuan penambahan bahan organik baru pupuk kandang sapi memiliki nilai tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya (Gambar 3). Hasil analisis lanjut serapan P juga menunjukkan bahwa perlakuan penambahan bahan organik pupuk kandang sapi memiliki serapan P tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya (Gambar 6). Hasil uji korelasi menunjukkan adanya hubungan yang positif dan kuat antara P-tersedia dengan serapan P tanaman pakcoy ($r = 0,75$). Hasil uji regresi didapatkan $R^2 = 0,56$ yang menunjukkan bahwa P-tersedia sebagai faktor (x) memberikan pengaruh yang tinggi terhadap serapan P tanaman pakcoy yang merupakan faktor (y) dengan persentase sebesar 56% (Gambar 9). Hal tersebut mengindikasikan bahwa

meningkatnya kandungan P-tersedia pada tanah juga dapat meningkatkan serapan P oleh tanaman pakcoy. Menurut Soepardi (1983) dalam Afandi *et al.* (2015) bahwa serapan unsur hara oleh tanaman sangat dipengaruhi oleh kadar dan ketersediaan hara dalam tanah. Ketersediaan fosfor akan meningkatkan laju fotosintesis dan pertumbuhan akar. Fosfor pada tanaman akan meningkatkan aktivitas auksin yang berfungsi mempergiat pertumbuhan akar sehingga ion-ion unsur hara dapat diserap oleh akar pada saat akar tumbuh berkembang di dalam tanah (Faizin *et al.*, 2015).



Gambar 9. Pengaruh Kandungan P-tersedia Tanah terhadap Serapan P Tanaman Pakcoy

Hasil uji korelasi menunjukkan adanya hubungan yang sangat kuat antara K-tersedia dengan serapan K tanaman pakcoy ($r = 0,85$). Hasil uji regresi didapatkan $R^2 = 0,73$ yang menunjukkan bahwa K-tersedia sebagai faktor (x) memberikan pengaruh yang tinggi terhadap serapan K tanaman pakcoy yang merupakan faktor (y) dengan persentase sebesar 73% (Gambar 10).



Gambar 10. Pengaruh Kandungan K-tersedia Tanah terhadap Serapan K Tanaman Pakcoy

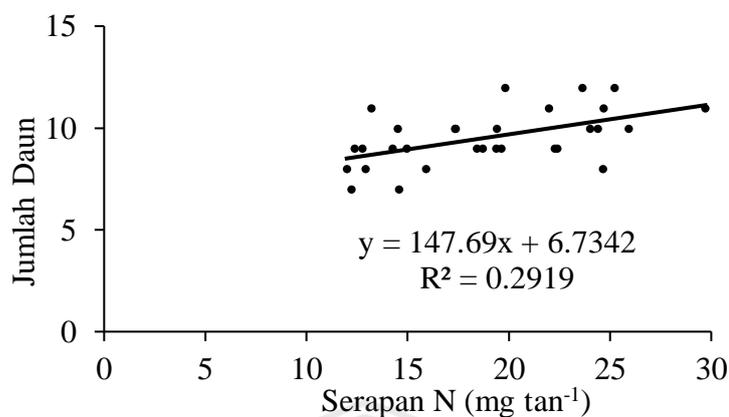
Hasil uji korelasi dan regresi mengindikasikan bahwa semakin tinggi kandungan K-tersedia pada tanah maka serapan K oleh tanaman pakcoy juga akan meningkat. Perbaikan sifat fisik tanah dan meningkatnya ketersediaan unsur hara N, P dan K akibat pengaplikasian bahan organik, dapat meningkatkan jumlah akar pada tanaman yang kemudian dapat meningkatkan kemampuan tanaman untuk menyerap unsur hara N, P dan K (Sarno, 2009).

4.2.2. Hubungan Serapan NPK dengan Pertumbuhan Tanaman Pakcoy Akibat Penambahan Bahan Organik

Nilai serapan N pada tanaman pakcoy lebih tinggi dibandingkan dengan serapan P dan K (Gambar 5, 6 dan 7). Menurut Neoriky *et al.* (2017) tanaman selada memerlukan unsur nitrogen yang lebih tinggi dibandingkan unsur fosfor dan kalium untuk merangsang pertumbuhan vegetatif daun. Hasil analisa menunjukkan bahwa kandungan N-total tanah pada material letusan Gunung Kelud dengan residu bahan anorganik dan paitan dengan dan tanpa penambahan bahan organik baru masih termasuk ke dalam kategori sangat rendah ($<0,1\%$). Namun, berdasarkan kelas kesesuaian lahan BBSDLP (2014) budidaya sawi paling sesuai (S1) apabila kandungan N-total tanah berada pada kategori sedang (0,21-0,5%). Hal tersebut yang menyebabkan pada penelitian ini tanaman pakcoy tidak tumbuh optimum karena mengalami kekurangan akan unsur N. Kurangnya N pada tanaman dapat menjadi penghambat bagi pertumbuhan tanaman. Berdasarkan pada kaidah minimum "*The Law of The Minimum*", menyebutkan pertumbuhan tanaman ditentukan oleh faktor (unsur hara) yang paling minimum atau kritis. Bila ada satu atau dua faktor yang menjadi pembatas dalam proses pertumbuhan tanaman, maka peningkatan faktor tersebut akan menentukan respon pertumbuhan tanaman (Fahmi *et al.*, 2010). Hal ini juga mengindikasikan bahwa kandungan N-total pada tanah walaupun telah ditambahkan bahan organik baru masih belum mampu mencukupi kebutuhan hara tanaman pakcoy. Didapatkan pada penelitian ini bahwa jumlah daun tanaman pakcoy hanya berkisar 10-11 helai daun. Sedangkan, menurut Direktorat Perbenihan (2012), pakcoy varietas flamingo yang dibudidayakan pada lahan yang sesuai dengan kandungan hara NPK yang tercukupi akan memiliki jumlah daun yang dapat dikonsumsi mencapai 12-14 helai daun. Menurut Nugroho (2015) salah satu ciri tanaman yang kekurangan unsur N akan menunjukkan gejala

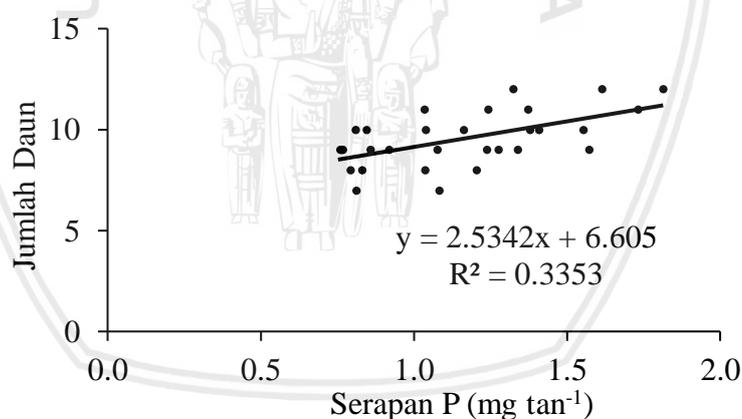
pertumbuhan yang tidak optimum atau kerdil. Tanaman sawi pada fase vegetatif lebih membutuhkan nitrogen (N), unsur tersebut dibutuhkan tanaman karena untuk pembentukan bagian vegetatifnya, terutama pada daun, batang dan akar. Sehingga upaya yang dapat dilakukan untuk menjaga ketersediaan hara dalam tanah serta memaksimalkan pemberian bahan organik yang dikombinasikan dengan pupuk anorganik dapat juga melalui konsentrasi dan waktu pemberian pupuk. Menurut Jumini *et al.* (2012) waktu aplikasi pemberian pupuk menentukan pertumbuhan tanaman. Kebutuhan tanaman akan unsur hara berbeda-beda selama pertumbuhan dan perkembangannya. Proses penyerapan hara tertentu juga berbeda dengan interval waktu yang berbeda dan dalam jumlah yang berbeda pula. Sehingga pemberian pupuk N, P, K perlu dilakukan terpisah berdasarkan pada waktu pertumbuhan tanaman. Didukung oleh hasil penelitian Mukti *et al.* (2017) bahwa terjadi interaksi antara perlakuan interval waktu pemberian pupuk kandang dengan dosis urea terhadap panjang tanaman, diameter batang, jumlah daun, luas daun, dan bobot segar pada tanaman kailan.

Hasil uji korelasi menunjukkan adanya hubungan yang positif dan sedang antara serapan N dengan jumlah daun tanaman pakcoy ($r = 0,54$). Hasil regresi didapatkan $R^2 = 0,29$ yang menunjukkan bahwa serapan N sebagai faktor (x) memberikan pengaruh yang tidak terlalu tinggi terhadap jumlah daun tanaman pakcoy yang merupakan faktor (y) dengan persentase sebesar 29% (Gambar 11). Hal tersebut mengindikasikan bahwa semakin tingginya serapan N oleh tanaman pakcoy maka pertumbuhan jumlah daun pada tanaman pakcoy juga akan meningkat. Bila ketersediaan pada tanah N cukup untuk diserap oleh tanaman, daun tanaman akan tumbuh besar dan memperluas permukaan daun untuk proses fotosintesis. Serapan nitrogen yang tinggi akan mempercepat perubahan karbohidrat menjadi protein dan dipergunakan menyusun dinding sel (Fahmi *et al.*, 2010). Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa serapan N oleh tanaman pakcoy memiliki pengaruh yang rendah terhadap panjang tanaman pakcoy dengan nilai $r = 0,30$. Sehingga, serapan N memiliki keeratan hubungan yang rendah terhadap panjang tanaman pakcoy.



Gambar 11. Hubungan Serapan N Tanaman terhadap Jumlah Daun Tanaman Pakcoy

Hasil uji korelasi menunjukkan adanya hubungan yang positif dan kuat antara serapan P dengan jumlah daun tanaman pakcoy ($r = 0,58$). Hasil regresi didapatkan $R^2 = 0,33$ yang menunjukkan bahwa serapan P sebagai faktor (x) memberikan pengaruh yang tinggi terhadap jumlah daun tanaman pakcoy yang merupakan faktor (y) dengan persentase sebesar 33% (Gambar 12).

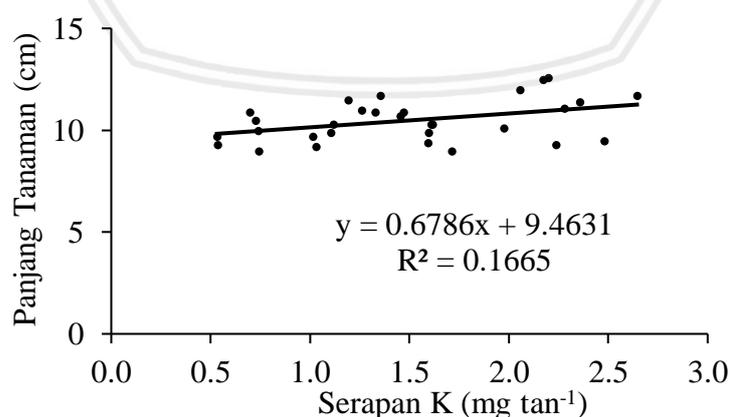


Gambar 12. Hubungan Serapan P Tanaman terhadap Jumlah Daun Tanaman Pakcoy

Uji korelasi dan regresi mengindikasikan semakin tinggi serapan P oleh tanaman pakcoy maka jumlah daun tanaman pakcoy juga akan meningkat. Unsur hara N, P, bersama Mg merupakan unsur hara yang berperan dalam meningkatkan luas daun tanaman. N merupakan unsur utama dalam pertumbuhan tanaman untuk pembentukan daun. P berfungsi sebagai penyusun protein dan Mg sebagai penyusun molekul klorofil yang berperan dalam proses fotosintesis (Wahyuningsih *et al.*, 2016). Selain itu P merupakan hara makro esensial yang memegang peranan

penting dalam berbagai proses pada tanaman, seperti fotosintesis, asimilasi dan respirasi serta merupakan komponen struktural dari sejumlah senyawa penting, molekul pentransfer energi ADP, ATP, NAD dan NADH (Liferdi *et al.*, 2008).

Hasil uji korelasi menunjukkan adanya hubungan yang positif dan sedang antara serapan K dengan panjang tanaman pakcoy ($r = 0,40$). Hasil regresi didapatkan $R^2 = 0,16$ yang menunjukkan bahwa serapan N sebagai faktor (x) memberikan pengaruh terhadap jumlah daun tanaman pakcoy yang merupakan faktor (y) dengan persentase sebesar 16% (Gambar 13). Hal tersebut mengindikasikan meningkatnya serapan K pada tanaman pakcoy akan mempengaruhi pertumbuhan panjang tanaman pakcoy. Kalium memiliki peranan penting dalam menunjang pertumbuhan batang tanaman. Berdasarkan hasil pada penelitian ini menunjukkan bahwa pada perlakuan penambahan bahan organik pupuk kandang sapi didapatkan respon panjang tanaman tertinggi yaitu berkisar 10-12 cm sedangkan pada penambahan bahan organik paitan hanya berkisar 9-11 cm (Arumsari, 2019 belum dipublikasi). Menurut Yulia dan Murniati (2010), tanaman yang kecukupan unsur kalium memiliki pertumbuhan yang lebih baik pada panjang tanaman dan jumlah daun. Kecukupan akan unsur kalium pada tanaman akan membantu penyerapan unsur nitrogen dan fosfor, serta meningkatkan absorpsi CO_2 yang berkaitan dengan membuka menutupnya stomata daun untuk proses fotosintesis tanaman sehingga proses fotosintesis juga akan meningkat (Idaryani dan Warda, 2018).



Gambar 13. Hubungan Serapan K Tanaman terhadap Panjang Tanaman Pakcoy

4.2.3. Efektivitas Penambahan Bahan Organik terhadap Serapan Hara Tanaman Pakcoy

Hasil perhitungan persentase efektivitas penambahan bahan organik terhadap serapan hara NPK yang dibandingkan dengan kontrol (Tabel 6) menunjukkan bahwa penambahan bahan organik pupuk kandang sapi maupun paitan segar mampu meningkatkan serapan hara tanaman pakcoy.

Tabel 6. Persentase efektivitas penambahan bahan organik terhadap serapan hara

| Residu | Penambahan B. O. | % Efektivitas Serapan Hara Pakcoy | | |
|--------------------|---------------------|-----------------------------------|-------|--------|
| | | N | P | K |
| R ₁₀₀ B | Ts | 67,74 | 52,73 | 170,98 |
| | Pk | 77,66 | 37,05 | 269,82 |
| R ₇₀ B | Ts | 29,61 | 34,09 | 151,08 |
| | Pk | 89,35 | 75,00 | 269,82 |
| R ₄₀ B | Ts | 41,81 | 37,84 | 137,31 |
| | Pk | 71,20 | 87,05 | 287,73 |

Keterangan: Persentase efektivitas serapan hara didapatkan dari hasil kandungan serapan hara tiap perlakuan dikurangi kontrol, dibagi nilai kontrol dan dikalikan 100%.

Secara keseluruhan, penambahan bahan organik pupuk kandang sapi lebih efektif dalam meningkatkan serapan hara tanaman pakcoy ketika ditambahkan pada material letusan Gunung Kelud dengan residu pupuk anorganik dan paitan. Penambahan bahan organik pupuk kandang sapi pada perlakuan dengan dosis residu pupuk anorganik 70% (R₇₀B_{PK}) memiliki nilai efektivitas tertinggi terhadap serapan N tanaman pakcoy yaitu 89,35% dibandingkan dengan kontrol. Pada serapan hara P dan K tanaman pakcoy penambahan pupuk kandang sapi pada dosis residu anorganik 40% (R₄₀B_{PK}) memiliki nilai efektivitas tertinggi yaitu 87,05% dan 287,73% lebih besar dari kontrol. Serapan hara oleh tanaman pakcoy meningkat berturut-turut dari 13,61 mg tan⁻¹ N, 0,88 mg tan⁻¹ P dan 0,60 mg tan⁻¹ K pada kontrol menjadi 25,77 mg tan⁻¹ N, 1,65 mg tan⁻¹ P dan 2,34 mg tan⁻¹ K pada penambahan bahan organik baru pupuk kandang sapi. Tingginya nilai efektivitas pemupukan terhadap serapan hara adalah hasil dari sesuainya kombinasi perlakuan penambahan bahan organik pada residu anorganik. Suge *et al.* (2011) menyatakan bahwa integrasi dari penambahan bahan anorganik dan organik dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk sekaligus menyediakan unsur hara yang seimbang untuk tanaman. Baghdadi *et al.* (2018) juga menyatakan bahwa kombinasi sumber hara dari bahan organik dan anorganik menghasilkan sinergi antara pelepasan unsur

hara dengan kebutuhan tanaman, yang mengarah pada peningkatan efisiensi pupuk serta hasil panen yang lebih tinggi. Hal ini sejalan dengan pernyataan Hayati *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa pupuk anorganik memiliki sifat higroskopis mudah larut dan bereaksi cepat namun apabila dikombinasikan dengan pupuk organik yang memiliki kemampuan untuk melepaskan unsur hara yang dikandungnya secara perlahan dan terus-menerus dalam jangka waktu yang lama sehingga dapat mengurangi kemungkinan adanya kehilangan unsur hara akibat pencucian.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pupuk kandang merupakan bahan organik yang sesuai untuk meningkatkan efektivitas kandungan hara pada residu bahan anorganik dan paitan pada material Gunung Kelud untuk serapan hara pakcoy. Sejalan dengan penelitian Nuryani *et al.* (2010) mendapatkan bahwa pemberian pupuk kandang sapi dengan urea dapat meningkatkan efisiensi serapan N pada tanaman hingga 140,54%. Penelitian Aditama (2019) juga menunjukkan bahwa penambahan bahan organik mampu meningkatkan efisiensi pupuk anorganik budidaya tanaman jagung pada lahan terdampak letusan Gunung Kelud. Efisiensi pupuk tertinggi terdapat pada bahan organik pupuk kandang dengan nilai 20,03% pada unsur N, 22,94% pada unsur P, dan 82,44% pada unsur K. Idaryani dan Warda (2018) menjelaskan bahwa pemberian unsur hara K yang cukup akan membantu penyerapan unsur hara N dan unsur hara P, serta meningkatkan absorpsi CO₂ yang berkaitan dengan membuka menutupnya stomata daun untuk proses fotosintesis tanaman. Peningkatan proses fotosintesis dapat meningkatkan serapan hara tanaman sehingga produktivitas tanaman juga.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Kandungan hara NPK pada residu bahan anorganik dan paitan tanah terdampak material letusan Gunung Kelud masih tersedia untuk pertumbuhan tanaman pakcoy pada 2, 4, dan 8 minggu setelah inkubasi. Kandungan N-total nyata tertinggi pada R₄₀B₀ (0,03-0,04% N), K-tersedia nyata tertinggi pada R₇₀B₀ (0,23-0,32 me 100 g⁻¹) sedangkan P-tersedia pada R₁₀₀B₀, R₇₀B₀ dan R₄₀B₀ tidak berbeda nyata (70,4-86,3 ppm) di semua waktu pengamatan.
2. Penambahan bahan organik baru mampu meningkatkan N-total, P-tersedia dan K-tersedia di 8 minggu setelah inkubasi dari 0,0327% N, 83,4 ppm P-tersedia dan 0,14 me 100g⁻¹ K-tersedia (R₁₀₀) menjadi 0,0612% N, 112,9 ppm P-tersedia dan 0,49 me 100g⁻¹ K-tersedia pada perlakuan penambahan bahan organik baru pupuk kandang sapi (B_{PK}) serta 0,0529% N, 102,6 ppm P-tersedia dan 0,39 me 100g⁻¹ K-tersedia pada perlakuan penambahan bahan organik baru paitan (B_{TS}). Penambahan bahan organik baru mampu meningkatkan serapan hara N, P, dan K dari 13,6 mg tan⁻¹ N, 0,88 mg tan⁻¹ P, dan 0,60 mg tan⁻¹ K (R₁₀₀) menjadi 25,8 mg tan⁻¹ N, 1,65 mg tan⁻¹ P, dan 2,34 mg tan⁻¹ K pada penambahan bahan organik baru pupuk kandang sapi (B_{PK}) serta 22,8 mg tan⁻¹ N, 1,34 mg tan⁻¹ P dan 1,63 mg tan⁻¹ K pada penambahan bahan organik baru paitan (B_{TS}).
3. Penambahan bahan organik pupuk kandang sapi lebih efektif dalam meningkatkan serapan hara oleh tanaman pakcoy, berturut-turut dari 13,61 mg tan⁻¹ N, 0,88 mg tan⁻¹ P dan 0,60 mg tan⁻¹ K pada kontrol menjadi 25,77 mg tan⁻¹ N, 1,65 mg tan⁻¹ P dan 2,34 mg tan⁻¹ K.

5.2. Saran

Penelitian dengan topik yang sama dapat dilakukan kombinasi penambahan bahan organik pupuk kandang sapi dan paitan karena kedua penambahan bahan organik sama-sama memberikan respon positif terhadap kandungan hara tanah, serapan hara dan pertumbuhan tanaman pakcoy.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, S. R. dan Hadi H. 2015. Identifikasi Sifat Kimia Abu Vulkanik dan Upaya Pemulihan Tanaman Karet Terdampak Letusan Gunung Kelud (Studi Kasus: Kebun Ngrangkah Pawon, Jawa Timur). *Jurnal Warta Perkaratan*, 34(1) :19-30.
- Aditama, H.A. 2019. Upaya Peningkatan NPK Tanah dan Efisiensi Pemupukan Tanaman Jagung Melalui Aplikasi Bahan Organik pada Tanah Terdampak Erupsi Gunung Kelud. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.
- Afandi, F. N., Bambang S., dan Yulia N. 2015. Pengaruh Pemberian Berbagai Jenis Bahan Organik Terhadap Sifat Kimia Tanah pada Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Ubi Jalar Di Entisol Ngrangkah Pawon, Kediri. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 2(2): 237-244.
- Al-Batania, B.B., Young T.M., and Ranieri E. 2016. Effects of Compost Age on The Release of Nutrients. *Journal International Soil and Water Conservation Research*, 4(3): 230-236.
- Anda, M. dan Wahdini W. 2010. Sifat, Komposisi Mineral, dan Kandungan Berbagai Unsur pada Abu Erupsi Merapi, Oktober-November 2010. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Arbit, N. I. S., Fahrudin, dan Asadi A. 2014. Pengaruh Kotoran Ternak Sapi pada Proses Dekomposisi berbagai Sampah Daun yang Berasal dari Wilayah Kampus UNHAS. *Jurnal Alam dan Lingkungan*, 5(10): 25-33.
- Arinong, A.R., dan Chrispen D.L. 2011. Aplikasi Pupuk Organik Cair terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sawi. *Jurnal Agrisistem*, 7(1): 1858-4330.
- Aristantha, F., Hendrawan A.P., dan Asmaranto R. 2018. Identifikasi Karakteristik dan Mineralogi Material Piroklastik Hasil Erupsi Gunung Kelud di Sungai Kali Sambong, Desa Pandansari, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang sebagai Alternatif Material Timbunan. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan*, 1(1): 1-11.
- Arumsari, L. 2019. Sifat Kimia Bahan Letusan Kelud dan Pertumbuhan Pakcoy Akibat Aplikasi Bahan Organik Baru pada Residu Pupuk Anorganik dan *Tithonia diversifolia*. Skripsi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Belum Dipublikasi.
- Atsari, A. D., dan Suntari, R. 2018. Efek Residu Kompos dan Urea dengan Aplikasi Kompos Kotoran Kambing Terhadap Ketersediaan dan Serapan N, P, K serta Hasil Tanaman Okra (*Abelmoschus esculentus*) pada Tanah Terdampak Erupsi Gunung Kelud. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 5(2): 875-886.

- Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. 2014. Persyaratan Penggunaan Lahan Beberapa Jenis Tanaman Hortikultura. online. http://bbsdlp.litbang.pertanian.go.id/kamp_komoditas.php diakses pada tanggal 23 Juli 2019.
- Barasa, R.F., Rauf A., dan Sembiring M. 2013. Dampak Debu Vulkanik Letusan Gunung Sinabung Terhadap Kadar Cu, Pb, dan B Tanah di Kabupaten Karo. *Jurnal Agroekoteknologi*, 1(4): 1288-1297.
- Baghdadi, A., Halim R. A., Ghasemzadeh A., Ramlan M. F., dan Sakimin S. Z. 2018. Impact of Organic and Inorganic Fertilizers on The Yield and Quality of Silage Corn Intercropped with Soybean. *Journal PeerJ*, 6(5280).
- Baroroh, A., Prabang S., dan Ratna S. 2015. Analisis Kandungan Unsur Hara Makro dalam Kompos dari Serasah Daun Bambu dan Limbah Padat Pabrik Gula (Blotong). *Jurnal Bioteknologi*, 12(2): 46-51.
- Direktorat Perbenihan Hortikultura Kementerian Pertanian. 2012. Database Varietas Terdaftar Hortikultura. online <http://ditbenih.hortikultura.deptam.go.id> diakses pada tanggal 28 Februari 2019.
- Faizin, N., Mardhiansyah dan Defri Y. 2015. Respon Pemberian Beberapa Dosis Pupuk Fosfor terhadap Pertumbuhan Semai Akasia (*Acacia mangium* Willd.) dan Ketersediaan Fosfor di Tanah. *Jurnal Fakultas Pertanian*, 2(2): 1-9.
- Fikdalillah, M. Basir, dan Wahyudi. 2016. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Sapi terhadap Serapan Fosfor dan Hasil Tanaman Sawi Putih (*Brassica pekinensis*) pada Entisols Sidera. *Jurnal Agrotekbis*, 4(5): 491-499.
- Hafifah, Sudiarmo, Maghfoer M.D., dan Prasetya. 2016. The Potential of *Tithonia diversifolia* Green Manure for Improving Soil Quality for Cauliflower (*Brassica oleracea* var. *Brotrytis* L.). *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 3(2): 499-506.
- Hanafiah, K.A. 2014. Dasar-dasar Ilmu Tanah. Jakarta: Rajawali Press.
- Handayanto, E., Nurul M., dan Amrullah F. 2017. Pengelolaan Kesuburan Tanah. Malang: UB Press.
- Hanifa, H. 2016. Pengaruh Kombinasi Bahan Organik dan Tanaman Pionir terhadap Peningkatan Unsur N dan P pada Bahan Letusan Gunung Kelud. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.
- Harsojuwono, B.A., I Wayan A., dan Gusti A.K.D.P. 2011. Rancangan Percobaan: Teori, Aplikasi SPSS dan Excel. Yogyakarta: Lintaskata Publishing.
- Hartati, S., Syamsiyah J., Widijanto H., dan Bonis M.A. 2009. Pengaruh Pupuk Kandang Sapi dengan Biodekomposer dan Pupuk Anorganik terhadap Efisiensi Serapan K dan Hasil Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) di Lahan Sawah Palur Sukoharjo. *Jurnal Ilmiah Ilmu Tanah dan Agroklimatologi*, 6(1): 53-60.
- Hartati, S., Syamsiyah J., dan Erniasita E. 2014. Imbangan Paitan (*Tithonia diversifolia*) dan Pupuk Phonska terhadap Kandungan Logam Berat Cr pada Tanah Sawah. *Jurnal Ilmu Tanah dan Agroklimatologi*, 11(1): 21-28.

- Hartatik, W. 2009. *Tithonia diversifolia*: Sumber Pupuk Hijau. Jurnal Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 29(5): 3-5.
- Hartatik, W., Husnain dan Widowati. 2015. Peranan Pupuk Organik dalam Peningkatan Produktivitas Tanah dan Tanaman. Jurnal Sumberdaya Lahan, 9(2): 107-120.
- Hariyanto, G., dan Agung N. 2018. Upaya Substitusi Penggunaan Pupuk Anorganik dengan Aplikasi Pupuk Hijau Orok-Orok (*Crotalaria juncea*) dan Paitan (*Tithonia diversifolia*) pada Jagung Manis. Jurnal Plantreopica, 3(2): 110-115.
- Hasanudin. 2003. Peningkatan Ketersediaan dan Serapan N dan P serta Hasil Tanaman Jagung Melalui Inokulasi Mikoriza, Azotobakter dan Bahan Organik pada Ultisol. Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia, 5(2): 83-89.
- Hayati, E., Mahmud, dan Riza F. 2014. Pengaruh Jenis Pupuk Organik dan Varietas terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Cabai. Jurnal Floratek, 7: 173 – 181.
- Hernandez, A., Castillo H., Ojeda D., Aras A., Lopez J., and Sanchez E. 2010. Effect of Vermicompost and Compost on Lettuce Production. Journal of Agricultural Research, 70(4):583-589.
- Idaryani dan Warda. 2018. Kajian Pemanfaatan Pupuk Organik Cair untuk Meningkatkan Hasil Tanaman Cabai. Jurnal Biocelbes, 12(3): 87-105.
- Islami, T. 2012. Pengaruh Residu Bahan Organik pada Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) sebagai Tanaman Sela Pertanaman Ubi Kayu (*Manihot esculenta* L.). Jurnal Buana Sains, 12(1): 131-136.
- Ismayana, A., Indrasti, Suprihatin, Maddu, dan Fredy. 2012. Faktor Rasio C/N Awal dan Laju Aerasi pada Proses Composting Bagasse dan Blotong. Jurnal Teknologi Industri Pertanian, 22(3): 173-179.
- Istarofah dan Zuchrotus S. 2017. Pertumbuhan Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.) dengan Pemberian Kompos Berbahan Dasar Daun Paitan (*Thitonia diversifolia*). Jurnal Bio-site, 3(1): 39-46.
- Jama, B., Palm C.A., Buresh R.J., Niang A., Gachengo C., Nziguheba G., dan Amadalo B. 2000. *Tithonia diversifolia* as a Green Manure for Soil Fertility Improvement in Western Kenya. Jurnal Agroforestry System, 49: 201-221.
- Jumini, H.A.R. Hasinah, dan Armis. 2012. Pengaruh Interval Waktu Pemberian Pupuk Organik Cair Enviro terhadap Pertumbuhan dan Hasil Dua Varietas Mentimun (*Cucumis sativus* L.). Jurnal Floratek, 7(1): 133-140.
- Kholidin, M., Rauf A., Barus H.N. 2016. Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) terhadap Kombinasi Pupuk Organik, Anorganik dan Mulsa di Lembah Palu. Jurnal Agrotekbis, 4(1): 1- 7.
- Kresnatita, S., Koesriharti, dan Mudji. 2009. Aplikasi Pupuk Organik dan Nitrogen pada Jagung Manis. Jurnal Agriculture Technology, 17(6): 1119-1133.

- Kuntyastuti, H., Andy W., R. D. Purwaningrahayu dan Abdullah T. 2011. Pengaruh Residu Pupuk Organik dan NPK terhadap Perubahan dan Kondisi Tanah Vertisol Ngawi pada Tanaman Kedelai. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi: 177-188.
- Lestari, A., Murniati, dan Erlida A. 2015. Pemanfaatan Residu Kompos TKKS dengan NPK Majemuk Setelah Penanaman Jagung Manis untuk Tanaman Kedelai Edamame. Jurnal Fakultas Pertanian, 2(2): 1-8.
- Lestari, A. P., Sarman S., dan Elly I. 2010. Substitusi Pupuk Anorganik dengan Kompos Sampah Kota Tanaman Jagung Manis (*Zea mays*). Jurnal Agroteknologi, 12(2): 1-6.
- Lestari, S.A.D. 2016. Pemanfaatan Paitan (*Tithonia diversifolia*) sebagai Pupuk Organik pada Tanaman Kedelai. Jurnal Iptek Tanaman Pangan, 11(1): 49-56.
- Liferdi, L., Poerwanto, Susila A.D., Idris K., dan Mangku I. W. 2008. Korelasi Kadar Hara Fosfor Daun dengan Produksi Tanaman Manggis. Jurnal Hortikultura, 18(3): 285-294.
- Mahbub, I. A., Muzar A., dan Ermadani. 2011. Pengaruh Residu Kompos Tandan Buah Kelapa Sawit terhadap Beberapa Sifat Kimia Ultisol dan Hasil Kedelai. Jurnal Penelitian Universitas Jambi Seri Sains, 13 (2): 11-18.
- Marian, P., Widowati W., dan Astri S. 2018. Residu Pupuk Organik Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) Periode Tanam Kedua. Jurnal Publikasi Ilmiah Mahasiswa, 6(2): 72-93.
- Mayadewi, N.N.A. 2007. Pengaruh Jenis Pupuk Kandang dan Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan Gulma dan Hasil Jagung Manis. Jurnal Budidaya Pertanian, 6(4): 153 - 159.
- Melsandi, H., dan Sugeng P. 2015. The Use of Volcanic Ash from The Eruption of Mount Kelud in East Java for Improving Yield of Sweet Potato Grown on A Sandy Soil. Journal Of Degraded And Mining Lands Management, 2(4): 409 – 414.
- Mukti, M.S., Tatik W., dan Titiek I. 2017. Pengaruh Waktu Pemberian Pupuk Kandang dan Dosis Urea terhadap Hasil Pertumbuhan dan Kadar Nitrogen Tanaman Kailan. Jurnal Produksi Tanaman, 5(2): 224-231.
- Nakhmiidah, N., Suryanto A., dan Sugito Y. 2016. Kajian Abu Vulkanik Kelud pada Berbagai Media Tanam Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata* Sturt). Jurnal Produksi Tanaman, 4(8): 640-646.
- Napitupulu, A.S., Hanum H., dan Damanik M.M.B. 2018. Aplikasi Kombinasi Bahan Organik Terhadap Ketersediaan dan Serapan Hara Pada Tanah Sawah Serdang Bedagai. Jurnal TALENTA Conference Series: Agricultural & Natural Resources (ANR), 1(2): 169-173.
- Nazirwan dan A. Wahyudi. 2015. Interaksi Antara Daya Tumbuh Benih dengan Pertumbuhan Tanaman Semangka pada Pemupukan Organik dan Anorganik. Jurnal Penelitian Pertanian Terapan, 15(3): 208-213.

- Neoriky, R., Lukiwati D.R., dan Kusmiyati F. 2017. Pengaruh Pemberian Pupuk Anorganik dan Organik diperkaya N, P Organik terhadap Serapan Hara Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L). Jurnal Agro Complex, 1(2): 72-77.
- Ni'mah, F. 2016. Pengaruh Pupuk Kandang dan Tanaman Pionir untuk Perbaikan Sifat Kimia Bahan Letusan Gunung Kelud. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.
- Nugroho, W. S. 2015. Penetapan Standar Warna Daun Sebagai Upaya Identifikasi Status Hara (N) Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) pada Tanah Regosol. Jurnal Agro Science: Planta Tropica, 3(1):8-15.
- Nurahmi, E. 2009. Efek Residu Pemupukan Organik dan Anorganik untuk Pertumbuhan Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.) pada Tanah Bekas Tsunami. Jurnal Agrista, 13(2): 90-97.
- Nurlaeny, N., Saribun dan Hudaya. 2012. Pengaruh Kombinasi Abu Vulkanik Merapi, Pupuk Organik dan Tanah Mineral terhadap Sifat Fisiko-Kimia Media Tanam serta Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik: Bionatura, 14(3): 184 – 191.
- Nuryani, S., Muhsin H., dan Nasih W. Y. 2010. Serapan Hara N, P, K pada Tanaman Padi dengan Berbagai Lama Penggunaan Pupuk Organik pada Vertisol Sragen. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan, 10(1): 1-13.
- Nyinareza, J and Snapp S. 2007. Integrated Management of Inorganic and Organic Nitrogen and Efficiency in Potato Systems. Jurnal Soil Science Society of America, 71: 1508-1515.
- Nziguheba, G., Roel M., Palm C. A., dan Mutuo. 2002. Combining *Tithonia diversifolia* and Fertilizers for Maize Production in A Phosphorus Deficient Soil in Kenya. Journal Agroforestry Systems, 55(3): 165-174.
- Patti, P. S., Kaya E., dan Silahooy Ch. 2013. Analisis Status Nitrogen Tanah dalam Kaitannya dengan Serapan N oleh Tanaman Padi Sawah Di Desa Waimital, Kecamatan Kairatu, Kabupaten Seram Bagian Barat. Jurnal Agrologia, 2(1):51-58.
- Prasetyo, R. 2014. Pemanfaatan Berbagai Sumber Pupuk Kandang sebagai Sumber N dalam Budidaya Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) di Tanah Berpasir. Jurnal Ilmu Agro Planta Tropica, 2(2): 125-132.
- Rahayu, D.P., Ariyanto, Komariah, Hartati S., Syamsiyah J., dan Dewi W.S. 2014 Dampak Erupsi Gunung Merapi Terhadap Lahan Dan Upaya-Upaya Pemulihannya. Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Caraka Tani, 29(1): 61-72.
- Sarjono, H. dan Julianita W. 2013. SPSS VS Lisrel Jilid 2. Surabaya: Salemba Press.
- Sarno. 2009. Pengaruh Kombinasi NPK dan Pupuk Kandang terhadap Sifat Tanah dan Pertumbuhan serta Produksi Tanaman Caisim. Jurnal Tanah Tropika, 14(3): 211-219.

- Sudaryo dan Sucipto. 2009. Identifikasi dan Penentuan Logam Berat pada Tanah Vulkanik di Daerah Cangkringan, Kabupaten Sleman dengan Metode Analisis Aktivasi Neutron Cepat. Seminar Nasional V SDM Teknologi, Yogyakarta.
- Sudiarto dan Gusmaini. 2004. Pemanfaatan Bahan Organik in situ untuk Efisiensi Budidaya Jahe yang Berkelanjutan. *Jurnal Litbang Pertanian*, 23(2): 37-45.
- Suge, J.K., Omunyin, dan Omami. 2011. Effect of Organic and Inorganic Sources of Fertilizer on Growth, Yield and Fruit Quality of Eggplant (*Solanum melongena* L.). *Journal Archives of Applied Science Research*, 3(6): 470-479.
- Sukarman dan Suparto. 2015. Sebaran dan Karakteristik Material Vulkanik Hasil Erupsi Gunung Sinabung di Sumatera Utara. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 39(1): 9-18.
- Sulaeman, Y., Maswar, dan Deddy. 2017. Pengaruh Kombinasi Pupuk Organik dan Anorganik Terhadap Sifat Kimia Tanah, dan Hasil Tanaman Jagung di Lahan Kering Masam. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 20(1): 1-12.
- Suntoro, Sudadi, H. Widijanto, dan Utami G.N.W. 2016. Pengaruh Abu Vulkanik Kelud dan Pupuk Kandang terhadap Ketersediaan dan Serapan Kalium pada Jagung di Tanah Alfisol. *Jurnal Agrosains*, 18(1): 18-21.
- Suntoro, H. Widijanto, Sudadi, dan Sambodo E.E. 2014. The impact of Volcanic Ash of Kelud Eruption and Manure on Availability and Magnesium Uptake of Corn in Alfisols. *Journal Soil Science*, 2(11): 69-76.
- Suprpto, A., Historiawati dan Budi A. S. 2017. Peranan Macam Bahan Organik dan Jarak Tanam pada Tanaman Bawang Merah (*Allium cepa fa. ascalonicum*, L.) Di Lahan Pasir Erupsi Merapi. *Jurnal Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika*, 2(1): 34-36.
- Suriadikarta. D. A. 2011. Teknologi Pengelolaan Lahan Gambut yang Berkelanjutan. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 6(1): 716-736.
- Susilawati, Siti N., dan Sefanadia P. 2008. Karakteristik Sifat Fisik dan Kimia Ubi Kayu (*Manihot esculenta*) berdasarkan Lokasi Penanaman dan Umur Panen Berbeda. *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*, 13(2): 59-72.
- Syiko, S.F., Rachmawati T.A., dan Rachmansyah A. 2014. Analisis Resiko Bencana Sebelum dan Setelah Letusan Gunung Kelud. *Jurnal Pembangunan Alam Lestari*, 5(2): 22-29.
- Tampubulon, B., Lumbanraja P., dan Tindaon F. 2014. Karakterisasi dan Remediasi Lahan Pertanian Pasca Erupsi Gunung Sinabung Tanah Karo. Laporan Penelitian Fundamental DIKTI. Medan: Universitas HKBP Nommensen.
- Tanto, T.R. 2019. Aplikasi Bahan Organik dengan Berbagai Dosis Pupuk Anorganik untuk Meningkatkan Unsur Hara N, P, dan K pada Bahan Letusan Gunung Kelud. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.

- Utami, S.N.H., Maas A., Darmanto, Jayadi R., Martono E., Purwanto B.H., Kusumandari, Murdjito G., Marwasta D., Jamhari, dan Kastono D. 2011. Pengelolaan Lahan Kawasan Lereng Merapi Pasca Erupsi 2010. Dalam Prosiding Simposium Gunung Merapi. 21 Februari 2011. Yogyakarta, Indonesia.
- Utami, S.R., Christanti A., Kurniawan S.W., B.D. Prasajo, dan Hana H. 2017. Utilization of Locally Available Organic Matter to Improve Chemical Properties of Pyroclastic Materials from Mt. Kelud of East Java. *Journal Of Degraded And Mining Lands Management*, 4(2): 717-721.
- Utomo, W.Y., Eva S.B., dan Isman N. 2014. Keragaan Beberapa Varietas Pak Choi (*Brassica rapa* L. ssp. *chinensis* (L.)) pada Dua Jenis Larutan Hara dengan Metode Hidroponik Terapung. *Jurnal Agroekoteknologi*, 2(4): 1661-1666.
- Wahyudi. 2010. Kandungan Unsur Hara Tanah dan Tanaman Selada pada Tanah Bekas Tsunami Akibat Pemberian Pupuk Organik dan Anorganik. *Jurnal Floratek*, 5: 74-85.
- _____. 2014. Teknik Konservasi Tanah serta Implementasinya pada Lahan Terdegradasi dalam Kawasan Hutan. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 6(2): 71-85.
- Wahyuni, E. T., Sugeng T., dan Suherman. 2012. Penentuan Komposisi Kimia Abu Vulkanik dari Erupsi Gunung Merapi. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 19(2): 150-159.
- Wahyuningsih, Elly P., dan Murni D. 2016. Serapan Fosfor dan Pertumbuhan Kedelai (*Glycine max*) pada Tanah Ultisol dengan Pemberian Asam Humat. *Jurnal Biosfera*, 33(2): 66-70.
- Winarni, E., Rita D. R., dan Indah R. 2013. Pengaruh Jenis Pupuk Organik terhadap Pertumbuhan Tanaman Kopi. *Jurnal Momentum*, 9(1): 35-39.
- Yulia, A., dan Murniati. 2010. Aplikasi Pupuk Organik pada Tanaman Caisim untuk Dua Kali Penanaman. *Jurnal Teknobiologi*, 1(2): 19-26.
- Yulnafatmawati, R. C., Naldo, dan Rasyidin A. 2012. Analisis Sifat Fisika Ultisol Tiga Tahun setelah Pemberian Bahan Organik Segar di Daerah Basah Tropis Sumatera Barat. *Jurnal Solum*, 9(2): 91-97.
- Yusanto, N. 2009. Analisis Sifat Fisik Kimia dan Kesuburan Tanah Pada Lokasi Rencana Hutan Tanaman Industri PT Prima Multibuwana. *Jurnal Hutan Tropis Borneo*, 10(27): 222-229.
- Yuwono, M., Basuki, A., dan Agustin L. 2012. Pertumbuhan dan Hasil Ubi Jalar (*Ipomoea batatas* L.) pada Macam dan Dosis Pupuk Organik yang Berbeda terhadap Pupuk Anorganik. Yogyakarta: Kanisius.
- Zuraida. 1999. Penggunaan Abu Volkan sebagai Amelioran pada Tanah Gambut dan Pengaruhnya terhadap Sifat Kimia Tanah dan Pertumbuhan Jagung. Thesis. Institut Pertanian Bogor.
- Zorita, D., Grov J. H., dan Perfect E. 2005. Soil Fragment Size Distribution and Compactive Effort Effects on Maize Root Seedling Elongation in Moist Soil. *Journal Crop Science*, 45:1417- 1426.