

**PENGARUH BESI (Fe) DAN BAHAN ORGANIK TERHADAP
PERILAKU PERTUKARAN KALIUM (K) PADA
TANAH ULTISOL NATAR**

(Skripsi)

Oleh

Silvi Oktavia Suri
NPM 1614121037



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

ABSTRAK

PENGARUH BESI (Fe) DAN BAHAN ORGANIK TERHADAP PERILAKU PERTUKARAN KALIUM (K) PADA TANAH ULTISOL NATAR

Oleh

SILVI OKTAVIA SURI

Tanah Ultisol memiliki ketersediaan (K^+) yang rendah akibat kandungan ion Fe yang tinggi. Dalam mengatasi hal tersebut dapat dilakukan dengan penambahan bahan organik. Metode *Quantity-Intensity* (Q/I) digunakan untuk mempelajari perilaku pertukaran K^+ akibat pemberian Fe dan bahan organik dalam tanah. Tujuan penelitian ini adalah mempelajari perilaku pertukaran K^+ (CR_K^0 , PBC_K , ΔK^0 , K_G) akibat penambahan Fe dan bahan organik pada tanah Ultisol. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Tanah Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Perlakuan yang diterapkan terdiri atas 5 perlakuan: (1) Tanah = 100% T; (2) Tanah + $FeCl_3$ = 98% T + 2% Fe; (3) Tanah + $FeCl_3$ + BO = 93% T + 2% Fe + 5% BO; (4) Tanah + Konkresi = 80% T + 20% K; (5) Tanah + Konkresi + BO = 75% T + 20% K + 5% BO. Larutan seri yang digunakan terbuat dari KCl 100 mmol L^{-1} dan $CaCl_2$ 1000 mmol L^{-1} yang terdiri dari T1 = 0 mmol L^{-1} KCl + 5 mmol L^{-1} $CaCl_2$, T2 = 0,5 mmol L^{-1} KCl + 5 mmol L^{-1} $CaCl_2$, T3 = 1,0 mmol L^{-1} KCl + 5 mmol L^{-1} $CaCl_2$, T4 = 1,5 mmol L^{-1} KCl + 5 mmol L^{-1} $CaCl_2$, T5 = 2,0 mmol L^{-1} KCl + 5 mmol L^{-1} $CaCl_2$, dan T6 = 3,0 mmol L^{-1} KCl + 5 mmol L^{-1} $CaCl_2$. Data yang diperoleh diuji dengan Uji *student-t* pada taraf nyata 5%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa: (1) Penambahan Fe pada tanah Ultisol berpengaruh nyata menurunkan Kapasitas Penyangga kalium (PBC_K), Kesetimbangan Adsorpsi K^+ (ΔK^0), Koefisien Gapon (K_G), dan nisbah konsentrasi (CR_K^0) juga menurun. (2) Pemberian Konkresi besi pada tanah Ultisol berpengaruh nyata menurunkan *Potential Buffering Capacity* kalium (PBC_K), Kesetimbangan adsorpsi K^+ (ΔK^0), Koefisien Gapon (K_G) serta meningkatkan nisbah konsentrasi (CR_K^0). (3) Pemberian Bahan organik yang diberikan pada tanah Ultisol meningkatkan *Potential Buffering Capacity* kalium

(PBC_{K^+}), Kesetimbangan adsorpsi K^+ (ΔK^0), dan Koefisien Gapon (K_G), serta menurunkan Concentration Ratio (CR_{K^+}).

Kata kunci: Bahan organik, kalium, konkresi besi, *Quantity-Intensity* (Q/I), Ultisol.

**PENGARUH BESI (Fe) DAN BAHAN ORGANIK TERHADAP
PERILAKU PERTUKARAN KALIUM (K) PADA
TANAH ULTISOL NATAR**

Oleh

Silvi Oktavia Suri

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN

Pada

Jurusan Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

Judul Skripsi : **PENGARUH BESI (Fe) DAN BAHAN ORGANIK TERHADAP PERILAKU PERTUKARAN KALIUM (K) PADA TANAH ULTISOL NATAR**

Nama Mahasiswa : **Silvi Oktavi Suri**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1614121037**

Program Studi : **Agroteknologi**

Fakultas : **Pertanian**



Prof. Ir. Jamalam Lumbanraja, Ph.D.
NIP 19530318 198103 1 002

Dr. Supriatin, S.P., M.Sc.
NIP 19791219 200501 2 001

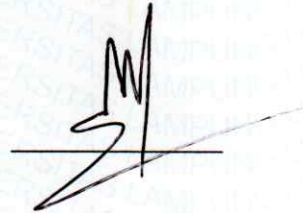
2. Ketua Jurusan Agroteknologi

Prof. Dr. Ir. Sri Yusraini, M.Si.
NIP 19630508 198811 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

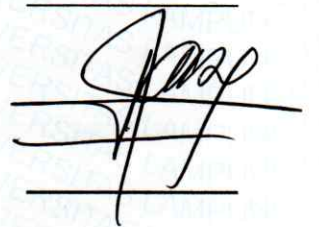
Ketua : **Prof. Ir. Jamal Lumbanraja, Ph.D.**



Sekretaris : **Dr. Supriatin, S.P., M.Sc.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Ir. Sarno, M.S.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. H. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

19611020 198603 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **28 Oktober 2021**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Pengaruh Besi (Fe) dan Bahan Organik terhadap Perilaku Pertukaran Kalium (K) pada Tanah Ultisol Natar”** merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 28 Oktober 2021

Penulis



Silvi Oktavia Suri
NPM 1614121037

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Panaragan Jaya, Kabupaten Tulang Bawang Barat pada tanggal 21 Oktober 1998 sebagai anak kedua dari tiga bersaudara pasangan Bapak Budi Setiawan dan Ibu Ratna Permoni. Pendidikan formal penulis diawali dari Taman Kanak-Kanak (TK) Melati pada 2002, kemudian melanjutkan pendidikan Sekolah Dasar di SD 04 Panaragan Jaya pada 2004 – 2010. Penulis melanjutkan pendidikan ke Sekolah Menengah Pertama Negeri 02 Tulang Bawang Tengah pada 2010 – 2013 dan Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Lampung Tumijajar pada 2013 – 2016.

Penulis melanjutkan studi di Fakultas Pertanian Program Studi Agroteknologi Strata 1 (S1) Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada 2016 dengan pilihan Ilmu Tanah sebagai konsentrasi untuk penelitian. Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di PTPN VIII Kebun Teh Malabar, Pangalengan, Jawa Barat pada Juli-Agustus 2019. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Adi Luhur, Panca Jaya, Mesuji pada Januari-Februari 2020. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten dosen mata kuliah Kimia Tanah pada semester ganjil tahun 2019/2020 dan genap 2020/2021.

Dan jangan kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tiada berputus
asa dari rahmat Allah, melainkan kaum yang kafir.
QS. Yusuf (87)

Hal yang dilakukan secara terus-menerus akan menjadi suatu kebiasaan.
Kebiasaan yang dilakukan akan tercipta sebuah karakter.

Penulis

Lakukanlah apa yang orang lain tidak lakukan, maka kamu akan mendapatkan apa
yang orang lain tidak dapatkan.

Penulis

Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya.
QS. Al-Baqarah (287)

Dengan rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa dan rasa terimakasih yang tak terhingga, karya sederhana ini kupersembahkan kepada

Kedua Orangtuaku tercinta

Bapak Budi Setiawan dan Ibu Ratna Permoni

Yang selalu memberi motivasi dan
limpahan kasih sayang dalam hidupku serta
menjadi sumber semangat dalam setiap perjalananku.

Kakakku Nidia Suri dan adikku Muhammad Rinandi

yang selalu memberi
semangat, kasih sayang, canda, dan tawa.

Prof. Dr. Ir. Jamalam Lumbanraja, M.Sc, Dr. Supriatin, S.P., M.Sc.,

dan Ir. Sarno, M.S.

yang telah membimbingku dalam penelitian ini.

Almamater tercinta

Universitas Lampung

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia dan nikmat yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Besi (Fe) dan Bahan Organik terhadap Perilaku Pertukaran Kalium (K) pada Tanah Ultisol Natar” sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Pertanian pada Jurusan.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Prof. Dr.Ir. Sri Yusnaini, M.Sc. selaku Ketua Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Prof. Ir. Jamalam Lumbanraja, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah memberikan bimbingan, nasihat, dan pengarahan kepada penulis selama melaksanakan kegiatan perkuliahan sampai penulisan skripsi.
4. Dr. Supriatin, S.P., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan, nasihat, dan pengarahan kepada penulis selama melaksanakan kegiatan perkuliahan sampai penulisan skripsi.
5. Ir. Sarno, M.S. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan bimbingan, nasihat, dan pengarahan kepada penulis selama melaksanakan kegiatan perkuliahan sampai penulisan skripsi.
6. Ir. Hery Novpriansyah, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan, nasihat, dan pengarahan kepada penulis selama melaksanakan kegiatan perkuliahan sampai penulisan skripsi.

7. Kedua orang tua penulis bapak Budi Setiawan dan ibu Ratna Permoni serta kakak saya Nidia Suri dan adik saya Muhammad Rinandi yang telah memberikan segala kasih sayang, dorongan moril, materil dan doa kepada penulis selama menyelesaikan proses perkuliahan.
8. Kepada Romando Lumbanraja, S.P. dan Tio Ramdoni, S.P. yang selalu memberi semangat, bantuan dan motivasi dalam pelaksanaan penelitian sampai penyelesaian skripsi
9. Kepada teman-teman seperjuangan di perkuliahan; Etika Putri, Efridini Ranisa Putri, Myranda Naibaho, Delfa Novprianti dan teman-teman seperjuangan di komunitas The A Team Forbid khususnya Fajar, Opik, Satria Wijaya, S.P., Adnan Bahrul Ulum, S.TEP., Krishnayana WiraKesuma, S.E., Erlinda, yang selalu memberi semangat, bantuan dan motivasi.
10. Kepada Wiwik Agustina, S.P., Anna Febrianti Wulandari, S.Si., Ibu Tus, Mas Adi yang selalu memberi bantuan dan bimbingan selama penelitian sehingga penulisan skripsi ini berjalan dengan lancar.
11. Teman-teman Agroteknologi A dan Agroteknologi 2016

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Bandar Lampung, 28 Oktober 2021

Penulis

Silvi Oktavia Suri

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Kerangka Pemikiran	4
1.5 Hipotesis.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tanah Ultisol	7
2.2 Kalium (K).....	8
2.3 Pengaruh Bahan Organik terhadap Perilaku Pertukaran K di dalam Tanah	9
2.4 Pengaruh Besi (Fe) terhadap Perilaku Pertukaran K di dalam Tanah.....	10
III. BAHAN DAN METODE	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	12
3.2 Bahan dan Alat	12
3.2.1 Alat	12
3.2.2 Bahan	12
3.3 Metode Penelitian.....	12
3.4 Pelaksanaan Penelitian	13
3.4.1 Persiapan Penelitian.....	13
3.4.2 Penerapan Perlakuan.....	14
3.4.3 Pembuatan Larutan KCl 100 mmol L ⁻¹ dan Larutan CaCl ₂ 100 mmol L ⁻¹	14
3.4.4 Pencucian Perlakuan menggunakan CaCl ₂	14
3.4.5 Pembuatan Larutan Seri.....	15
3.5 Analisis Quantity/Intensity (Q/I) K ⁺	15

3.6	Pengamatan.....	17
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Karakteristik Kimia Tanah Ultisol Natar.....	18
4.2	Verifikasi Metode <i>Quantity-Intensity</i> (Q/I) Kalium	20
4.3	Pengaruh Fe dan Bahan Organik terhadap <i>Quantity-Intensity</i> (Q/I) Kalium di Tanah Ultisol Natar	23
4.4	Signifikansi Parameter Q/I K ⁺	27
V. SIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Simpulan	29
5.2	Saran	29
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1.	Larutan Seri	15
2.	Hasil Analisis KTK (Kapasitas Tukar Kation) Perlakuan.....	19
3.	Nilai parameter Q/I pada perlakuan yang dicuci CaCl ₂ dan tanpa pencucian CaCl ₂	21
4.	Uji beda nyata parameter pengamatan PBC _K , ΔK ⁰ , dan CR _K ⁰ antar perlakuan (Tanah + FeCl ₃ + BO) yang dicuci dengan CaCl ₂ dan tanpa pencucian CaCl ₂ dan (Tanah + Konkresi + BO) yang dicuci dengan CaCl ₂ dan tanpa pencucian CaCl ₂	22
5.	Nilai parameter Q/I Perlakuan.....	26
6.	Uji beda nyata parameter pengamatan PBC _K , ΔK ⁰ , dan CR _K ⁰ antar perlakuan.	28
7.	Kriteria Penelitian Hasil Analisis Tanah	35
8.	Parameter K, CR _K dan Ca pada perlakuan Tanah (T)	36
9.	Parameter PBC _K , CR _K ⁰ , ΔK ⁰ , dan K _G pada perlakuan Tanah (T)	37
10.	Parameter K, CR _K dan Ca pada perlakuan Tanah + FeCl ₃ (TF).....	38
11.	Parameter PBC _K , CR _K ⁰ , ΔK ⁰ , dan K _G pada perlakuan Tanah + FeCl ₃ (TF).....	39
12.	Parameter K, CR _K dan Ca pada perlakuan Tanah + Konkresi (TK) .	40
13.	Parameter PBC _K , CR _K ⁰ , ΔK ⁰ , dan K _G pada perlakuan Tanah + Konkresi (TK)	41
14.	Parameter K, CR _K dan Ca pada perlakuan Tanah + FeCl ₃ + BO (TFBO)	42
15.	Parameter PBC _K , CR _K ⁰ , ΔK ⁰ , dan K _G pada perlakuan Tanah + FeCl ₃ + BO (TFBO).....	43

16.	Parameter K, CR_K dan Ca pada perlakuan Tanah + Konkresi + BO (TKBO).....	44
17.	Parameter PBC_K , CR_K^0 , ΔK^0 , dan K_G pada perlakuan Tanah + Konkresi + BO (TKBO).....	45
18.	Parameter K, CR_K dan Ca pada perlakuan Tanah + $FeCl_3$ + BO (TFBO) (3x dicuci $CaCl_2$).....	46
19.	Parameter PBC_K , CR_K^0 , ΔK^0 , dan K_G pada perlakuan Tanah + $FeCl_3$ + BO (TFBO) (3x dicuci $CaCl_2$).....	47
20.	Parameter K, CR_K dan Ca pada perlakuan Tanah + Konkresi + BO (TKBO) (3x dicuci $CaCl_2$).....	48
21.	Parameter PBC_K , CR_K^0 , ΔK^0 , dan K_G pada perlakuan Tanah + Konkresi + BO (TKBO) (3x dicuci $CaCl_2$).....	49
22.	Uji <i>student-t</i> PBC_K perlakuan Tanah (T) dengan perlakuan Tanah + $FeCl_3$ (TF).....	50
23.	Uji <i>student-t</i> PBC_K perlakuan Tanah (T) dengan perlakuan Tanah + Konkresi (TK)	50
24.	Uji <i>student-t</i> PBC_K perlakuan Tanah (T) dengan perlakuan Tanah + $FeCl_3$ + BO (TFBO) (3x dicuci $CaCl_2$).....	50
25.	Uji <i>student-t</i> PBC_K perlakuan Tanah (T) dengan perlakuan Tanah + Konkresi + BO (TFBO) (3x dicuci $CaCl_2$).....	51
26.	Uji <i>student-t</i> ΔK^0 perlakuan Tanah(T) dengan perlakuan Tanah + $FeCl_3$ (TF).....	51
27.	Uji <i>student-t</i> ΔK^0 perlakuan Tanah (T) dengan perlakuan Tanah + Konkresi (TK)	51
28.	Uji <i>student-t</i> ΔK^0 perlakuan Tanah (T) dengan perlakuan Tanah + $FeCl_3$ + BO (TFBO) (3x dicuci $CaCl_2$).....	52
29.	Uji <i>student-t</i> ΔNH_4^0 perlakuan Tanah (T) dengan perlakuan Tanah + Konkresi + BO (TKBO) (3x dicuci $CaCl_2$).....	52
30.	Uji <i>student-t</i> CR_K^0 perlakuan Tanah (T) dengan perlakuan Tanah + $FeCl_3$ (TF).....	52
31.	Uji <i>student-t</i> CR_K^0 perlakuan Tanah (T) dengan perlakuan Tanah + Konkresi (TK)	53
32.	Uji <i>student-t</i> CR_K^0 perlakuan Tanah (T) dengan perlakuan Tanah + $FeCl_3$ + BO (TFBO) (3x dicuci $CaCl_2$).....	53
33.	Uji <i>student-t</i> CR_K^0 perlakuan Tanah (T) dengan perlakuan Tanah + Konkresi + BO (TKBO) (3x dicuci $CaCl_2$).....	53

34.	Uji <i>student-t</i> PBC_K perlakuan Tanah + $FeCl_3$ (TF) dengan perlakuan Tanah + Konkresi (TK).....	54
35.	Uji <i>student-t</i> PBC_{NH_4} perlakuan Tanah + $FeCl_3$ (TF) dengan perlakuan Tanah + $FeCl_3$ + BO (TFBO) (3x dicuci $CaCl_2$)	54
36.	Uji <i>student-t</i> PBC_{NH_4} perlakuan Tanah + $FeCl_3$ (TF) dengan perlakuan Tanah + Konkresi + BO (TKBO) (3x dicuci $CaCl_2$)	54
37.	Uji <i>student-t</i> ΔK^0 perlakuan Tanah + $FeCl_3$ (TF) dengan perlakuan Tanah + Konkresi (TK)	55
38.	Uji <i>student-t</i> ΔK^0 perlakuan Tanah + $FeCl_3$ (TF) dengan perlakuan Tanah + $FeCl_3$ + BO (TFBO) (3x dicuci $CaCl_2$)	55
39.	Uji <i>student-t</i> ΔK^0 perlakuan Tanah + $FeCl_3$ (TF) dengan perlakuan Tanah + Konkresi + BO (TKBO) (3x dicuci $CaCl_2$)	55
40.	Uji <i>student-t</i> CR_K^0 perlakuan Tanah + $FeCl_3$ (TF) dengan perlakuan Tanah + Konkresi (TK)	56
41.	Uji <i>student-t</i> CR_K^0 perlakuan Tanah + $FeCl_3$ (TF) dengan perlakuan Tanah + $FeCl_3$ + BO (TFBO) (3x dicuci $CaCl_2$)	56
42.	Uji <i>student-t</i> CR_K^0 perlakuan Tanah + $FeCl_3$ (TF) dengan perlakuan Tanah + Konkresi + BO (TFBO) (3x dicuci $CaCl_2$).....	56
43.	Uji <i>student-t</i> PBC_K perlakuan Tanah + Konkresi (TK) dengan Perlakuan Tanah + $FeCl_3$ + BO (TFBO) (3x dicuci $CaCl_2$)	57
44.	Uji <i>student-t</i> PBC_K perlakuan Tanah + Konkresi (TK) dengan Perlakuan Tanah + Konkresi + BO (TKBO) (3x dicuci $CaCl_2$)	57
45.	Uji <i>student-t</i> ΔK^0 perlakuan Tanah + Konkresi (TK) dengan perlakuan Tanah + $FeCl_3$ + BO (TFBO) (3x dicuci $CaCl_2$)	57
46.	Uji <i>student-t</i> ΔK^0 perlakuan Tanah + Konkresi (TK) dengan perlakuan Tanah + Konkresi + BO (TKBO) (3x dicuci $CaCl_2$)	58
47.	Uji <i>student-t</i> CR_K^0 perlakuan Tanah + Konkresi (TK) dengan Perlakuan Tanah + $FeCl_3$ + BO (TFBO) (3x dicuci $CaCl_2$)	58
48.	Uji <i>student-t</i> CR_K^0 perlakuan Tanah + Konkresi (TK) dengan Perlakuan Tanah + Konkresi + BO (TKBO) (3x dicuci $CaCl_2$)	58
49.	Uji <i>student-t</i> PBC_K perlakuan Tanah + $FeCl_3$ + BO (TFBO) (3x dicuci $CaCl_2$) dengan perlakuan Tanah + Konkresi + BO (TKBO) (3x dicuci $CaCl_2$).....	59
50.	Uji <i>student-t</i> ΔK^0 perlakuan Tanah + $FeCl_3$ + BO (TFBO) (3x dicuci $CaCl_2$) dengan perlakuan Tanah + Konkresi + BO (TKBO) (3x dicuci $CaCl_2$).....	59

51.	Uji <i>student-t</i> CR_K^0 perlakuan Tanah + $FeCl_3$ + BO (TFBO) (3x dicuci $CaCl_2$) dengan perlakuan Tanah + Konkresi + BO (TKBO) (3x dicuci $CaCl_2$).....	59
52.	Uji <i>student-t</i> PBC_K perlakuan Tanah + $FeCl_3$ + BO (TFBO) (3x dicuci $CaCl_2$) dengan perlakuan Tanah + $FeCl_3$ + BO (TFBO) ..	60
53.	Uji <i>student-t</i> ΔK^0 perlakuan Tanah + $FeCl_3$ + BO (TFBO) (3x dicuci $CaCl_2$) dengan perlakuan Tanah + $FeCl_3$ + BO (TFBO) ..	60
54.	Uji <i>student-t</i> CR_K^0 perlakuan Tanah + $FeCl_3$ + BO (TFBO) (3x dicuci $CaCl_2$) dengan perlakuan Tanah + $FeCl_3$ + BO (TFBO) ..	60
55.	Uji <i>student-t</i> PBC_K perlakuan Tanah + Konkresi + BO (TKBO) (3x dicuci $CaCl_2$) dengan perlakuan Tanah + Konkresi +BO (TKBO)	61
56.	Uji <i>student-t</i> ΔK^0 perlakuan Tanah + Konkresi + BO (TKBO) (3x dicuci $CaCl_2$) dengan perlakuan Tanah + Konkresi + BO (TKBO)	61
57.	Uji <i>student-t</i> CR_K^0 perlakuan Tanah + Konkresi + BO (TKBO) (3x dicuci $CaCl_2$) dengan perlakuan Tanah + Konkresi + BO (TKBO)	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kurva Q/I yang ideal (Beckett, 1968).....	4
2. Reaksi Keseimbangan K dalam Tanah	11
3. Kurva Q/I K pada Tanah Ultisol Natar. A. Tanah + FeCl ₃ + BO; B. Tanah + FeCl ₃ + BO (3x dicuci CaCl ₂); C. Tanah + Konkresi + BO; D. Tanah + Konkresi + BO (3x dicuci CaCl ₂). CR _K : konsentrasi rasio; ΔK: Jumlah K ⁺ yang dijerap atau dilepas ditanah.	20
4. Kurva Q/I K pada Tanah Ultisol Natar. A. Tanah; B. Tanah + FeCl ₃ ; C. Tanah + Konkresi; D. Tanah + FeCl ₃ + BO (3x dicuci CaCl ₂); E. Tanah + Konkresi + BO (3x dicuci CaCl ₂), CR _K : konsentrasi rasio; ΔK: Jumlah K ⁺ yang dijerap atau dilepas ditanah.	29
5. Hubungan antara CR _K ⁰ dengan ΔK dalam larutan kesetimbangan perlakuan Tanah (a: ulangan 1 dan b: ulangan 2).....	38
6. Hubungan antara CR _K ⁰ dengan ΔK dalam larutan kesetimbangan perlakuan Tanah + FeCl ₃ (a: ulangan 1 dan b: ulangan 2).....	40
7. Hubungan antara CR _K ⁰ dengan ΔK dalam larutan kesetimbangan perlakuan Tanah + Konkresi (a: ulangan 1 dan b: ulangan 2).....	42
8. Hubungan antara CR _K ⁰ dengan ΔK dalam larutan kesetimbangan perlakuan Tanah + FeCl ₃ + BO (a: ulangan 1 dan b: ulangan 2).....	44
9. Hubungan antara CR _K ⁰ dengan ΔK dalam larutan kesetimbangan perlakuan Tanah + Konkresi + BO (a: ulangan 1 dan b: ulangan 2).....	46
10. Hubungan antara CR _K ⁰ dengan ΔK dalam larutan	

kesetimbangan perlakuan Tanah + FeCl ₃ + BO (3x dicuci CaCl ₂) (a: ulangan 1 dan b: ulangan 2).....	48
11. Hubungan antara CR _K ⁰ dengan ΔK dalam larutan kesetimbangan perlakuan Tanah + Konkresi + BO (3x dicuci CaCl ₂) (a: ulangan 1 dan b: ulangan 2).....	50

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah Ultisol merupakan salah satu jenis tanah di Indonesia yang mempunyai sebaran luas mencapai 45.794.000 ha atau sekitar 25% dari total luas daratan Indonesia. Sebaran terluas terdapat di Kalimantan (21.938.000 ha), diikuti di Sumatera (9.469.000 ha), Maluku dan Papua (8.859.000 ha), Sulawesi (4.303.000 ha), Jawa (1.172.000 ha), dan Nusa Tenggara (53.000 ha) (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006).

Ditinjau dari luasnya, tanah Ultisol mempunyai potensi yang tinggi untuk pengembangan pertanian lahan kering. Namun demikian, pemanfaatan tanah ini menghadapi kendala karakteristik tanah yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman terutama tanaman pangan bila tidak dikelola dengan baik (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006). Kendala tersebut diantaranya, bahan organik rendah sampai sedang, kemasaman Al dapat ditukar (Al_d) tinggi, kandungan unsur hara , N, P, K rendah, nilai kapasitas tukar kation (KTK) dan kejenuhan basa (KB) rendah dan sangat peka erosi. Walaupun tanah Ultisol ini mempunyai sifat kimia yang kurang baik, tetapi jika dilakukan pengelolaan tanah yang sesuai bisa berproduksi secara optimal (Handayani dan Karnilawati, 2018).

Hardjowigeno (1993) melaporkan bahwa tanah Ultisol memiliki unsur hara makro seperti fosfor dan kalium yang sering kahat dan merupakan sifat tanah Ultisol yang sering menghambat pertumbuhan tanaman. Kendala lain pada tanah Ultisol yang sering dijumpai adalah adanya konkresi atau fragmentasi batu batuan dalam

tanah. Konkresi merupakan hasil reaksi oksidasi dan reduksi dalam tanah. Konkresi besi (Fe) ditandai dengan warna kemerahan yang menunjukkan bahwa terdapat kandungan Fe yang tinggi (Utomo dkk., 2017).

Masalah lain pada tanah Ultisol yaitu kandungan bahan organik rendah karena proses dekomposisi berjalan cepat dan sebagian terbawa erosi. Bahan organik yang rendah pada tanah Ultisol menyebabkan kandungan kalium (K) rendah dalam tanah. Hal ini disebabkan karena kandungan bahan organik yang rendah mengakibatkan KTK tanah rendah dan kapasitas penyangga K rendah, sehingga K di dalam tanah mudah hilang melalui pencucian (Subandi, 2007). Ketersediaan K dalam tanah sangat dipengaruhi oleh faktor kuantitas, intensitas kalium (Lumbanraja, 2017), dan kapasitas penyangga kalium atau *potential buffering capacity* (PBC_K) (Hunsigi, 2011). Kuantitas (Q) adalah fraksi labil kalium yang diadsorpsi oleh tanah, sedangkan intensitas (I) kalium adalah jumlah kalium yang berkompetisi dengan kation lain di dalam larutan tanah. Berdasarkan hubungan kuantitas dan intensitas (Q/I) tersebut akan diketahui potensi penyangga kalium (PBC_K) yang merupakan kemampuan tanah untuk mempertahankan jumlah kalium tersedia di dalam tanah terhadap pengurangan dan penambahan kalium (Shengxiang, 1998).

Peningkatan produktivitas tanah Ultisol salah satunya yaitu dengan pemberian bahan organik. Bahan organik ini dapat meningkatkan kesuburan tanah dan mempunyai peran penting dalam memperbaiki sifat kimia tanah. Bahan organik tanah melalui fraksi-fraksinya mempunyai pengaruh nyata terhadap pergerakan dan pencucian hara (Subowo dkk, 1990). Penambahan bahan organik pada tanah Ultisol menyebabkan K^+ pada larutan tanah semakin meningkat, karna bahan organik mengandung garam garam K^+ yang mudah larut.

Reaksi pertukaran kation didominasi oleh perilaku K di dalam tanah. Terjadi keseimbangan yang cepat antara K tertukar dengan K larutan tanah, K tertukar menjadi penyangga yang akan mengisi K dalam larutan tanah. Kalium dalam larutan tanah dan K tertukar dipengaruhi oleh jenis dan jumlah kation yang lain

serta sifat dari kompleks pertukaran tanah. Ion K^+ dijerap lebih lemah dibandingkan kation polivalen lainnya dengan deret Lyotropik $Fe^{3+} > Al^{3+} > Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+ = NH_4^+ > Na^+$ (Tan, 1998). Ion Fe^{3+} akan mengusir K^+ dalam tanah dan menggantikan K^+ , karena kekuatan absorpsi Fe^{3+} lebih besar dibandingkan dengan K^+ . Hal ini dikarenakan semakin besar muatan valensi kation, maka semakin besar dijerap oleh koloid tanah. Ion logam Fe dan Al bervalensi tiga, lalu diikuti oleh kation Ca dan Mg yang bervalensi dua, sedangkan K^+ bervalensi satu sehingga jerapan kompetisi penjerapan kation pada K^+ lebih kecil dibandingkan dengan kation Fe, Al, dan Mg.

Dalam hubungan ini, perlu dilakukan penelitian tentang perilaku pertukaran K pada Tanah Ultisol akibat penambahan besi (Fe) dan bahan organik. Parameter-parameter yang digunakan untuk mengukur perilaku pertukaran K yaitu *potential buffering capacity* (PBC_K), *Concentration Ratio K* (CR_K^0), keseimbangan K^+ (ΔK^0), dan koefisien Gapon (K_G). *Potential buffering capacity* (PBC_K) menunjukkan kemampuan penjerapan K^+ yang tidak mudah lepas pada koloid tanah. Nilai PBC_K dan Koefisien Gapon (K_G) berbanding lurus, dimana K_G merupakan daya jerap tanah atau kekuatan ikatan tanah terhadap K^+ . *Concentration Ratio K* (CR_K^0) menggambarkan Intensitas K^+ dalam keadaan setimbang. Sedangkan ΔK^0 merupakan nilai yang mencerminkan K^+ pada koloid tanah pada keadaan setimbang.

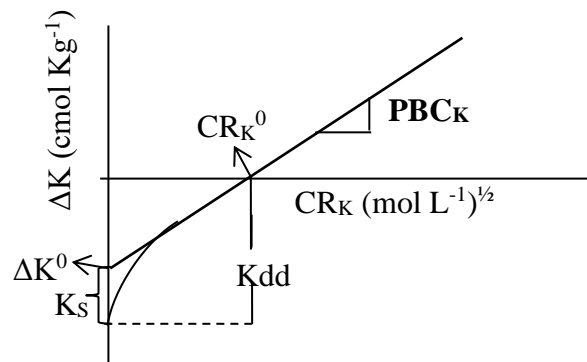
1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah apakah perilaku pertukaran K (PBC_K , CR_K^0 , ΔK^0 , K_G) dipengaruhi oleh keberadaan Fe dan bahan organik dalam tanah Ultisol?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, penelitian ini dilakukan dengan tujuan yaitu mempelajari perilaku pertukaran K (PBC_K , CR_K^0 , ΔK^0 , K_G) akibat penambahan Fe dan bahan organik pada tanah Ultisol.

1.4 Kerangka Pemikiran



Gambar 1. Kurva ideal Q/I (Beckett, 1964); ΔK : Jumlah K yang dijerap atau pelepasan K dari tanah, CR_K : Konsentrasi rasio, CR_K^0 : Keseimbangan Konsentrasi rasio ΔK^0 : Kedudukan non-spesifik K, PBC_K : Kapasitas penyangga K, Kdd : K dapat ditukar, K_S : Kedudukan spesifik (= $Kdd - \Delta K_0$).

Salah satu faktor yang mempengaruhi perilaku pertukaran kalium di dalam tanah yaitu kalium yang terjerap di dalam koloid tanah (Gambar 1). Perilaku pertukaran K di dalam tanah juga dipengaruhi oleh persaingan Fe di dalam larutan tanah. Menurut (Nursyamsi dkk., 2008) pemberian Fe paling efektif dalam melepaskan K_{td} (Kalium tidak dapat ditukar) menjadi K_{dd} (Kalium dapat ditukar) dan K_l (Kalium larut) dengan tingkat kekuatan kation dalam melepaskan K tanah dari tinggi ke rendah adalah $Fe^{3+} > K^+ > Na^+$. Besi (Fe) memiliki kekuatan kation dan kelarutan lebih tinggi dibandingkan dengan K ataupun Na, sehingga Fe menempati koloid tanah yaitu menggantikan K^+ .

Semakin tinggi konsentrasi rasio K di dalam larutan tanah maka nilai PBC_K cenderung akan meningkat, dan sebaliknya jika jumlah Ca dan Mg lebih tinggi di dalam larutan tanah, maka konsentrasi rasio K akan menurun dan nilai PBC_K cenderung menurun (Beckett, 1964). Faktor selanjutnya yang mempengaruhi perilaku pertukaran kalium di dalam tanah adalah KTK yang dipengaruhi oleh jumlah bahan organik di dalam tanah. Nilai KTK berbanding lurus dengan nilai PBC_K , semakin tinggi nilai KTK tanah maka PBC_K cenderung akan meningkat (Lumbanraja dan Evangelou, 1994; Lumbanraja dkk., 1997; Lumbanraja, 2017).

Dari metode Q/I K diperoleh kurva Q/I (Gambar 1) yang digambarkan oleh hubungan antara ΔK yang dijerap koloid tanah dan CR_K sehingga diperoleh persamaan yang menggambarkan K di dalam tanah. Dimana nilai CR_K^0 pada keseimbangan saat $\Delta K = 0$, nilai ΔK_0 diperoleh pada saat $CR_K^0 = 0$, dan PBC_K dilihat dari kemiringan garis kurva. Kurva ideal Q/I menunjukkan hubungan antara kuantitas (K pada koloid tanah) dan intensitas (K di dalam larutan tanah) yaitu antara CR_K pada sumbu horizontal dan ΔK pada sumbu vertikal.

Concentration Ratio K (CR_K^0) merupakan titik perpotongan dengan sumbu x pada y (ΔK^0) = 0 yang menggambarkan intensitas K dalam keadaan setimbang atau dapat dikatakan nilai yang mencerminkan ketersediaan K untuk tanaman. Sedangkan ΔK^0 adalah titik potong garis lurus pada sumbu y (titik potong di kurva ΔK) pada sumbu x (CR_K^0) = 0 yang mencerminkan K pada koloid tanah ketika $CR_K = nol$. Semakin rendah ΔK maka semakin banyak K pada koloid tanah.

Pemberian Fe dan bahan organik mempengaruhi parameter perilaku pertukaran kalium di dalam tanah. Pada pemberian Fe, semakin tinggi kandungan Fe maka PBC_K , ΔK^0 , K_G rendah dan CR_K^0 tinggi, begitupun sebaliknya. Sedangkan pada pemberian bahan organik, semakin tinggi kandungan bahan organik maka PBC_K , ΔK^0 , K_G tinggi dan CR_K^0 rendah. Hal ini sesuai dengan Evangelou (1986) yang menyatakan bahwa daya sangga K (PBC_K) berkorelasi baik dengan K_G dan KTK. Pada umumnya, tanah Ultisol memiliki kandungan bahan organik rendah dan fraksi lempungnya beraktivitas rendah maka KTK tanah ultisol juga rendah, sehingga relatif kurang kuat memegang hara K dan karenanya unsur hara tersebut mudah tercuci (Subandi, 2007).

Pemberian bahan organik dapat mempengaruhi PBC_K dan konsentrasi K di dalam tanah. Menurut (Hanafiah, 2007) untuk mendukung ketersediaan hara kalium tanah, perlu upaya perlakuan untuk mendukung ketersediaannya. Salah satu upaya tersebut adalah dengan penambahan pupuk kandang sebagai sumber bahan organik yang secara kimia merupakan bahan yang mudah terurai melalui proses mineralisasi dan akan menyumbangkan sejumlah ion-ion hara tersedia seperti K^+ .

Tanah Ultisol umumnya mempunyai pH rendah yang menyebabkan kandungan Al, Fe, dan Mn terlarut tinggi sehingga dapat meracuni tanaman. Adanya pemberian bahan organik menyebabkan keberadaan Al dan Fe semakin rendah (Subandi, 2007).

1.5 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran, maka diperoleh hipotesis sebagai berikut :

1. Parameter PBC_K , ΔK^0 , K_G menurun dan CR_K^0 meningkat dipengaruhi oleh keberadaan Fe pada tanah Ultisol.
2. Parameter PBC_K , ΔK^0 , K_G meningkat dan CR_K^0 menurun dipengaruhi oleh keberadaan bahan organik pada tanah Ultisol.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Ultisol

Tanah Ultisol memiliki permasalahan sifat fisik dan kimia yang buruk. Umumnya tanah ini memiliki tekstur liat berat yang mengakibatkan permeabilitas tanah ini rendah. Pada klasifikasi menurut Soepraptohardjo dan Ismangun (1980), Ultisol diklasifikasikan sebagai Podsolik Merah Kuning. Pada umumnya Ultisol berwarna kuning kecoklatan hingga merah, warna tanah pada horison argilik sangat bervariasi dengan hue dari 10 YR–10 R, nilai 3–6 dan kroma 4-8. Kemasaman pada tanah ultisol menyebabkan rendahnya kandungan hara pada tanah, salah satunya yaitu kandungan P-tersedia dalam tanah Ultisol yang rendah karena ion P dalam tanah diikat oleh oksida Al dan Fe. Selain itu, kandungan unsur hara lain seperti C/N tergolong rendah (<8), serta N dan K-dd yang bervariasi sangat rendah hingga rendah berturut-turut (<0,14%) dan (<0,1 me 100 g⁻¹) (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006). Dapat diindikasikan bahwa tanah Ultisol sudah mengalami pelapukan lanjut sehingga kesuburan tanah menjadi rendah (Kusumastuti, 2014).

Tanah Ultisol merupakan salah satu ordo tanah di Indonesia yang mempunyai sebaran luas mencapai 45.794.000 ha atau sekitar 25% dari total luas daratan Indonesia (Subagyo dkk., 2004) dan sebagian besar budidaya tanaman pangan banyak dilakukan pada ordo Ultisol seperti jagung. Tanah ini memiliki kendala dalam pemanfaatannya antara lain yaitu mempunyai sifat fisik, kimia dan biologi kurang mendukung pertumbuhan tanaman. Nilai pH yang biasanya masam akan

mempengaruhi reaksi dan komponen kimia serta kesuburan tanah seperti ketersediaan unsur hara. Tanah yang memiliki pH rendah akan melarutkan Al, Fe, dan Mn yang dapat mengikat ion fosfat menjadi bentuk tidak tersedia untuk tanaman (Lumbanraja, 2017).

Tanah Ultisol merupakan tanah masam yang umumnya sudah mengalami pelapukan tingkat lanjut, sehingga tanah ini memiliki tingkat kesuburan yang rendah. Hal tersebut dicirikan dengan nilai pH rendah, kandungan C organik yang rendah, kandungan unsur hara N total, K total, P tersedia, dan KTK tanah sangat rendah serta kandungan Al cukup tinggi. Kandungan unsur Al yang cukup tinggi, sehingga mengakibatkan terjadinya keracunan bagi tanaman yang tumbuh di tanah ini. (Muchtar, 2015).

2.2 Kalium (K)

Ketersediaan K didalam tanah tergantung kepada proses dan dinamika kalium dalam tanah terutama proses jerapan dan pelepasan. Bila konsentrasi hara dalam larutan tanah meningkat (misal karena pupuk) maka hara segera dijerap oleh tanah menjadi bentuk tidak tersedia (sementara waktu), proses ini disebut sebagai jerapan (*sorption*). Sebaliknya bila konsentrasinya dalam larutan tanah turun (misal karena diserap tanaman atau tercuci) maka hara terjerap segera lepas (*release*) ke dalam larutan sehingga bisa diserap oleh tanaman, proses ini disebut sebagai pelepasan (*desorption*). Apabila proses pelepasan lebih lambat daripada proses jerapan maka ketersediaan kalium akan berkurang sehingga pertumbuhan tanaman terganggu (Nursyamsi dkk, 2007).

Fraksi liat tanah Utisol umumnya didominasi oleh mineral silikat tipe 1:1 serta oksida dan hidroksida Fe dan Al, dimana fraksi liat tersebut tergolong beraktivitas rendah dan daya memegang air juga rendah. Karena umumnya memiliki kandungan bahan organik rendah dan fraksi lempungnya beraktivitas rendah maka kapasitas tukar kation tanah (KTK) tanah ultisol juga rendah, sehingga relatif kurang kuat memegang hara tanaman dan karenanya unsur hara mudah tercuci. Tanah Podsolik atau Ultisol termasuk tanah bermuatan terubahkan (*variable*

charge), sehingga nilai KTK dapat berubah bergantung nilai pH-nya, peningkatan pH akan diikuti oleh peningkatan KTK, sehingga tanah lebih mampu mengikat hara K dan tidak mudah tercuci (Subandi, 2007).

2.3 Pengaruh Bahan Organik terhadap Perilaku Pertukaran K di dalam Tanah

Bahan organik tanah merupakan sumber unsur hara yang penting karena petani tidak dapat memberi unsur hara esensial secara lengkap (makro dan mikro) dalam bentuk pupuk anorganik untuk memenuhi kebutuhan tanaman (Utomo dkk., 2017). Tanah mengandung berbagai jenis bahan organik dalam bentuk gula dan karbohidrat, lebih kompleks lagi seperti protein, lemak, lilin dan asam organik (Schumacher, 2002). Bahan organik yang berasal dari pupuk kandang memiliki sifat yang alami dan tidak merusak tanah, menyediakan unsur hara makro (N, P, K, Ca, dan S) dan mikro (Fe, Zn, B dan Co). Sutejo (2002) mengemukakan bahwa kandungan unsur hara dari pupuk kandang ayam lebih tinggi karena bagian cair (urin) bercampur dengan bagian padat.

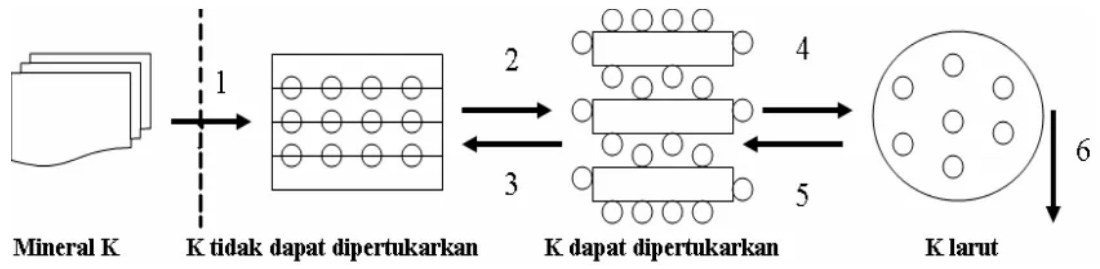
Penambahan bahan organik tanah secara langsung akan meningkatkan KTK tanah. Adanya peningkatan nilai KTK tersebut dipengaruhi oleh proses dekomposisi masing-masing bahan organik yang menghasilkan senyawa humik yang menyumbangkan koloid-koloid tanah sehingga KTK tanah akan meningkat (Siregar, 2017). Selain itu efek fisika, kimia dan biologi bahan organik telah terbukti dapat meningkatkan status kesuburan tanah. Koloid mineral mempertukarkan kation melalui substitusi isomorfik dan disosiasi dari gugus hidroksil yang terbuka (muatan tergantung pH). Semakin tinggi pH tanah, maka permukaan koloid mineral semakin didominasi ion OH⁻. Sedangkan koloid organik mampu mempertukarkan kation karena adanya gugus fungsional yang bermuatan seperti karboksil, phenolik, enol dan amida dengan tapak muatan yang jauh lebih banyak dibandingkan dengan koloid inorganik, sehingga kapasitas mempertukarkan kation semakin besar. Hal tersebut dapat memperbesar peluang kation K⁺ untuk dipertukarkan di dalam koloid tanah. Penambahan bahan organik

pada tanah yang daya sangga tanah terhadap kalium (PBC_K) rendah akan mudah tercuci, sedangkan penambahan bahan organik pada tanah yang PBC_K tinggi dapat disimpan oleh tanah untuk tanaman berikutnya (Lumbanraja, 2003).

2. 4 Pengaruh Besi (Fe) terhadap Perilaku Pertukaran K di dalam tanah

Di dalam tanah, bentuk besi dapat berbentuk konkresi besi. Konkresi adalah konsentrasi lokal berbagai senyawa kimia Fe maupun Mn yang berbentuk butirbutir atau batang-batang keras. Bentuk, besar dan warnanya berbeda-beda tergantung susunan kimianya. Konkresi Fe dan Mn merupakan campuran bahan-bahan tanah yang direkatkan oleh akumulasi oksida-oksida Fe dan Mn berwujud konkresi dalam bentuk bundar atau lonjong yang padat dan keras sebesar 0,05-20 mm. Terbentuk karena adanya reaksi reduksi dan oksidasi secara bergilir akibat turun naiknya permukaan air tanah. Makin merah warna konkresi makin besar kadar Fe-nya sedangkan makin hitam maka makin tinggi kadar Mn-nya. Seringkali konkresi terdapat sebagai sisipan dalam horizon yang mengalami gleisasi (Darmawijaya, 1997).

Pemberian kation Fe^{3+} paling efektif dalam melepaskan K-tdd (kalium tidak dapat ditukar) menjadi K-dd (kalium dapat ditukar) dan K-l (kalium larut) pada tanah Alfisols dan Vertisols dengan tingkat kekuatan kation dalam melepaskan K tanah dari tinggi ke rendah adalah $Fe^{3+} > K^+ > Na^+$. Pemberian Fe^{3+} dapat mempercepat reaksi 1 (hancuran), 2 (pelepasan), dan 4 (desorpsi) atau reaksi mengarah ke kanan dari reaksi keseimbangan K dalam tanah. Reaksi 1 merupakan hancuran mineral primer yang banyak mengandung K menjadi mineral sekunder; reaksi 2 merupakan pelepasan K dari K terfiksasi menjadi Kdd; sedangkan reaksi 4 merupakan desorpsi K dari Kdd menjadi Kl, sehingga berpeluang membebaskan K yang berada pada permukaan kompleks jerapan (Nursyamsi dkk., 2008).



Keterangan: (1) Hancuran, (2) Pelepasan, (3) Fiksasi, (4) Desorpsi, (5) Adsorpsi, (6) Serapan hara tanaman/pencucian.

Gambar 2. Reaksi Keseimbangan K dalam Tanah.

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada bulan Juni sampai dengan Oktober 2020.

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan kalium klorida (KCl) dengan konsentrasi 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0 mmol L⁻¹ dalam CaCl₂ 0,01 M, dan aquades. Bahan lain yang digunakan yaitu pupuk kandang kotoran ayam, FeCl₃, konkresi besi yang diambil dari lahan PT.GGP Lampung Tengah, dan tanah Ultisol dengan kedalaman 10-20 cm yang diambil dari Kebun Percobaan Unila di Natar Lampung Selatan.

3.2.2 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu botol film, botol pengocok, derigen 1 L, *shaker* (alat pengocok), pipet tetes, kertas saring Whatman, gelas ukur, gelas Beaker, labu ukur (100 ml, 500 ml dan 1000 ml), neraca analitik, *flamephotometer*, dan sentrifuge.

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan yaitu metode analisis Quantity/Intensity (Q/I) yang digunakan oleh Beckett (1964). Perlakuan yang diterapkan dalam penelitian ini terdiri atas 5 perlakuan yaitu (1) Tanah = 100% T; (2) Tanah + FeCl₃= 98% Tanah

+ 2% FeCl₃; (3) Tanah + FeCl₃+ BO (pupuk kandang kotoran ayam) = 93% Tanah + 2% FeCl₃ + 5% BO; (4) Tanah + Konkresi = 80% Tanah + 20 % Konkresi; (5) Tanah + Konkresi + BO = 75% Tanah + 20% Konkresi + 5% BO. Larutan seri dari KCl 100 mmol L⁻¹ dan CaCl₂ 100 mmol L⁻¹ yang digunakan yaitu T1 = 0 mmol L⁻¹ KCl + 5 mmol L⁻¹ CaCl₂, T2 = 0,5 mmol L⁻¹ KCl+ 5 mmol L⁻¹ CaCl₂, T3 = 1,0 mmol L⁻¹ KCl+ 5 mmol L⁻¹ CaCl₂, T4 = 1,5 mmol L⁻¹ KCl+ 5 mmol L⁻¹ CaCl₂, T5 = 2,0 mmol L⁻¹ KCl+ 5 mmol L⁻¹ CaCl₂, dan T6 = 3,0 mmol L⁻¹ KCl+ 5 mmol L⁻¹ CaCl₂.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Persiapan Penelitian

1. Persiapan Sampel Tanah

Sampel tanah diambil dari Kebun Percobaan Universitas Lampung di Natar, Lampung Selatan pada kedalaman 10-20 cm. Kemudian sampel tanah dikeringudarkan, ditumbuk, lalu diayak dengan menggunakan ayakan 0,5 mm dan dimasukkan ke dalam kantong plastik berlabel.

2. Persiapan Konkresi

Konkresi diambil dari PT.GGP (*Great Giant Pineapple*) Lampung Tengah. Sampel konkresi dikeringudarkan, ditumbuk, lalu diayak dengan menggunakan ayakan 0,5 mm dan dimasukkan ke dalam kantong plastik berlabel.

3. Persiapan Pupuk Kandang Kotoran Ayam

Pupuk kandang kotoran ayam yang menjadi bahan organik (BO) dalam perlakuan ini diambil dari PT Protindo Karisma Utama di Katibung, Lampung Selatan. Selanjutnya, pupuk kandang tersebut dikeringudarkan, ditumbuk, dan diayak dengan menggunakan ayakan 0,5 mm dan dimasukkan ke dalam kantong plastik berlabel.

3.4.2 Penerapan Perlakuan

Penelitian ini menggunakan 5 perlakuan yaitu (1) 100% Tanah (2000 g), (2) 98% Tanah (1960 g) + 2% FeCl₃ (40 g), (3) 93% Tanah (1860 g) + 2% FeCl₃ (40 g) + 5% BO (100 g), (4) 80% Tanah (1600 g) + 20% Konkresi (400 g), dan (5) 75% Tanah (1500 g) + 20% Konkresi (400 g) + 5% BO (100 g). Bahan-bahan pada masing-masing perlakuan dimasukkan ke dalam toples plastik dan diberi label, lalu diaduk hingga tercampur rata.

3.4.3 Pembuatan Larutan KCl 100 mmol L⁻¹ dan Larutan CaCl₂ 100 mmol L⁻¹

Larutan 100 mmol L⁻¹ KCl dibuat dengan melarutkan 7,456 g KCl dengan aquades ke dalam labu ukur berukuran 100 ml sampai tanda batas. Kemudian 50 ml larutan KCl 100 ml diambil untuk diencerkan dengan aquades ke labu ukur 500 ml sampai tanda batas. Sedangkan larutan CaCl₂ 100 mmol L⁻¹ dibuat dengan menimbang 11,099 g CaCl₂ yang dilarutkan ke dalam labu ukur berukuran 100 ml dengan aquades sampai tanda batas. Kemudian 50 ml CaCl₂ 100 mmol L⁻¹ diambil untuk diencerkan dengan aquades ke labu ukur 500 ml sampai tanda batas.

3.4.4 Pencucian Perlakuan Menggunakan CaCl₂

Perlakuan Tanah + FeCl₃ + BO (TFBO) dan Tanah + Konkresi + BO (TKBO) dilakukan pencucian menggunakan larutan 5 mmol L⁻¹ CaCl₂ untuk verifikasi metode. Verifikasi metode dilakukan untuk mencuci garam-garam K⁺ yang mudah larut dalam air akibat penambahan bahan organik. Perlakuan TFBO dan TKBO dicuci sebanyak 3 kali dengan memasukkan 3 g sampel dan 30 ml larutan 5 mmol L⁻¹ CaCl₂ kedalam (6 tabung *centrifuge*), kemudian tanah di kocok selama 2 jam dan disentrifuse selama 15 menit dengan kecepatan 2500 rpm. Kemudian larutan dibuang dengan menyisakan sampel tanah dan diulangi dengan memasukkan 30 ml larutan 5 mmol L⁻¹ CaCl₂ sebanyak 3 kali. Setelah hasil sentrifuse terakhir, larutan dimasukkan ke botol film.

3.4.5 Pembuatan Larutan Seri

Larutan seri yang dibuat dalam penelitian ini yaitu 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 3,0 mmol L⁻¹ KCl yang mengandung masing-masing 5 mmol L⁻¹ CaCl₂. Pembuatan larutan seri 0 mmol L⁻¹ KCl yaitu tanpa pemberian larutan KCl dan memasukkan 50 ml larutan CaCl₂ 100 mmol L⁻¹ ke labu ukur berukuran 1 liter lalu ditambahkan aquades hingga tanda batas. Sedangkan larutan seri 0,5 mmol L⁻¹ KCl dibuat dengan memasukkan 5 ml larutan 100 mmol L⁻¹ KCl ke dalam labu ukur berukuran 1 liter kemudian tambahkan 50 ml larutan CaCl₂ 100 mmol L⁻¹ lalu tambahkan aquades hingga tanda batas. Lakukan hal yang sama hingga konsentrasi 3,0 mmol L⁻¹, disajikan pada Tabel 1.

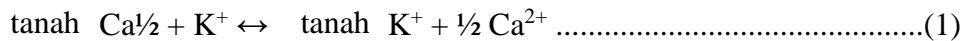
Tabel 1. Larutan Seri.

Konsentrasi Larutan Seri	Volume Larutan 100 mmol L ⁻¹ KCl	Konsentrasi CaCl ₂	Volume Larutan CaCl ₂ 100 mmol L ⁻¹	Volume Akhir
mmol L ⁻¹	mL	mmol L ⁻¹	mL	mL
0	0	5	50	1.000
0,5	5	5	50	1.000
1,0	10	5	50	1.000
1,5	15	5	50	1.000
2,0	20	5	50	1.000
3,0	30	5	50	1.000

3.5 Analisis *Quantity/ Intensity* (Q/I) K⁺

Analisis (Q/I) dilakukan sesuai dengan prosedur yang digunakan oleh Beckett (1964) yaitu 3 g sampel tanah dimasukkan ke dalam 50 ml enam botol dan masing-masing ditambahkan 30 ml larutan seri pada konsentrasi 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 3,0 mmol L⁻¹ yang mengandung 5 mmol L⁻¹ CaCl₂. Selanjutnya campuran tanah dan larutan dikocok selama 2 jam dan disentrifuse selama 15 menit dengan kecepatan 2.500 rpm. Setelah larutan bening terkumpul, selanjutnya konsentrasi K diukur dengan menggunakan *flame photometer*, serta konsentrasi Ca dan Mg menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak dua kali (duplo).

Pertukaran kation terjadi di dalam tanah yang telah diberi larutan seri berdasarkan metode Q/I yang dilakukan. Konsep dari kapasitas penyangga K (PBC_K) dapat menggambarkan reaksi pertukaran sederhana antara Ca^{2+} dan K^+ . Reaksi pertukaran dapat dituliskan sebagai berikut (Ninh, dkk., 2009) :



Dari metode *Quantity/intensity* (Q/I) K diperoleh kurva ideal Q/I (Gambar 1) yang dapat menyajikan tentang petunjuk untuk mengetahui kemampuan dan *quantity* untuk keefektifan suplai kalium bagi tanaman di dalam tanah. Beberapa parameter seperti keseimbangan nisbah konsentrasi K (CR_K), *potential buffering capacity* (PBC_K) dapat menyediakan informasi penting untuk perilaku pertukaran K di dalam tanah, dan Koefisien Gapon (K_G) (Lin, 2010).

Kurva Q/I digambarkan oleh hubungan antara ΔK yang dijerap pada koloid tanah dengan CR_K sehingga diperoleh persamaan yang menggambarkan pertukaran K di dalam tanah. Nilai CR_K^0 pada keseimbangan dimana $\Delta K = 0$ (K adsorpsi dan desorpsi), sedangkan nilai PBC_K diperoleh dari *slope* kurva Q/I ($\Delta K/CR_K$) (Wang, dkk., 1988). Nilai ΔK_0 diperoleh pada saat $CR_K = 0$. Nilai ΔK_0 merupakan ukuran labil atau K dapat dipertukarkan di dalam tanah (Beckett, 1964).

Berdasarkan Gambar 1 nilai CR_K dan ΔK diperoleh dari hasil perhitungan di bawah ini.

Faktor *Quantity* (Q) kalium (ΔK) merupakan jumlah K dijerap atau dilepas oleh tanah ketika tanah diberi larutan seri; ΔK dihitung menggunakan rumus (2) (Horra, dkk., 1998):

$$\Delta K = K_{\text{seri}} - K_{\text{pada saat kesetimbangan}} \dots\dots\dots(2)$$

Faktor *Intensity* K (CR_K) adalah hasil perhitungan dari pengukuran konsentrasi K, Ca, dan Mg dikoreksi dari kesesuaian aktivitas ion. CR_K larutan tanah dapat ditentukan menggunakan rumus (3) (Beckett, 1964):

$$CR_K = \frac{CK}{\sqrt{Ca+Mg}} \dots\dots\dots(3)$$

Nilai koefisien Gapon (K_G) menunjukkan afinitas penjerapan kation pada koloid tanah. K_G dihitung menggunakan persamaan Evangelou dan Philips (1987) rumus (4), dengan arti bahwa semakin tinggi K_G maka koloid tanah lebih banyak menjerap K dibandingkan dengan $Ca+ Mg$ dari larutan tanah.

$$PBC_K = \frac{1}{2} K_G KTK \quad \text{jadi} \quad K_G = \frac{2PBC_K}{KTK} \dots\dots\dots(4)$$

3.6 Pengamatan

1. Variabel Utama

Variabel utama yang diamati pada penelitian ini yaitu Parameter PBC_K , CR_K^0 , ΔK_0 , dan K_G . Dari persamaan linier yang didapat ($y= ax + b$) yaitu Kapasitas Penyangga K ($PBC_K= a$), Kedudukan non-spesifik K ($\Delta K_0= b$), keseimbangan konsentrasi ratio ($CR_K= a/b$), dan koefisien Gapon ($K_G = 2PBC_K/KTK$).

2. Uji *Student-t*

Uji *student-t* pada taraf 5% dilakukan untuk membandingkan jumlah K yang dilepas tanah pada masing-masing perlakuan, yaitu Tanah, Tanah + $FeCl_3$, Tanah + $FeCl_3$ + BO, Tanah + Konkresi, dan Tanah + Konkresi + BO.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penambahan Fe dalam bentuk FeCl_3 pada tanah Ultisol berpengaruh nyata menurunkan *Potential Buffering Capacity* (PBC_K), Keseimbangan K^+ (ΔK^0), Koefisien Gapon (K_G), namun *Concentration Ratio K* (CR_K^0) juga menurun.
2. Pemberian Fe dalam bentuk konkresi besi pada tanah Ultisol berpengaruh nyata menurunkan *Potential Buffering Capacity* (PBC_K), Keseimbangan K^+ (ΔK^0), Koefisien Gapon (K_G) serta meningkatkan *Concentration Ratio K* (CR_K^0).
3. Penambahan bahan organik pada tanah Ultisol Natar meningkatkan *Potential Buffering Capacity* (PBC_K), Keseimbangan K^+ (ΔK^0), Koefisien Gapon (K_G) serta menurunkan *Concentration Ratio K* (CR_K^0).

5.2 Saran

Dilakukan pemberian bahan organik, karena dengan pemberian bahan organik dapat mengurangi pencucian unsur hara terutama kalium, karena dengan pemberian bahan organik dapat meningkatkan PBC_K .

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, N. C. *Pengaruh Pemberian Bahan Organik dan Kalium Terhadap Kuantitas dan Intensitas Kalium serta Respons Tanaman Jagung (Zea Mays L.) pada Vertisol Cihea*. 2007. Institut Pertanian Bogor. Bogor.. 62 hlm.
- Balai Penelitian Tanah. 2009. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia, Tanaman, Air dan Pupuk*. Balai Penelitian Tanah. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor. 215 hlm.
- Beckett, P. H. T. 1964. Studies on Soil Potassium II. The 'Immediate' Q/I of Labile Potassium in The Soil. *J. of Soil Sci.* 15 (1) : 9-23.
- Bohn, H. L., B. L. McNeal, and G.A. O'Connor. 1985. *Soil Chemistry 2nd Edition*. Wiley- Interscience. New York. 341 hlm.
- Darmawijaya, M. L. 1997. *Klasifikasi Tanah*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 405 hlm.
- Evangelou V. P., A. D. Karathanasis and R. L. Blevins, 1986. Effect of Soil Organic Matter Accumulation on Potassium and Ammonium Quantity-Intensity Relationships. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 378-382.
- Evangelou, V. P. and R. E. Phillips. 1987. Sensitivity Analysis on the Comparison Between the Gapon and Vanselow Exchange Coefficients. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51 : 1473-1479.
- Gondar, D., R. Lopez, J. Antelo, and F. Arce. 2013. Effect of Organic Matter and pH on the Adsorption of Metalaxyl and Penconazole by Soils. *Journal of Hazardous Materials* 260 : 627-633.
- Handayani, S. dan Karnilawati. 2018. Karakterisasi dan Klasifikasi Tanah Ultisol Di Kecamatan Indrajaya Kabupaten Pidie. *Jurnal Ilmiah Pertanian*. 14 (2): 52-59.
- Hanafiah, K. A. 2007. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta. 386 hlm.

- Hardjowigeno, S. 1993. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Akamedika Pressindo. Jakarta. 354 hlm.
- Horra, A. M. D. L., D. Effron, M. P. Jimenez, and M. Conti. 1998. Effect of Potassium Fertilizer on Quantity- Intensity Parameters in Some Argentina Soils. 1998. *Commun. Soil Sci. OlantAnala*. 29 (5-6): 671-680.
- Hunsigi, G. 2011. Potassium Management Strategies to Realize High Yield and Quantity Of Sugarcane. *Karnataka J. Agric. Sci.* 24 (1): 45-47.
- Kusumarini, N., Sayifudin, F. N. Kautsar, dan Syekhfani. 2020. Peran Bahan Organik Dalam Menurunkan Dampak Paparan Pestisida Terhadap Kesuburan Tanah Dan Serapan Hara Tanaman Sawi. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 7 (1) : 127-133.
- Kusumastuti, A. 2014. Soil Available P Dynamics, pH, Organic-C, and P Uptake of Patchouli (*Pogostemon Cablin Benth.*) at Various Dosages of Organic Matters and Phosphate in Ultisols. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 14 (3): 145- 151.
- Lin, Y. H. 2010. Effect of Potassium Behaviour in Soils on Crop Absorption. *Af.J of Biotech*. 9 (30): 4636-4634.
- Lumbanraja, J., Odry, S. Yusnaini, Afandi, M. Nonaka, A. Watanabe, dan M. Kimura. 2003. Potassium Exchange of Soil in of Soil in Different Erosion Treatment Plots in a Hilly Area of Sumberjaya, West Lampung of Sumatera. *Soil Fertility Assessment and Rehabilitation of Cultivated Tropical Rain Forest in South East Asia*: 80-92.
- Lumbanraja, J. and V.P. Evangelou. 1994. Adsorption-desorption of potassium and ammonium at low cation concentrations in three Kentucky sub soil. *Soil Sci.*, 157:269-278.
- Lumbanraja, J., M.Utomo dan M. Zahir. 1997. Perilaku Jerapan Kalium pada Tiga Sistem Olah Tanah sawah dengan Pemupukan Urea Prill dan Tablet. *J. Tanah Trop*. 5:29-38.
- Lumbanraja, J. 2017. *Kimia Tanah dan Air: Prinsip Dasar dan Lingkungan*. CV. Anugrah Utama Raharja. Lampung. 297 hlm.
- Lumbanraja, R., J. Lumbanraja, H. Norvpriansyah, dan M. Utomo. 2020. Perilaku Pertukaran Kalium (K) dalam Tanah, K Terangkut Serta Produksi Jagung (*Zea Mays L.*) Akibat Olah Tanah Ultisol Gedung Meneng pada Musim Tanam Ketiga. *Journal of Tropical Upland Resources*. 2(1) : 01-15.
- Lumbanraja J., R. H. Amalia, Sarno, Dermiyati, R. Hasibuan, W. Agustina, C. P. Satgada, E. Zulkarnain, dan T. R. Awang. 2019. Perilaku Pertukaran Amonium dan Produksi Tebu (*Saccharum Officinarum L.*) yang dipupuk

Anorganik NPK dan Organik pada Pertanaman Tebu Di Tanah Ultisol Gedung Meneng. *Journal of Tropical Upland Resources*. 1 (1) : 01-18.

- Mukhlis, Sarifuddin., dan H. Hanum. 2011. *Kimia Tanah*. Universitas Sumatera Utara Press. Medan. 48 hlm..
- Muchtar.2015. *Pengelolaan Lahan Kering Masam Berkelanjutan Di KP*. Taman Bogo.Balai Penelitian Tanah, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Balitbangtan, Bogor. 26 hlm.
- Ninh, H. T., H. T. T. Hoa, P. Q. Ha, and J. E. Dufey.2009.Potassium Buffering Capacity of Sandy Soils from ThuaThien Hue Province, Central Vietnam, as Related to Soil Properties.*Communications in soil Sci, and Plant Analysis*.40: 3294-3307.
- Nursyamsi, D., K. Idris, S. Sabiham, D.A. Rachim, dan A. Sofyan. 2007. Sifat-sifat tanah dominan yang berpengaruh terhadap K tersedia pada tanah-tanah yang didominasi smektit. *Jurnal Tanah dan Iklim* 26:13-28
- Nursyamsi, D., K. Idris, S. Sabiham, D. A. Rachim, dan A. Sofyan. 2008. Pengaruh Asam Oksalat, Na^+ , NH_4^+ , dan Fe^{3+} terhadap Ketersediaan K pada Tanah Tanah yang di Dominasi Mineral Liat Smektit. *Jurnal Tanah Tropika* 14(1): 33-40.
- Prasetyo, B.H. dan N. Suharta. 2000. Tanah-tanah pada landform utama di Propinsi Kalimantan Selatan. Potensi dan Kendalanya untuk Pengembangan Pertanian. Dalam A. Sofyan, G. Irianto, F. Agus, Irawan, W.J. Suryanto, T. Prihatini, M. Anda (Ed.). *Prosiding Seminar Nasional Reorientasi Pendayagunaan Sumberdaya Tanah, Iklim, dan Pupuk*. Cipayung, 31 Oktober–2 November 2000. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor. hlm. 419– 428.
- Prasetyo, B. H dan D. A. Suriadikarta. 2006. Karakteristik Potensi, dan Teknologi Pengelolaan Tanah Ultisol untuk Pengembangan Pertanian Lahan Kering di Indonesia. *J. Litbang Pertanian*. 25(2): 39-47.
- Rusdiana, O, and R.S Lubis. 2012. Pendugaan Korelasi Antara Karakteristik Tanah Terhadap Cadangan Karbon (*Carbon Stock*) pada Hutan Sekunder. *Jurnal Silvikultur Tropika* 3(1): 14–21.
- Sari, T. P. 2015. *Pengaruh Besi dan Bahan Organik terhadap Jerapan Maksimum dan Energi Ikatan Fosfor pada Tanah Ultisol*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 53 hlm.
- Schumacher. B. A. 2002. *Methods for Determination of Total Organic Carbon (TOC) in Soils and Sediment*. United States Enviromental Protection Agency. Las Vegas. 23 hlm.

- Shengxiang, Z. 1998. Potassium Supplying Capacity and High Efficiency Use of Potassium Fertilizer in Upland Soils of Hunan Province. *Better Crops International*. 12 (1): 16-19.
- Siregar, P., Fauzi, dan Supriadi. 2017. Pengaruh Pemberian Beberapa Sumber Bahan Organik dan Masa Inkubasi Terhadap Beberapa Aspek Kimia Kesuburan Tanah Ultisol. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*. Vol 5 (34): 256- 264.
- Staf Peneliti Pusat Penelitian Tanah. 1983. *Jenis dan Macam Tanah di Indonesia untuk Keperluan Survei dan Pemetaan Tanah Daerah Transmigrasi*. Lampiran Terms of Reference Type A. Survei Kapabilitas Tanah. No. 59a/1983. Pusat Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 25 hlm.
- Subagyo, H., N. Suharta., dan A. B. Siswanto. 2004. Tanah-Tanah Pertanian di Indonesia. *Dalam Buku Sumber Daya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor. Hal:21-66.
- Subandi. 2007. Teknologi Produksi dan Strategi Pengembangan Kedelai Pada Lahan Kering Masam. *Iptek Tanaman Pangan*. 2(1) : 1-14.
- Subowo, J. Subagja, dan M. Sudjadi. 1990. *Pengaruh Bahan Organik terhadap Pencucian Hara Tanah Ultisol Rangkasbitung Jawa Barat*. Pemberitaan Penel Tanah dan Pupuk. 9: 26-31.
- Sutedjo, M. M., dan A.G. Kartasapoetra. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. 2002. PT. Rineka Cipta. Jakarta. 177 hlm.
- Syaiful, A, dan S. Untung. 2013. *Kimia Tanah*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 212 hlm.
- Tan, K.H. 1998. *Dasar-Dasar Kimia Tanah*. Cetakan Kelima. Terjemahan D. H. Goenadi. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 295 hlm.
- Utomo, M., Sudarsono., B. Rusman., T. Sabrina., J. Lumbanraja, dan Wawan. 2016. *Ilmu Tanah Dasar-dasar dan Pengelolaan*. Prenada Media. Jakarta. 459 hlm.
- Wang, J. J., R. E. Farrell, and A. D. Scott.1988. Potentiometric Determination of Potassium Q/I Relationships. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52: 657-662.