

**PENGARUH KETINGGIAN TEMPAT DAN KEDALAMAN TANAH
TERHADAP JERAPAN FOSFOR PADA TANAH GUNUNG ANAK
KRAKATAU SEBELUM ERUPSI 2018 MENGGUNAKAN MODEL
ISOTERMIK LANGMUIR**

(Skripsi)

Oleh

**DESVA MELIA SARI
NPM. 1914181002**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

**PENGARUH KETINGGIAN TEMPAT DAN KEDALAMAN TANAH
TERHADAP JERAPAN FOSFOR PADA TANAH GUNUNG ANAK
KRAKATAU SEBELUM ERUPSI 2018 MENGGUNAKAN MODEL
ISOTERMIK LANGMUIR**

Oleh

Desva Melia Sari

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN

Pada

Program Studi Ilmu Tanah
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PENGARUH KETINGGIAN TEMPAT DAN KEDALAMAN TANAH TERHADAP JERAPAN FOSFOR PADA TANAH GUNUNG ANAK KRAKATAU SEBELUM ERUPSI 2018 MENGGUNAKAN MODEL ISOTERMIK LANGMUIR

Oleh

DESVA MELIA SARI

Tanah yang dihasilkan dari aktivitas vulkanik merupakan tanah yang relatif subur. Salah satu permasalahan tanah vulkanik yaitu tingginya jerapan P akibat terjerap oleh mineral liat amorf seperti alofan pada tanah Gunung Anak Krakatau (GAK) sebelum erupsi 2018. Informasi mengenai jerapan P pada tanah GAK masih terbatas. Berdasarkan hal tersebut penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh ketinggian tempat dan kedalaman tanah terhadap jerapan maksimum P (X_{max}) dan energi relatif ikatan P (K_L) serta mengetahui korelasi X_{max} dan K_L dengan ketersediaan P pada tanah GAK sebelum erupsi 2018. Penelitian dimulai dari pengambilan sampel tanah pada Juli 2018 secara *toposequence* di Gunung Anak Krakatau, Lampung Selatan. Sampel tanah diambil dari 4 titik yang berbeda dengan masing-masing 2 kedalaman yang berbeda yaitu 0-20 cm (*topsoil*) dan 20-40 cm (*subsoil*). Penetapan jerapan P dilakukan pada Oktober 2022 sampai Januari 2023 menggunakan model Isotermik Langmuir serta dilakukan analisis pH, P-tersedia, dan P-Potensial di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, kemudian data diuji menggunakan uji *Student-t* dan uji korelasi. Tanah pada perlakuan P4L2 (ketinggian 105 m dpl dan lapisan *subsoil*) memiliki nilai X_{max} 666,667 mg kg⁻¹ tertinggi dan terendah pada perlakuan P1L1 (ketinggian 5 m dpl dan lapisan *topsoil*) 270,270 mg kg⁻¹. Hal ini menunjukkan semakin tinggi tempat dan semakin bertambahnya kedalaman tanah maka semakin tinggi jerapan P. Sedangkan hal sebaliknya terjadi pada Nilai K_L . Nilai X_{max} pada lapisan *topsoil* dan *subsoil* berkorelasi negatif terhadap P-potensial. Nilai K_L pada lapisan *topsoil* berkorelasi negatif terhadap pH KCl sedangkan pada lapisan *subsoil* berkorelasi negatif terhadap P-tersedia.

Kata kunci : Fosfor, Langmuir, K_L (Relatif Energi Ikatan), Tanah, X_{max} (Jerapan Maksimum)

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF ELEVATION AND SOIL DEPTH ON PHOSPHORUS ADSORPTION IN THE SOILS DERIVED FROM MOUNT ANAK KRAKATAU BEFORE THE 2018 ERUPTION USING THE LANGMUIR ISOTHERMIC

By

DESVA MELIA SARI

The soils derived from volcanic activity is relatively fertile. One of the problems of volcanic soils is the high adsorption of P due to being trapped by amorphous clay minerals such as alofan in the soil of Gunung Anak Krakatau (GAK) before the 2018 eruption. Information about P adsorption in GAK soil is still limited. Based on this, this study aims to determine the influence of elevation and soil depth on the maximum adsorption of P (X_{\max}) and the relative energy of P (K_L) bonds, as well as the correlation of X_{\max} and K_L with P availability in GAK soil before the 2018 eruption. The study began with soil sampling in July 2018 by toposequence on GAK, South Lampung. Soil samples were taken at 4 different points at 2 different depths, namely 0-20 cm (topsoil) and 20-40 cm (subsoil). The determination of P adsorption was carried out from October 2022 to January 2023 using the Langmuir Isothermic equation and pH, P-available, and P-total analysis was carried out at the Soil Science Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Lampung, in data was tested using the Student-t test and correlation test. Soil in P4L2 treatment (height 105 m above sea level and subsoil layer) has the highest and lowest X_{\max} values of 666, 667 mg kg⁻¹ in P1L1 treatment (height 5 m above sea level and topsoil layer) 270, 270 mg kg⁻¹. This shows the higher the elevation, the deeper the soil depth, and less vegetation, the higher the adsorption of P. While the opposite happens to K_L value. X_{\max} values in the topsoil and subsoil layers are negatively correlated with P-potential. K_L values in the topsoil layer are negatively correlated with KCl pH while those in the subsoil layer are negatively correlated with P-available.

Keywords : K_L (Relative Bond Energy), Langmuir, Phosphorus, Soil, X_{\max}
(Maximum Adsorption)

Judul Skripsi : **PENGARUH KETINGGIAN TEMPAT DAN KEDALAMAN TANAH TERHADAP JERAPAN FOSFOR PADA TANAH GUNUNG ANAK KRAKATAU SEBELUM ERUPSI 2018 MENGGUNAKAN MODEL ISOTERMIK LANGMUIR**

Nama Mahasiswa : **Desva Melia Sari**

NPM : **1914181002**

Program Study : **Ilmu Tanah**

Fakultas : **Pertanian**



1. Komisi Pembimbing

Prof. Ir. J. Lumbanraja, Ph.D
NIP 195303181981031002

Septi Nurul Aini, S.P., M.Si.
NIP 199202022019032021

2. Ketua Jurusan Ilmu Tanah

Ir. Hery Novpriansyah, M.Si.
NIP 196611151990101001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

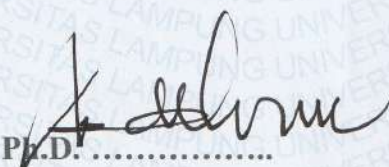
Pembimbing Utama : **Prof. Ir. J. Lumbanraja, M. Sc., Ph.D.**



Anggota Pembimbing : **Septi Nurul Aini, S.P., M.Si.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Prof. Ir. Abdul Kadir Salam, M.Sc., Ph.D.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **7 Agustus 2023**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Pengaruh Ketinggian Tempat dan Kedalaman Tanah Terhadap Jerapan Fosfor pada Tanah Gunung Anak Krakatau Sebelum Erupsi 2018 Menggunakan Model Isotermik Langmuir”** merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan karya orang lain. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian dosen, yaitu Septi Nurul Aini, S.P., M.Si. dan Astriana Rahmi Setiawati, S.P., M.Si. dengan sumber dana DIPA BLU Universitas Lampung T.A 2021, semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah-kaidah penulisan karya tulis ilmiah Universitas Lampung. Jika pernyataan ini dikemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 20 Agustus 2023

Penulis,



Desva Melia Sari

NPM 1914181002

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bukit Kemuning, Lampung Utara pada tanggal 25 Januari 2001, sebagai anak bungsu dari lima bersaudara dari pasangan Bapak Ujang Muhlis dan Ibu Siti Rohani. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar Negeri 2 Bukit Kemuning pada tahun 2013, kemudian melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Bukit

Kemuning pada tahun 2016. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan ke Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Bukit Kemuning dan lulus pada tahun 2019. Pada tahun 2019, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur masuk Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten dosen praktikum Kimia Dasar (2020/2021, 2021/2022, dan 2022/2023), Praktik Pengenalan Pertanian (2021/2022 dan 2022/2023), Dasar-Dasar Ilmu Tanah (2021/2022 dan 2022/2023), Kesuburan Tanah (2022/2023), Kimia Dasar Organik (2022/2023), serta Kimia Tanah (2022/2023). Penulis mengikuti Forum Studi Islam Fakultas Pertanian (FOSI FP) sebagai anggota bidang Imperti (2019/2020) dan anggota bidang Humas (2020/2021). Penulis mengikuti Gabungan Mahasiswa Jurusan Ilmu Tanah UNILA (GAMATALA) sebagai anggota bidang LITBANG (Penelitian dan Pengembangan) (2020/2021 sampai 2022).

Pada tahun 2022, penulis melakukan Praktik Umum (PU) di Unit Produksi Benih (UPB) Tanaman Buah Pekalongan Lampung Timur selama 30 hari dan pada tahun yang sama penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Ratu Abung, Kecamatan Abung Selatan, Kabupaten Lampung Utara.

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Dengan penuh rasa syukur dan atas ridho dari Allah SWT
ku persembahkan skripsi ini
Kepada :*

*“Mamak dan Bapak Tercinta”
Siti Rohani dan Ujang Muhlis*

*“Uni dan Abang Tersayang”
Ida Mariyana, Ardi Susanto, Rahma Yeni Yulis Fitri, dan Zulfajri.
Serta seluruh keluarga*

*Terimakasih atas semua doa dan dukungan yang terucap untuk
kesuksesanku, serta motivasi yang telah diberikan kepadaku selama ini*

Serta

*Almamater Tercinta
Ilmu Tanah
Fakultas Pertanian
Universitas Lampung*

MOTTO

*“Sesungguhnya Allah SWT tidak merubah nasib sesuatu kaum, sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri”
(Q.S. Ar-ra’d : 11)*

*“Ya Allah, saat aku kehilangan harapan dan rencana, tolong ingatkan aku bahwa cinta-Mu jauh lebih besar dari kekecewaanku, dan rencana yang Engkau siapkan untuk hidupku jauh lebih baik daripada impianku”
(Ali bin Abi Thalib)*

*“There must be an end for a beginning to come, it seems to me that to start something better with a light heart”
(Mark Lee)*

*“It doesn’t matter how smart you are, how rich you are, or how beautiful you are. People won’t respect you if you don’t have good manners”
(Desva Melia Sari)*

SANWACANA

Puji syukur Penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat, hidayah, serta segala nikmat yang tak terhingga. Sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Pada kesempatan ini, dengan segenap rasa hormat, saya mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Ir. Hery Novpriansyah, M.Si., selaku Ketua Jurusan Ilmu Tanah Universitas Lampung.
3. Prof. Ir. Jamalam Lumbanraja, M.Sc., Ph.D., selaku pembimbing pertama yang telah memberikan ide, bimbingan, ilmu, bantuan dan nasehat selama penulis menjalankan proses penelitian dari awal hingga akhir, sampai penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
4. Septi Nurul Aini, S.P., M.Si., selaku pembimbing kedua, pembimbing akademik dan pembimbing percepatan skripsi yang telah memberikan ide, bimbingan, ilmu, bantuan dan nasehat serta motivasi kepada penulis dalam melaksanakan penelitian hingga penulisan skripsi, serta telah membimbing dari awal perkuliahan sampai dengan penulis menyelesaikan studi di Universitas Lampung.
5. Prof. Ir. Abdul Kadir Salam, M.Sc., Ph.D., selaku pembahas, atas segala bimbingan, ilmu, serta nasehat dalam penulisan skripsi ini.
6. Kedua orang tuaku tercinta Bapak Ujang Muhlis dan Ibu Siti Rohani yang telah mencurahkan segala cinta, kasih sayang, dukungan, serta do'a dan semangat yang tulus di sepanjang hidup penulis.

7. Uni dan abang yang tercinta, Ida Mariyana, Ardi Susanto, Rahma Yeni Yulis Fitri, dan Zulfajri, yang telah memberikan motivasi, perhatian, kasih sayang, serta do'a yang tulus kepada penulis.
8. Seluruh anggota "Ujang Squad" yang telah memberikan motivasi, perhatian, kasih sayang, serta do'a yang tulus kepada penulis.
9. Sahabat terbaikku "Mamak" yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan mendengarkan segala keluh kesah selama hidup penulis khususnya masa perkuliahan hingga menyelesaikan skripsi ini.
10. Anisa Ari Fitriani dan Dimas Arianto Nugroho, selaku partner "Kimia Tercinta" yang telah senantiasa memberikan semangat, saran, serta kritik dalam menyelesaikan penelitian.
11. Mella, Dian, Desi, Jesicca, Tazkia, Reka, selaku teman-teman penulis semasa perkuliahan yang telah memberikan kesan tak terlupakan bagi penulis.
12. Seluruh teman-teman seangkatan jurusan Ilmu Tanah 2019 yang selalu saling tolong-menolong dari awal masuk sebagai mahasiswa Universitas Lampung hingga penulis menyelesaikan studi di Universitas Lampung.
13. Almamaterku tercinta Universitas Lampung.

Semoga Allah SWT membalas amal baik kita semua dan penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi sedikit harapan semoga skripsi yang sederhana ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 20 Agustus 2023

Penulis

Desva Melia Sari

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Kerangka Pemikiran	4
1.5 Hipotesis.....	9
II. TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Karakteristik Tanah Andosol	11
2.2 Permasalahan Ketersediaan P pada Tanah Andosol	12
2.3 Pengaruh Ketinggian Tempat (Elevasi) dan Kedalaman Tanah terhadap Jerapan P pada Tanah Gunung Anak Krakatau	13
2.4 Jerapan Fosfor dengan Menggunakan Metode Langmuir Isotermik....	15
III. METODE PENELITIAN	17
3.1 Tempat dan Waktu	17
3.2 Alat dan Bahan	17
3.2.1 Survey Lapang dan Pengambilan Sampel Tanah	17
3.2.2 Analisis Laboratorium.....	17
3.3 Metode.....	18
3.4 Pelaksanaan Penelitian	19
3.4.1 Survey Lapang Dan Pengambilan Sampel Tanah	19
3.4.2 Analisis Laboratorium.....	20
3.5 Analisis data	21
3.5.1 Uji <i>Student-t</i>	21
3.5.2 Uji Korelasi	21
3.6 Variabel Pengamatan.....	21
3.6.1 Variabel Utama	21
3.6.2 Variabel Pendukung	21

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Karakteristik Kimia Tanah Gunung Anak Krakatau Sebelum Erupsi 2018	23
4.2 Perilaku Jerapan Maksimum P (X_{\max}) dan Energi Relatif Ikatan P (K_L) pada Tanah Gunung Anak Krakatau Sebelum Erupsi 2018.....	26
4.3 Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{\max}) dan Energi Relatif Ikatan P (K_L) pada Tanah Gunung Anak Krakatau Sebelum Erupsi 2018	31
4.4 Uji Korelasi Hasil Analisis Tanah dengan Jerapan Maksimum P (X_{\max}) dan Energi Relatif Ikatan P (K_L) pada Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018	33
V. SIMPULAN DAN SARAN	36
5.1 Simpulan.....	36
5.2 Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Hasil Analisis Sifat Kimia Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018	23
2. Persamaan Linier Langmuir Isotermik Jerapan P Lapisan <i>Topsoil</i> dan <i>Subsoil</i>	28
3. Uji <i>Student-t</i> pada Parameter Jerapan Maksimum P (X_{max}) dan Energi Relatif Ikatan P (K_L) pada Lapisan <i>Topsoil</i> (Kedalaman 0-20 cm)	31
4. Uji <i>Student-t</i> pada Parameter Jerapan Maksimum P (X_{max}) dan Energi Relatif Ikatan P (K_L) pada Lapisan <i>Subsoil</i> (Kedalaman 20-40 cm).....	33
5. Uji Korelasi antara Jerapan Maksimum P (X_{max}) dan Energi Relatif Ikatan P (K_L) dengan P-Tersedia, P-Potensial, pH H ₂ O, dan pH KCl pada Lapisan <i>Topsoil</i> dan <i>Subsoil</i> pada taraf nyata 5% dan 1%	34
6. Larutan Standar pada Lapisan <i>Topsoil</i>	45
7. Larutan Seri pada Lapisan <i>Topsoil</i>	45
8. Nilai P awal, P larut C, terjerap, X, dan C/X sampel P1L1 ulangan 1.....	45
9. Nilai P awal, P larut C, terjerap, X, dan C/X sampel P1L1 ulangan 2.....	46
10. Nilai X_{max} dan K_L pada sampel P1L1	47
11. Nilai P awal, P larut C, terjerap, X, dan C/X sampel P2L1 ulangan 1.....	47
12. Nilai P awal, P larut C, terjerap, X, dan C/X sampel P2L1 ulangan 2.....	48
13. Nilai X_{max} dan K_L pada Sampel P2L1	48
14. Nilai P awal, P larut C, terjerap, X, dan C/X sampel P3L1 ulangan 1.....	49
15. Nilai P awal, P larut C, terjerap, X, dan C/X sampel P3L1 ulangan 2.....	49
16. Nilai X_{max} dan K_L pada sampel P3L1	50

17. Nilai P awal, P larut C, terjerap, X, dan C/X sampel P4L1 ulangan 1.....	50
18. Nilai P awal, P larut C, terjerap, X, dan C/X sampel P4L1 ulangan 2.....	51
19. Nilai X_{\max} dan K_L pada sampel P4L1	52
20. Larutan Standar pada Lapisan <i>Subsoil</i>	52
21. Larutan Seri pada Lapisan <i>Subsoil</i>	52
22. Nilai P awal, P larut C, terjerap, X, dan C/X sampel P1L2 ulangan 1.....	53
23. Nilai P awal, P larut C, terjerap, X, dan C/X sampel P1L2 ulangan 2.....	53
24. Nilai X_{\max} dan K_L pada sampel P1L2	54
25. Nilai P awal, P larut C, terjerap, X, dan C/X sampel P2L2 ulangan 1.....	54
26. Nilai P awal, P larut C, terjerap, X, dan C/X sampel P2L2 ulangan 2.....	55
27. Nilai X_{\max} dan K_L pada sampel P2L2	56
28. Nilai P awal, P larut C, terjerap, X, dan C/X sampel P3L2 ulangan 1.....	56
29. Nilai P awal, P larut C, terjerap, X, dan C/X sampel P3L2 ulangan 2.....	57
30. Nilai X_{\max} dan K_L pada sampel P3L2	57
31. Nilai P awal, P larut C, terjerap, X, dan C/X sampel P4L2 ulangan 1.....	58
32. Nilai P awal, P larut C, terjerap, X, dan C/X sampel P4L2 ulangan 2.....	58
33. Nilai X_{\max} dan K_L pada sampel P4L2	59
34. Larutan Standar P-Potensial.....	59
35. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{\max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 1 Lapisan 1 dan Profil 1 Lapisan 2	60
36. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{\max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 1 Lapisan 1 dan Profil 2 Lapisan 1	60
37. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{\max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 1 Lapisan 1 dan Profil 2 Lapisan 2	61
38. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{\max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 1 Lapisan 1 dan Profil 3 Lapisan 1	61

39. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{\max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 1 Lapisan 1 dan Profil 3 Lapisan 2	61
40. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{\max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 1 Lapisan 1 dan Profil 4 Lapisan 1	62
41. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{\max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 1 Lapisan 1 dan Profil 4 Lapisan 2	62
42. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{\max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 1 Lapisan 2 dan Profil 2 Lapisan 1	62
43. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{\max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 1 Lapisan 2 dan Profil 2 Lapisan 2	63
44. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{\max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 1 Lapisan 2 dan Profil 3 Lapisan 1	63
45. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{\max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 1 Lapisan 2 dan Profil 3 Lapisan 2	63
46. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{\max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 1 Lapisan 2 dan Profil 4 Lapisan 1	64
47. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{\max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 1 Lapisan 2 dan Profil 4 Lapisan 2	64
48. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{\max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 2 Lapisan 1 dan Profil 2 Lapisan 2	64
49. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{\max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 2 Lapisan 1 dan Profil 3 Lapisan 1	65
50. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{\max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 2 Lapisan 1 dan Profil 3 Lapisan 2	65
51. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{\max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 2 Lapisan 1 dan Profil 4 Lapisan 1	65
52. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{\max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 2 Lapisan 1 dan Profil 4 Lapisan 2	66
53. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{\max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 2 Lapisan 2 dan Profil 3 Lapisan 1	66
54. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{\max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 2 Lapisan 2 dan Profil 3 Lapisan 2	66

55. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 2 Lapisan 2 dan Profil 4 Lapisan 1	67
56. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 2 Lapisan 2 dan Profil 4 Lapisan 2	67
57. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 3 Lapisan 1 dan Profil 3 Lapisan 2	67
58. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 3 Lapisan 1 dan Profil 4 Lapisan	68
59. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 3 Lapisan 1 dan Profil 4 Lapisan 2	68
60. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 3 Lapisan 2 dan Profil 4 Lapisan 1	68
61. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 3 Lapisan 2 dan Profil 4 Lapisan 2	69
62. Uji <i>Student-t</i> Jerapan Maksimum P (X_{max}) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 4 Lapisan 1 dan Profil 4 Lapisan 2	69
63. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K_L) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 1 Lapisan 1 dan Profil 1 Lapisan 2	69
64. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K_L) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 1 Lapisan 1 dan Profil 2 Lapisan 1	70
65. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K_L) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 1 Lapisan 1 dan Profil 2 Lapisan 2	70
66. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K_L) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 1 Lapisan dan Profil 3 Lapisan 1	70
67. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K_L) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 1 Lapisan 1 dan Profil 3 Lapisan 2	71
68. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K_L) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 1 Lapisan 1 dan Profil 4 Lapisan 1	71
69. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K_L) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 1 Lapisan 1 dan Profil 4 Lapisan 2	71
70. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K_L) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 1 Lapisan 2 dan Profil 2 Lapisan 1	72

71. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K _L) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 1 Lapisan 2 dan Profil 2 Lapisan 2	72
72. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K _L) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 1 Lapisan 2 dan Profil 3 Lapisan 1	72
73. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K _L) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 1 Lapisan 2 dan Profil 3 Lapisan 2	73
74. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K _L) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 1 Lapisan 2 dan Profil 4 Lapisan 1	73
75. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K _L) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 1 Lapisan 2 dan Profil 4 Lapisan 2	73
76. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K _L) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 2 Lapisan 1 dan Profil 2 Lapisan 2	74
77. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K _L) Tanah GAK Saebelum Erupsi 2018 Profil 2 Lapisan 1 dan Profil 2 Lapisan 2	74
78. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K _L) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 2 Lapisan 1 dan Profil 3 Lapisan 1	74
79. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K _L) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 2 Lapisan 1 dan Profil 4 Lapisan 1	75
80. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K _L) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 2 Lapisan 1 dan Profil 4 Lapisan 2	75
81. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K _L) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 2 Lapisan 2 dan Profil 3 Lapisan 1	75
82. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K _L) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 2 Lapisan 2 dan Profil 3 Lapisan 2	76
83. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K _L) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 2 Lapisan 2 dan Profil 4 Lapisan 1	76
84. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K _L) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 2 Lapisan 2 dan Profil 4 Lapisan 2	76
85. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K _L) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 3 Lapisan 1 dan Profil 3 Lapisan 2	77
86. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K _L) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 3 Lapisan 1 dan Profil 3 Lapisan 2	77

87. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K_L) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 3 Lapisan 1 dan Profil 4 Lapisan 2	77
88. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K_L) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 3 Lapisan 2 dan Profil 4 Lapisan 1	78
89. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K_L) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 3 Lapisan 2 dan Profil 4 Lapisan 2	78
90. Uji <i>Student-t</i> Energi Relatif Ikatan P (K_L) Tanah GAK Sebelum Erupsi 2018 Profil 4 Lapisan 1 dan Profil 4 Lapisan 2	78
91. Uji Korelasi antara X_{max} dan P-Tersedia pada Lapisan <i>Topsoil</i>	79
92. Uji Korelasi antara X_{max} dan P-Potensial pada Lapisan <i>Topsoil</i>	79
93. Uji Korelasi antara X_{max} dan pH H ₂ O pada Lapisan <i>Topsoil</i>	79
94. Uji Korelasi antara X_{max} dan pH KCl pada Lapisan <i>Topsoil</i>	79
95. Uji Korelasi antara K_L dan P-Tersedia pada Lapisan <i>Topsoil</i>	80
96. Uji Korelasi antara K_L dan P-Potensial pada Lapisan <i>Topsoil</i>	80
97. Uji Korelasi antara K_L dan pH H ₂ O pada Lapisan <i>Topsoil</i>	80
98. Uji Korelasi antara K_L dan pH KCl pada Lapisan <i>Topsoil</i>	80
99. Uji Korelasi antara X_{max} dan P-Tersedia pada Lapisan <i>Subsoil</i>	81
100. Uji Korelasi antara X_{max} dan P-Potensial pada Lapisan <i>Subsoil</i>	81
101. Uji Korelasi antara X_{max} dan pH H ₂ O pada Lapisan <i>Subsoil</i>	81
102. Uji Korelasi antara X_{max} dan pH KCl pada Lapisan <i>Subsoil</i>	81
103. Uji Korelasi antara K_L dan P-Tersedia pada Tanah Lapisan <i>Subsoil</i>	82
104. Uji Korelasi antara K_L dan P-Potensial pada Tanah Lapisan <i>Subsoil</i>	82
105. Uji Korelasi antara K_L dan pH H ₂ O pada Tanah Lapisan <i>Subsoil</i>	82
106. Uji Korelasi antara K_L dan pH KCl pada Tanah Lapisan <i>Subsoil</i>	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran perilaku jerapan P pada tanah Gunung Anak Krakatau Sebelum Erupsi 2018.....	8
2. Kurva Persamaan Langmuir.....	18
3. Profil tanah pada ketinggian 50 m dpl GAK sebelum erupsi 2018.....	19
4. Grafik hubungan indeks adsorpsi P (C/X) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) lapisan <i>topsoil</i>	26
5. Grafik hubungan indeks adsorpsi P (C/X) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) lapisan <i>subsoil</i>	27
6. Grafik nilai X_{max} terhadap ketinggian tempat	29
7. Grafik nilai K_L terhadap ketinggian tempat	30
8. Grafik larutan standar pada lapisan <i>topsoil</i>	45
9. Grafik hubungan antara C dan C/X sampel tanah P1L1 ulangan 1	46
10. Grafik hubungan antara C dan C/X sampel tanah P1L1 ulangan 2	46
11. Grafik hubungan antara C dan C/X sampel tanah P2L1 ulangan 1	47
12. Grafik hubungan antara C dan C/X sampel tanah P2L1 ulangan 2	48
13. Grafik hubungan antara C dan C/X sampel tanah P3L1 ulangan 1	49
14. Grafik hubungan antara C dan C/X sampel tanah P3L1 ulangan 2	50
15. Grafik hubungan antara C dan C/X sampel tanah P4L1 ulangan 1	51
16. Grafik hubungan antara C dan C/X sampel tanah P4L1 ulangan 2	51
17. Grafik larutan standar pada lapisan <i>subsoil</i>	52

18. Grafik hubungan antara C dan C/X sampel tanah P1L2 ulangan 1	53
19. Grafik hubungan antara C dan C/X sampel tanah P1L2 ulangan 2	54
20. Grafik hubungan antara C dan C/X sampel tanah P2L2 ulangan 1	55
21. Grafik hubungan antara C dan C/X sampel tanah P2L2 ulangan 2	55
22. Grafik hubungan antara C dan C/X sampel tanah P3L2 ulangan 1	56
23. Grafik hubungan antara C dan C/X sampel tanah P3L2 ulangan 2	57
24. Grafik hubungan antara C dan C/X sampel tanah P4L2 ulangan 1	58
25. Grafik hubungan antara C dan C/X sampel tanah P4L2 ulangan 2	59
26. Grafik larutan standar P-Potensial	59
27. Grafik kadar P-Potensial	60

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gunung Krakatau termasuk bagian dari deretan gunung api aktif yang terletak di daerah Selat Sunda. Sebelum mengalami letusan hebat pada tahun 1883, Gunung Krakatau memiliki tiga puncak gunung aktif yaitu Rakata, Danan, dan Perbuatan yang ketiganya saling bersambung. Tercatat adanya peningkatan aktivitas vulkanis dari bulan Maret hingga Agustus 1883 dan mencapai puncaknya pada 27 Agustus 1883 yang menghancurkan 2/3 bagian Gunung Krakatau (Verbeek, 1885). Selain itu terbentuk pulau Krakatau lainnya yaitu Sertung, Rakata, dan Panjang akibat letusan tahun 1883 tersebut. Dari peristiwa letusan tersebut tanah-tanah di sekitar wilayah Lampung dan Banten banyak ditutupi oleh bahan-bahan piroklastik sehingga memengaruhi sifat-sifat tanah di daerah itu (Whittaker dan Bush, 1993).

Setelah letusan hebat pada 1883, pada 44 tahun kemudian tepatnya pada tahun 1927 mulai teramati kembali aktivitas vulkanis dari kepulauan Krakatau yang berada di bawah laut (Sthen, 1929). Aktifitas vulkanis tersebut berlangsung selama tiga tahun hingga pada 1930 aliran lava membeku dan membentuk daratan Gunung Anak Krakatau. Gunung Anak Krakatau merupakan salah satu gunung api teraktif di dunia yang terletak di Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Posisi geografis Gunung Anak Krakatau terletak pada koordinat $06^{\circ}03'01''$ – $06^{\circ}08'43''$ LS dan $105^{\circ}21'25''$ – $105^{\circ}28'08''$ BT (Fiantis dkk., 2019).

Kondisi topografi GAK dengan merujuk data Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi Kemetrian ESDM sebelum terjadi letusan pada 22 Desember 2018 lalu, tinggi tubuh GAK mencapai 338 m dpl (Siregar dkk., 2020).

Hasil berbeda didapatkan dari hasil penelitian Saputra dkk., (2021) bentuk topografi Gunung Anak Krakatau sebelum erupsi 2018 memiliki bundaran kecil pada bagian puncak kawah gunung tersebut berdasarkan garis kontur dengan nilai elevasi 260,136 m dpl dengan interval 2 m, dan terlihat garis kontur memiliki kerapatan pada bagian puncak dominan ke arah barat daya. Data ketinggian GAK sebelum erupsi ini didapatkan dengan cara membandingkan data DEM (*Digital Elevation Model*) Foto Udara terhadap DEMNAS (*Digital Elevation Model* Nasional). Namun berdasarkan hasil pengamatan Tim Ekspedisi Krakatau (2018) elevasi GAK sebelum mengalami erupsi yaitu 180 m dpl.

Tanah yang terbentuk akibat letusan gunung berapi atau dikenal tanah vulkanis. Saat gunung berapi meletus mengeluarkan tiga jenis bahan yaitu, padatan, cair, dan gas. Bahan padatan terdiri dari pasir, debu, dan abu vulkan, sedangkan untuk bahan cair berupa lava dan lahar serta bahan gas berupa karbon monoksida, karbon dioksida, sulfur dioksida, hidrogen sulfida, dan nitrogen. Bahan-bahan yang dihasilkan dari letusan gunung api nantinya akan menjadi bahan induk sebagai penyusun tanah. Secara umum tanah yang berkembang dari abu vulkanik tergolong tanah yang subur dan cocok dijadikan sebagai lahan pertanian (Hardjowigeno, 2007).

Pada tanah-tanah mineral masam ketersediaan fosfor menjadi kendala karena ketidaktersediaannya dalam tanah. Ketidaktersedian fosfor ini dikarenakan terdapat fiksasi fosfor (P) oleh ion-ion Al, Fe, dan mineral liat silikat pada tanah-tanah tersebut. Selain itu ketidaktersediaan P pada tanah-tanah vulkanik seperti pada Andisol juga dipengaruhi oleh kandungan liat amorf. Andisol merupakan tanah yang mengandung bahan mineral yang bersifat amorf yang sangat reaktif terhadap anion polivalen seperti P, dan kekuatan ikatan P oleh gugus amorf ini lebih besar daripada oksida Kristal (Djuniwati dkk., 2003). Kandungan mineral pada tanah ini banyak mengandung jenis mineral aluminosilikat seperti alofan dan imogolit dengan karakteristik kimia yang spesifik, yaitu muatannya bersifat bergantung pH dengan reaktivitas kimia, luas permukaan per satuan massa, dan kapasitas jerapan yang tinggi terhadap anion atau kation (Ghoneim dkk., 2006; Padilla dkk., 2002).

Selain bahan mineral yang memengaruhi jerapan fosfor ketinggian tempat dan kedalaman lapisan tanah terhadap jerapan fosfor. Berdasarkan hasil penelitian Rodriguez dkk., (2018) menunjukkan tingginya jerapan fosfor pada tanah andosol pada ketinggian 2.368 m dpl dibandingkan pada tanah andosol pada ketinggian 311 m dpl. Hal ini dapat diartikan semakin tinggi tempat maka semakin tinggi jerapan fosfor. Akibat ketersediaan fosfor berkurang seiring dengan meningkatnya ketinggian tempat, Supriadi dkk., (2016) menyatakan bahwa ketinggian tempat memengaruhi kandungan unsur hara di dalam tanah, semakin tinggi tempat semakin menurun ketersediaan P_2O_5 .

Kedalaman tanah berpengaruh terhadap jerapan fosfor. Jerapan fosfor pada *topsoil* (0-20 cm) lebih rendah daripada jerapan fosfor pada *subsoil* (20-40 cm). Hal ini merujuk pada hasil penelitian Hartono dkk., (2005) yang menunjukkan nilai jerapan maksimum fosfor pada tanah lapisan atas lebih rendah dibandingkan lapisan bawah. Sehingga semakin dalam lapisan tanah maka kemampuan menyerap fosfor lebih tinggi daripada lapisan di atasnya. Hal ini berkaitan dengan ketersediaan fosfor berdasarkan penelitian Soleman dkk., (2018) dalam penetapan kadar fosfor organik di beberapa kedalaman tanah dengan berbagai penggunaan lahan menunjukkan bahwa ketersediaan P lebih banyak dijumpai pada tanah lapisan atas (*topsoil*) dibandingkan dengan tanah lapisan bawah (*subsoil*) karena pada lapisan atas terdapat penumpukan sisa-sisa tanaman atau bahan organik (Damanik dkk., 2010).

Sebelum mengalami erupsi pada Desember 2018 Gunung Anak Krakatau sudah ditumbuhi beberapa jenis tumbuhan seperti Cemara Laut (*Casuarina sp.*) dan Gelagah (*Saccharum sp.*) sebagai pionir (Sutawidjaja, 2006). Menurut Fiantis dkk., (2019) jika telah terjadi revegetasi atau tumbuh kembali tanaman di lapisan abu vulkanis, maka bertambah material organik pada material anorganik abu vulkanis. Hal tersebut berpengaruh terhadap jerapan fosfor, berdasarkan pernyataan Nuryani dkk., (2006) bahwa nilai jerapan maksimum P (X_{max}) dalam tanah dapat menurun dengan meningkatnya kandungan bahan organik tanah sehingga dapat meningkatkan ketersediaan fosfor.

Di tanah vulkanik seperti tanah andosol, fosfor sering menjadi nutrisi pembatas pertumbuhan untuk tanaman, mengingat kemampuan tanah ini untuk mengikat fosfat dengan kuat. Untuk mengetahui karakteristik penyerapan fosfor di tanah Gunung Anak Krakatau sebelum terjadinya erupsi di tahun 2018 dengan menggunakan model Langmuir Isotermik maka dilakukan penelitian ini. Yusran (2010) menyatakan Parameter Langmuir Isotermik dapat digunakan untuk melihat kapasitas jerapan fosfor di dalam tanah. Metode persamaan Langmuir Isotermik bertujuan untuk memisahkan tanah dan larutan dengan mudah dan larutan yang akan dianalisis kapasitas jerapan fosfor tersedia dalam jumlah yang banyak.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu :

1. Apakah ketinggian tempat (elevasi) dan kedalaman tanah berpengaruh terhadap jerapan maksimum P (X_{max}) dan nilai energi relatif ikatan P (K_L) pada tanah GAK sebelum erupsi 2018 ?
2. Apakah jerapan maksimum P (X_{max}) dan nilai energi relatif ikatan P (K_L) berkorelasi dengan ketersediaan P pada tanah GAK sebelum erupsi 2018 ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang penelitian yang diuraikan, tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui pengaruh ketinggian tempat (elevasi) dan kedalaman tanah terhadap jarapan maksimum P (X_{max}) dan nilai energi relatif ikatan P (K_L) pada tanah GAK sebelum erupsi 2018.
2. Mengetahui korelasi jerapan maksimum P (X_{max}) dan nilai energi relatif ikatan P (K_L) dengan ketersediaan P pada tanah GAK sebelum erupsi 2018.

1.4 Kerangka Pemikiran

Tanah Gunung Anak Krakatau merupakan tanah vulkanis. Pada awal erupsi umumnya tanah yang terbentuk merupakan jenis tanah Regosol yang merupakan

akumulasi dari bahan-bahan hasil letusan gunung, namun seiring berkembangnya waktu tanah tersebut berkembang yang diketahui mengandung mineral non kristalin, tanahnya berwarna gelap, mengandung karbon organik tinggi, gembur, berat isi rendah, terasa licin jika dipirit, memiliki permukaan mineral liat yang luas, serta banyak mengandung gelas vulkanik. Tanah yang berkembang dari letusan gunung berapi ini menunjukkan sifat khas dan unik yang tidak ditemukan di tanah lain yang berkembang dari bahan non-vulkanik. Tanah-tanah tersebut di atas diklasifikasikan sebagai tanah Andosol dalam klasifikasi Dudal dan Soeprattohardjo (1961) dan sebagai Ordo Andisol dalam sistem klasifikasi Taksonomi Tanah (Soil Survey Staff, 2014).

Berdasarkan penelitian Sukarman dkk., (2020) tanah yang terbentuk dari proses vulkanik ini di Indonesia memiliki kisaran pH yang berkisar 3,4-6,7 dengan rata-rata 5,4. Namun kisaran pH antara 4,5-5,5 paling banyak dijumpai, sedangkan yang kedua terbanyak adalah pada kisaran pH 5,5-6,5. Banyaknya contoh pada kisaran pH 4,5-5,5 dan 5,5-6,5 menunjukkan tanah vulkanik di Indonesia didominasi oleh mineral liat nonkristalin (Sukarman dan Dariah, 2014).

Shoji dkk., (1993) menunjukkan bahwa jumlah fosfat yang dapat ditahan pada tanah Andosol dipengaruhi oleh pH tanah dan kandungan Al dan Fe bebas. Adanya senyawa Al/Fe aktif yang cukup banyak yang bermuatan positif di dalam tanah menyebabkan P teradsorpsi kuat dalam struktur mineral alofan atau terikat pada gugus fungsi OH- atau H. Hal ini menyebabkan alofan menjadi sangat kuat dalam mengikat P dibandingkan dengan kemampuan asam organik untuk melepaskan P dari kompleks serapan. Mineral non kristal alofan dan imogolit hasil pelapukan abu vulkanik dapat memfiksasi fosfat sehingga sulit digantikan oleh ion lain (Wada dan Kakuto, 1985). Retensi P yang tinggi dalam tanah menunjukkan tingginya jumlah mineral orde pendek di dalam tanah Gunung Anak Krakatau.

Tanah Andisol mengandung > 50% alofan yang berdaya jerap tinggi terhadap fosfat yaitu berkisar 300-2,500 mg P kg⁻¹ tanah. Alofan (SiO₂.Al₂O₃.nH₂O) memiliki luas permukaan 100-800 m² g⁻¹, KTK 5-350 cmol kg⁻¹, dengan rasio

Si/Al antara 0,5 dan 1,0. Alofan dengan nisbah Si/Al sekitar 0,5 sangat reaktif terhadap fosfat dan membuat ketersediaan fosfor kurang tersedia di dalam tanah (Fiantis dkk., 2005; Pizarra dkk., 2008; Elsheikh dkk., 2009).

Karena tingginya jerapan fosfat pada Andosol terkait adanya kandungan alofan dan imogolit merupakan salah satu penyebab utama rendahnya efisiensi pemupukan P pada tanah Andosol. Menurut Barrow (1972) dan Dierolf dkk., (2001) mengemukakan bahwa unsur P tidak mudah hilang dari dalam tanah karena akibat proses pencucian tetapi fosfor mudah terjerap di dalam tanah di permukaan koloid tanah. Jika tanaman menyerap P dari dalam tanah maka P akan keluar dari koloid tanah setara dengan energi ikatan dan pelapisan jerapan P. Kandungan fosfor di tanah Gunung Anak Krakatau berdasarkan penelitian Fiantis (2019) sangat rendah dibandingkan unsur lain seperti Ca dan Mg, hal tersebut disebabkan karena P mudah terjerap oleh tanah.

Ketinggian tempat memengaruhi jerapan fosfor pada tanah merujuk hasil penelitian Sari dkk., (2013) bahwa semakin meningkatnya ketinggian tempat maka P tersedia di dalam tanah cenderung menurun, hal tersebut menunjukkan semakin tinggi suatu tempat (elevasi) maka jerapan fosfor semakin meningkat. Penurunan P tersedia tanah ini disebabkan P tanah terjerap oleh koloid tanah. Permasalahan pada tanah Andisol, P akan sulit tersedia untuk tanaman karena P akan selalu terfiksasi oleh tanah Andisol. Zurhalena dan Endriyani (2004) menyatakan bahwa kandungan P tersedia rendah disebabkan Al dan humus berikatan membentuk khelat sehingga menyebabkan P tersedia rendah. Kehadiran senyawa aktif Al dan Fe di dalam tanah menyebabkan P terjerap kuat pada struktur mineral amorf atau terikat pada gugus OH atau H yang bermuatan positif. Hal ini menunjukkan bahwa alofan sangat kuat mengikat P dibandingkan dengan kemampuan asam-asam organik dalam melepaskan P dari jerapan.

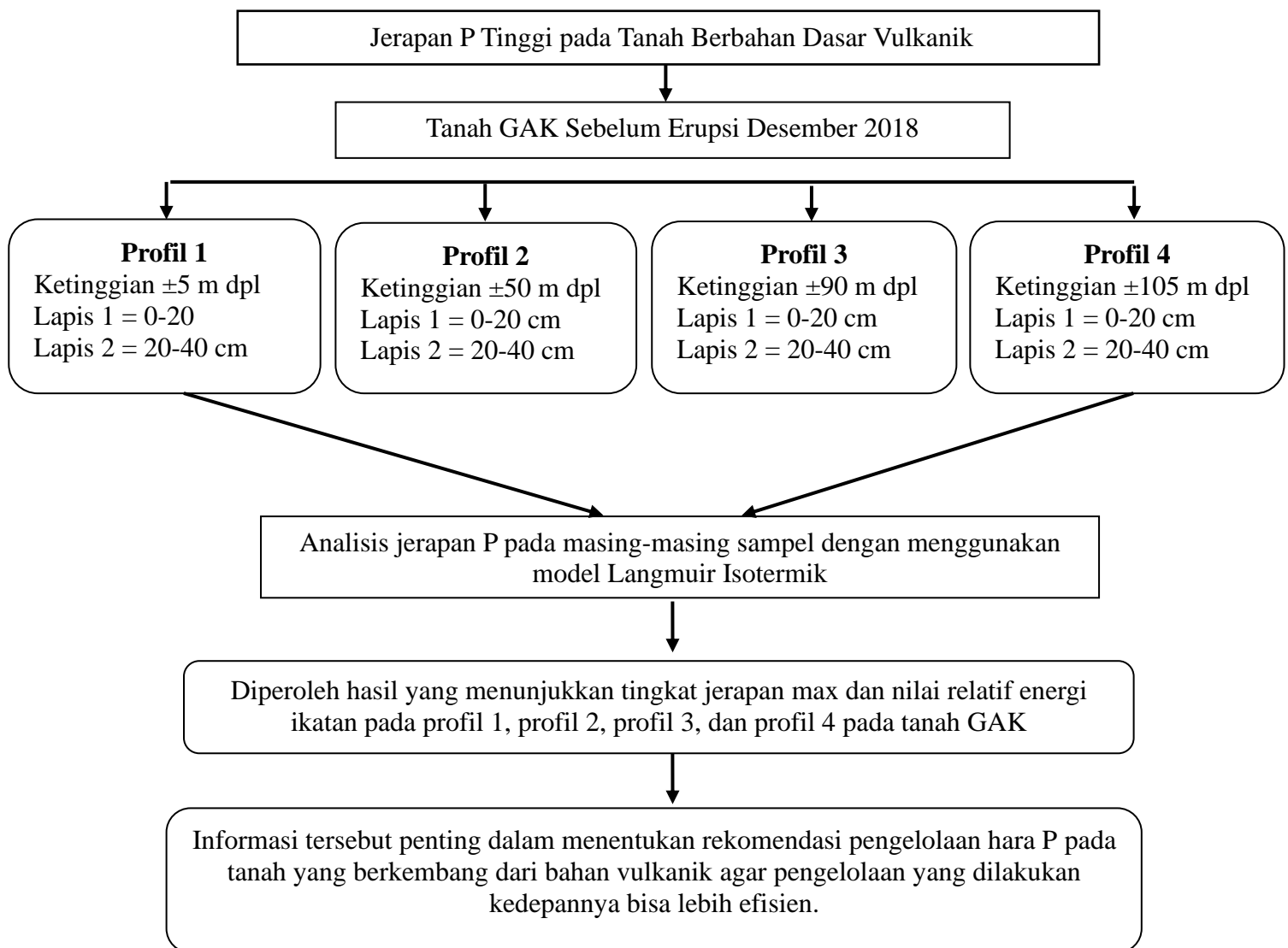
Berdasarkan hasil penelitian Setiawati dkk., (2020) retensi fosfor pada tanah GAK sebelum erupsi 2018 didapatkan berkisar 82,10%-84,74 % pada setiap kedalaman tanah pada 7 profil tanah (lokasi) yang berbeda. Persyaratan untuk sifat tanah andik yaitu memiliki *Bulk Density* (BD) sebesar $0,9 \text{ mg m}^{-3}$; persentase P-retensi

sekitar 85%; $\text{Al}_2\text{O}_3 + \frac{1}{2} \text{Fe}_2\text{O}_3$ adalah 2% (Soil Survey Staff, 2014; IUSS Working Group WRB, 2015). Retensi P secara umum lebih tinggi pada lapisan tanah atas 0-20 cm daripada lapisan tanah pada kedalaman 20-40 cm (Setiawati dkk., 2020). Hal ini karena unsur P dalam tanah berasal dari bahan pelapukan batuan atau bahan induk dan dekomposisi sisa-sisa makhluk sehingga ketersediaan fosfor lebih banyak di lapisan tanah atas (Rosmankam dan Yuwono, 2002).

Vegetasi berpengaruh terhadap jerapan fosfor di dalam tanah, vegetasi yang tumbuh di sekitar Gunung Anak Krakatau sebelum erupsi 2018 adalah Cemara Laut (*Casuarina sp.*) dan Gelagah (*Saccharum sp.*) sebagai tumbuhan pionir (Sutawidjaja, 2006). Jenis tumbuhan lainnya yang terdapat di sekitar pantai timur Pulau Anak Krakatau adalah *Ipomoea Pes-caprae* (Katang-Katang) yang tumbuh di bawah kanopi *Casuarina* (Thornton, 1996). Vegetasi-vegetasi ini tumbuh mendekati kaki gunung, semakin ke bawah atau semakin mendekati kaki gunung maka semakin cukup banyak populasi vegetasi yang tumbuh. Dengan terdapatnya vegetasi memengaruhi jerapan fosfor, hal ini karena dengan adanya vegetasi menandakan adanya bahan organik di tanah GAK, berdasarkan pernyataan Tan (1998) menyatakan bahwa asam-asam organik mampu mengkhelat ion Al dan Fe yang mengikat ion fosfat sehingga pengikatan ion fosfat dapat berkurang dan dapat meningkatkan ketersediaan fosfor di dalam tanah.

Pada proses adsorpsi atau penjerapan yang menggambarkan hubungan antara zat yang teradsorpsi oleh adsorben dengan konsentrasi pada keadaan kesetimbangan dengan temperatur tetap biasanya disebut dengan isoterm adsorpsi. Dalam penjerapan suatu unsur diperlukan suatu metode penjerapan atau adsorpsi. Salah satu metode yang digunakan yaitu metode adsorpsi Langmuir Isotermik. Menurut Goldbreg (2005) model Langmuir mengasumsikan adsorpsi monolayer, bahwa semua tapak adsorpsi mempunyai energi adsorpsi yang sama dan tidak terjadi interaksi di antara molekul atau ion yang teradsorpsi. Dalam upaya mengetahui perilaku jerapan fosfor pada tanah GAK sebelum terjadinya erupsi 2018 maka diperlukan metode Langmuir Isotermik ini.

Persamaan parameter Langmuir Isotermik dapat digunakan untuk melihat kapasitas jerapan fosfor di dalam tanah. Metode penetapan kapasitas jerapan P dengan menggunakan persamaan Langmuir Isotermik bertujuan untuk memisahkan tanah dan larutan dengan mudah dan larutan yang akan dianalisis kapasitas jerapan fosfor tersedia dalam jumlah yang banyak. Kapasitas jerapan P dapat ditentukan dengan menggunakan Parameter Langmuir Isotermik (Yusran, 2010). Penggunaan persamaan ini digunakan untuk mengetahui jerapan fosfor pada tanah Gunung Anak Krakatau yang nantinya hasil penelitian ini berguna untuk mengetahui pengelolaan tanah yang efektif dan efisien untuk tanah vulkanik.



Gambar 1. Kerangka pemikiran perilaku jerapan P pada tanah Gunung Anak Krakatau Sebelum Erupsi 2018

1.5 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah disajikan, hipotesis dari penelitian ini yaitu :

1. Semakin tinggi suatu tempat (elevasi) dan semakin bertambahnya kedalaman tanah maka nilai jerapan maksimum P (X_{max}) dan energi relatif ikatan P (K_L) pada tanah GAK sebelum erupsi 2018 semakin tinggi.
2. Terdapatnya korelasi antara jerapan maksimum P (X_{max}) dan nilai energi relatif ikatan P (K_L) dengan ketersediaan P pada tanah GAK sebelum erupsi 2018.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Tanah Andosol

Karakteristik tanah salah satunya dilihat dari warna, pada tanah Andosol warna ditentukan oleh jenis tephra, jenis dan jumlah bahan organik tanah serta komposisi produk pelapukan. Struktur remah, konsistensi gembur, kandungan organik tinggi, dan warna gelap (hitam atau coklat tua) humus permukaan licin (berminyak) merupakan salah satu sifat terpenting dari tanah Andosol dalam Sistem Klasifikasi Tanah Dudal dan Soeprattohardjo (1961). Salah satu penciri dari tanah Andosol adalah terdapatnya akumulasi humus-alofan yang dinyatakan Tanah Andosol dalam bentuk epipedon melanik, horison A molik atau horison A umbrik.

Tanah vulkanik atau tanah Andosol, tanah berbahan tufa vulkanik alami yang mengandung banyak mineral aluminosilikat seperti alofan dan imogolit dengan sifat-sifatnya yaitu, pH yang bergantung pada reaktivitas kimia, luas permukaan per satuan massa, dan kapasitas adsorpsi anion atau kation yang tinggi. Kedua mineral aluminosilikat ini diketahui memiliki struktur kimia yang sebagai nanokristal yang berbentuk bola nanokristal berongga untuk alofan (berdimensi 35 nm) dan tabung untuk imogolit (berdimensi 2 nm). Keduanya dapat diklasifikasikan sebagai bahan nano alami (Abidin dkk., 2005).

Bahan induk atau litologi adalah zat anorganik atau organik yang merupakan bagian dari tanah (Balai Penelitian Tanah, 2004). Bahan induk pembentuk Andosol adalah bahan vulkanik yang disebut tephra, yang disebabkan oleh letusan gunung berapi. Mineral utamanya adalah kaca atau gelas vulkanik, karena tephra adalah material yang terdiri dari magma yang mendingin dengan cepat. Menurut Shoji dkk., (1975) Tephra sebagai bahan baku tanah andesit diklasifikasikan

menjadi lima jenis berdasarkan tingkat keasamannya. Hal ini ditandai dengan kandungan SiO₂-nya yaitu, riolit (70-100% SiO₂), dasit (62-70% SiO₂), andesit (58-62% SiO₂), andesit basal (53,5-58% SiO₂), dan basal (45-53,5% SiO₂).

2.2 Permasalahan Ketersediaan P pada Tanah Andosol

Menurut Prasetyo (2005) bahan induk yang membentuk tanah Andosol di Indonesia umumnya berupa bahan vulkanik bersifat andesitik, dasitik dan basaltik. Bahan-bahan tersebut umumnya berupa bahan lepas seperti lahar, abu vulkanik dan tufa baik yang bersifat masam, intermedier maupun basa. Tanah andosol memiliki permasalahan dalam ketersediaan unsur P, yang mana fosfor mudah terjerap di dalam tanah.

Fosfor tersedia di dalam tanah dalam bentuk fosfat, fosfor adalah unsur esensial kedua setelah nitrogen yang berperan penting dalam fotosintesis dan perkembangan akar (Ginting dkk., 2006). Ketersediaan fosfat dalam tanah umumnya rendah, sebagian besar bentuk fosfat terikat oleh koloid tanah sehingga tidak tersedia bagi tanaman. Pada tanah Andosol unsur fosfat sebagian besar terikat oleh mineral liat non kristalin yaitu alofan, imogolit, dan ferihidrit. Alofan mampu meretensi fosfor hingga 97,8%, dan keberadaan Al dan Fe dalam bentuk amorf juga mempunyai kemampuan dalam mengikat fosfor (Sukarman dan Dariah, 2014).

Alofan merupakan kelompok mineral liat nonkristalin yang paling banyak terkandung di dalam tanah-tanah vulkanik di Indonesia. Sukarman dan Dariah (2014) mengatakan bahwa kandungan alofan dari tanah vulkanik berkisar antara 1- 34%, dengan rata-rata 11%. Salah satu sifat alofan adalah mempunyai reaktivitas yang tinggi dalam menjerap fosfat. Alofan memiliki kemampuan menjerap fosfat lebih tinggi daripada kelompok mineral liat lain yang umumnya sering terdapat pada tanah vulkanik seperti imogolit, ferihidrit, haloisit, kaolinit, dan gibsit. Menurut Wibisono dkk., (2016) tanah vulkanik yang mengandung alofan dan imogilit umumnya mempunyai sifat kimia yang baik, kecuali retensi P yang tinggi.

Ketersediaan fosfor di dalam tanah dipengaruhi oleh banyak faktor, akan tetapi yang paling penting ialah pH tanah. Berdasarkan hasil penelitian Firnia (2018) menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat kemasaman tanah (pH) maka ketersediaan unsur hara P semakin tinggi, sebaliknya semakin rendah pH maka semakin rendah ketersediaan fosfor. Pada umumnya ketersediaan P banyak dijumpai pada kisaran pH antara 5,5-7. Adsorpsi P dalam larutan tanah oleh Fe dan Al oksida dapat menurun apabila pH meningkat. Oleh karena itu, pH tanah perlu diperhatikan dalam pemupukan fosfor. Faktor lain yang menentukan ketersediaan fosfor dalam tanah ialah aerasi tanah, suhu, bahan organik, dan ketersediaan unsur hara lain.

2.3 Pengaruh Ketinggian Tempat (Elevasi) dan Kedalaman Tanah terhadap Jerapan P pada Tanah Gunung Anak Krakatau

Berdasarkan kondisi topografi Gunung Anak Krakatau sebelum erupsi 2018 dengan merujuk data Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi Kementerian ESDM memiliki ketinggian 338 m dpl. Nilai elevasi atau ketinggian suatu tempat mempengaruhi ketersediaan unsur hara tak terkecuali unsur hara P. Menurut Zurhalena dan Endriyani (2004) menyatakan bahwa semakin meningkatnya ketinggian tempat (elevasi) maka P tersedia di dalam tanah cenderung menurun. Penurunan P tersedia tanah ini disebabkan P tanah terjerap oleh koloid tanah. Pada tanah Andisol, P akan sulit tersedia untuk tanaman karena P akan terfiksasi oleh tanah Andisol.

Selain dipengaruhi oleh elevasi atau ketinggian tempat, jerapan fosfor juga dipengaruhi oleh kedalaman tanah, berdasarkan penelitian Setiawati dkk., (2020) pada tanah GAK sebelum erupsi 2018 menunjukkan retensi P pada kedalaman 0-20 cm lebih tinggi dibandingkan pada kedalaman 20-40 cm, kecuali untuk besaran pada P6 dan P7 yang menunjukkan bahwa P-retensi pada kedalaman 0-20 cm lebih rendah dari pada kedalaman 20-40 cm. Selain itu, Balkovic dan Slivkova (2002) mengamati bahwa serapan P di horizon andik juga dipengaruhi secara positif oleh pH tanah, dan serapan P maksimum. Berdasarkan penemuan tersebut, bahwa pH tanah mempengaruhi serapan P pada tanah vulkanik, pH tinggi

biasanya dapat menurunkan serapan P yang disebabkan rendahnya kandungan Al-Fe pada pH tinggi. Sedangkan pH rendah biasanya terdapat kandungan Al-Fe sehingga akan lebih banyak menyerap P pada tanah.

Kedalaman tanah dan jerapan fosfor berkaitan dengan ketersediaan unsur P, banyak penelitian telah membuktikan bahwa tanah topsoil dengan kedalaman 0-20 cm lebih banyak unsur hara yang tersedia daripada tanah subsoil dengan kedalaman 20-40 cm. Berdasarkan penelitian Hartono dkk., (2019) dalam menetapkan ketersediaan P dengan metode Bray-I pada tanah Andisol Sukamantri dengan berbagai kedalaman tanah menunjukkan bahwa ketersediaan P pada tanah lapisan 0-33 cm ($128 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$) lebih tinggi daripada tanah lapisan dibawahnya 33-60 ($81,2 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$). Hal tersebut dapat mengindikasikan semakin dalam lapisan tanah maka semakin tinggi terhadap jerapan fosfor.

Jerapan fosfor berpengaruh terhadap adanya bahan organik yang dihasilkan dengan tumbuhnya beberapa jenis vegetasi yang tumbuh di sekitar GAK sebelum erupsi 2018. Vegetasi yang tumbuh pada di dekat kaki gunung mampu melepaskan fosfor di tanah GAK sehingga fosfat mampu tersedia bagi tanaman, berdasarkan pernyataan Stevenson (1994) bahwa penurunan nilai retensi fosfor disebabkan oleh adanya asam-asam organik yang dihasilkan dari proses dekomposisi bahan organik, asam-asam organik ini mampu menetralkan muatan positif pada permukaan oksida Al dan Fe.

Beberapa jenis vegetasi yang tumbuh adalah Cemara Laut (*Casuarina sp.*) dan Gelagah (*Saccharum sp.*) sebagai tumbuhan pionir (Sutawidjaja, 2006). Dan terdapat jenis tumbuhan lainnya yang terdapat di sekitar pantai timur Pulau Anak Krakatau adalah *Ipomoea Pes-caprae* (Katang-Katang) yang tumbuh di bawah kanopi *Casuarina* (Thornton, 1996). Vegetasi yang tumbuh di GAK sebelum erupsi lebih banyak populasinya di bagian kaki gunung dibandingkan bagian ke arah puncak gunung, hal ini karena pada bagian bawah terdapat banyak akumulasi bahan mineral yang dihasilkan dari proses pelapukan bahan mineral setelah bertahun-tahun dari proses vulkanik GAK sebelum terjadinya erupsi 2018, hal ini sejalan dengan pernyataan Boinaw (2017) bahwa batuan yang berada di lereng

yang curam cenderung akan mudah untuk mengalami pelapukan dibandingkan dengan batuan yang berada di tempat yang landai.

2.4 Jerapan Fosfor dengan Menggunakan Metode Langmuir Isotermik

Menurut Yusran (2010) penggunaan Persamaan Parameter Langmuir Isotermik dapat digunakan untuk melihat kapasitas jerapan fosfor di dalam tanah. Metode penetapan kapasitas jerapan P dengan menggunakan persamaan Langmuir Isotermik bertujuan untuk memisahkan tanah dan larutan dengan mudah dan larutan yang akan dianalisis kapasitas jerapan fosfor tersedia dalam jumlah yang banyak. Kapasitas jerapan P dapat ditentukan dengan menggunakan Parameter Langmuir Isotermik.

Karakteristik jerapan P dilakukan dengan metode pendekatan persamaan Langmuir (Parfitt, 1978) sebagai berikut :

$$\frac{C}{X} = \frac{1}{K_L X_{max}} + \frac{1}{X_{max}} C$$

Dimana : C/X = Indeks jerapan P

K_L = Energi relatif ikatan P

X_{max} = Jerapan maksimum P (mg P kg^{-1})

C = Konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (mg P L^{-1})

X = Jumlah P yang terjerap (mg P kg^{-1})

Jerapan maksimum (X_{max}) dalam persamaan Isotermik Langmuir menunjukkan kemampuan suatu tanah dalam menyerap fosfor dalam koloid tanah melalui konsentrasi fosfor yang dihitung di dalam tanah yang dianalisis. Sedangkan untuk nilai relatif energi ikatan (K_L) menggambarkan energi ikatan unsur hara P di dalam koloid tanah (Mirna dkk., 2006).

Langmuir Isoterm memberikan informasi berharga tentang parameter serapan P maksimum, konstanta, K_L berhubungan dengan energi ikatan P (Nair dkk., 1998). Model ini menggunakan parameter isoterm P, baik linier atau non linier

(misalnya, kekuatan ikatan P, Langmuir K_L atau koefisien adsorpsi), sebagai masukan. Masalah potensial yang terkait dengan penggunaan persamaan isoterm linier dalam mensimulasikan kehilangan P dari tanah pada konsentrasi P larutan yang lebih tinggi telah ditunjukkan (McCray dkk., 2005).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Pengambilan sampel tanah telah dilaksanakan di Gunung Anak Krakatau di Kabupaten Lampung Selatan pada bulan Juli 2018 (sebelum erupsi 22 Desember 2018). Analisis laboratorium dilaksanakan dari bulan Oktober 2022 sampai Januari 2023. Analisis jerapan fosfor dengan model Isotermik Langmuir dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Tanah, Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Survey Lapang dan Pengambilan Sampel Tanah

Alat dan bahan yang digunakan dalam survey lapang dan pengambilan sampel tanah yaitu, GPS (*Global Positioning System*), kompas, buku *Munsell Soil Color Chart*, pisau, *clinometer*, meteran, sekop/cangkul, plastik, spidol, peta dasar dan aquades.

3.2.2 Analisis Laboratorium

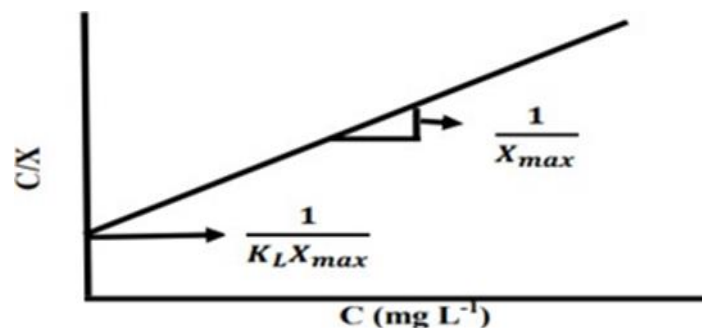
Alat-alat yang digunakan pada analisis laboratorium ini yaitu, botol kocok, tabung reaksi, rak tabung reaksi, labu ukur 50/100/250/500/1000 ml, Erlenmeyer 250/500/1000 ml, gelas *beaker*, pipet tetes, *shaker*, sentrifugator, pH meter, *spectrophometer*, dan kuvet.

Sedangkan bahan yang digunakan yaitu, CaCl_2 1 M, pereaksi Ammonium Molibdat, larutan Asam Askorbat, larutan kerja, larutan standar P 1000 ppm, larutan standar, seri KH_2PO_4 (0, 0.5, 1, 1.5, 2, dan 2.5 ppm P), larutan seri (0, 10,

25, 50, 100, dan 200 ppm P), pengestrak Bray-1, NH_4F 1N, HCl 25%, kertas saring, dan aquades. 25, 50, 100, dan 200 ppm P), pengestrak Bray-1, NH_4F 1N, HCl 25%, kertas saring, dan aquades.

3.3 Metode

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan melakukan analisis jerapan fosfor pada tanah GAK di laboratorium. Sampel tanah diambil di 4 titik yang berbeda dengan masing-masing 2 kedalaman yang berbeda (lapisan) yaitu 0-20 cm (*topsoil*) dan 20-40 cm (*subsoil*). Pengambilan sampel tanah dilakukan oleh Tim Ekspedisi Krakatau (2018) berdasarkan perbedaan sifat-sifat tanah karena dipengaruhi oleh ketinggian tempat dari permukaan laut (*toposequence*). Analisis jerapan fosfor tanah dilakukan dengan menggunakan model Langmuir Isotermik dan digunakan 16 satuan percobaan yaitu yang terdiri dari 4 sampel tanah, 2 lapisan, dan 2 ulangan ($4 \times 2 \times 2$). Parameter Langmuir Isotermik ini digunakan untuk mengetahui jerapan maksimum P (X_{\max}) dan energi relatif ikatan fosfor (K_L) di dalam tanah. Sedangkan pengolahan data dilakukan menggunakan *Microsoft excel*. Kemudian dilakukan Uji *Studen-t* untuk melihat perbedaan masing-masing jerapan maksimum fosfor dan energi relatif ikatan fosfor, serta dilakukan Uji Korelasi. Komponen utama Langmuir Isotermik jerapan fosfor dan komponen pendukungnya yaitu data karakteristik kimia tanah pada Gunung Anak Krakatau.



Keterangan : C/X : indeks jerapan P, K_L : energi relatif ikatan P, X_{\max} : jerapan maksimum P (mg kg^{-1}), C : konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (mg L^{-1}), X : jumlah P yang terjerap (mg kg^{-1})

Gambar 2. Kurva Persamaan Langmuir

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Survey Lapangan Dan Pengambilan Sampel Tanah

Tahapan penelitian dimulai dari survey lapang dan pengambilan sampel tanah Gunung Anak Krakatau yang telah dilakukan oleh Tim Ekspedisi Krakatau. Pengambilan sampel tanah sebelum erupsi 22 Desember 2018 dilaksanakan pada tanggal 8 Juli 2018 secara *toposequence* di lereng tenggara GAK. Sampel tanah ini diambil di 4 profil yang berbeda dengan masing-masing ketinggian profil tanah dan kedalaman tanah yang diambil, yaitu :

1. Profil 1 terletak pada ketinggian ± 5 m dpl, terdiri dari 2 lapisan yang berbeda, lapis 1 pada kedalaman 0-20 cm dan lapis 2 pada kedalaman 40-20 cm.
2. Profil 2 terletak pada ketinggian ± 50 m dpl, terdiri dari 2 lapisan yang berbeda, lapis 1 pada kedalaman 0-20 cm dan lapis 2 pada kedalaman 40-20 cm.
3. Profil 3 terletak pada ketinggian ± 90 m dpl, terdiri dari 2 lapisan yang berbeda, lapis 1 pada kedalaman 0-20 cm dan lapis 2 pada kedalaman 40-20 cm.
4. Profil 4 terletak pada ketinggian ± 105 m dpl, terdiri dari 2 lapisan yang berbeda, lapis 1 pada kedalaman 0-20 cm dan lapis 2 pada kedalaman 40-20 cm.



Sumber : (Tim Ekspedisi Krakatau, 2018).

Gambar 3. Profil tanah pada ketinggian 50 m dpl GAK sebelum erupsi 2018

3.4.2 Analisis Laboratorium

Pembuatan Larutan KH_2PO_4 ppm P dan Larutan CaCl_2 1 M

Pembuatan larutan KH_2PO_4 ppm P dilakukan dengan menimbang 4,394 g KH_2PO_4 kemudian dilarutkan dalam 1000 ml air sehingga menghasilkan larutan 1000 ppm. Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan larutan standar seri KH_2PO_4 dengan ukuran 0, 0.5, 1, 1.5, 2, dan 2.5 ppm P. Sedangkan untuk larutan CaCl_2 1 M dilakukan dengan cara menimbang 14,7 g CaCl_2 dan kemudian dilarutkan ke dalam 100 ml aquades.

Pembuatan Larutan Seri

Larutan seri yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0, 10, 25, 50, 100, dan 200 ppm P. Langkah pembuatan larutan seri 10 ppm P yaitu dengan memasukkan 10 ml larutan KH_2PO_4 1000 ppm P ke dalam labu ukur 1000 ml, kemudian ditambahkan larutan CaCl_2 1 M sebanyak 10 ml dan ditambahkan dengan aquades hingga 1000 ml. Langkah yang sama dilakukan hingga mencapai konsentrasi 200 ppm P.

Penetapan Jerapan Fosfor pada Tanah Parameter Langmuir Isotermik

Sampel masing-masing tanah kering ditimbang 3 g dan dimasukkan ke dalam botol kocok, lalu ditambahkan 30 ml larutan seri P, yaitu 0, 25, 50, 100, 150, dan 200 ppm P yang dicampur dengan larutan CaCl_2 1 M. Kemudian sampel tanah akan disuspensi menggunakan *shaker* selama 2 jam dengan kecepatan 500 rpm. Kemudian disentrifuse dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit, setelah itu diekstraksi jernih hasil ekstraksi digunakan dalam pengukuran fosfor. Fosfor yang terlihat pada *supernatant* (larutan tanah) diukur menggunakan *spectrophotometer* dengan panjang gelombang 720 nm. sedangkan fosfor yang terjerap di dalam tanah merupakan selisih konsentrasi larutan fosfor yang diberikan dengan fosfor yang terekstrak pada supernatan (larutan tanah) (Carter dan Gregorich, 2008 : Fiantis, 2004).

3.5 Analisis data

3.5.1 Uji Student-t

Uji *Student-t* pada taraf nyata 5% dilakukan untuk melihat perbedaan nyata antara masing-masing jerapan maksimum fosfor (X_{max}) dan energi relatif ikatan jerapan fosfor (K_L) pada tanah berdasarkan profil dan lapisan tanah dengan menggunakan model Langmuir Isotermik (Susilo, 2013).

3.5.2 Uji Korelasi

Uji korelasi dilakukan untuk melihat hubungan perilaku jerapan maksimum P (X_{max}) dan energi relatif ikatan P (K_L) dengan P-tersedia, P-potensial, dan pH (Susilo, 2013) pada tanah Gunung Anak Krakatau sebelum erupsi 2018.

3.6 Variabel Pengamatan

3.6.1 Variabel Utama

Variabel utama dalam penelitian ini adalah jerapan fosfor dengan metode Langmuir Isotermik. Penetapan jerapan fosfor dapat dilakukan dengan model Langmuir Isotermik. Ditimbang 3 gram sampel tanah, dan dimasukkan ke dalam botol kocok. Kemudian sampel ditambahkan 30 ml larutan seri yaitu 0, 10, 25, 50, 100 dan 200 ppm P. Suspensi contoh tanah di kocok dalam menggunakan *shaker* selama 2 jam. Setelah itu, suspensi contoh tanah disentrifuse dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit, kemudian ekstrak jernih digunakan dalam pengukuran fosfor. Fosfor yang terlihat pada supernatan atau larutan tanah dideteksi secara kalorimeter menggunakan *spectrophotometer* dengan panjang gelombang 720 nm (Charter dan Gregorich, 2008; Fiantis, 2004).

3.6.2 Variabel Pendukung

Penetapan pH Tanah Gunung Anak Krakatau

Penetapan pH tanah Gunung Anak Krakatau sebelum erupsi dengan menggunakan H_2O dan KCl (1:2,5) dengan metode elektroda pH meter (Tan, 2005). Ditimbang 5 g sampel tanah sebanyak dua kali, masing-masing dimasukkan ke dalam botol

kocok (H_2O dan KCl). Kemudian, ditambahkan 5 ml air bebas ion ke botol yang pertama (pH H_2O) dan 5 ml KCl ke dalam botol lainnya (pH KCl). Dikocok dengan *shaker* selama 30 menit. Kemudian Suspensi tanah diukur dengan pH meter yang telah dikalibrasi menggunakan larutan sangga pH 7,0 dan pH 4,0. (Balai Penelitian Tanah, 2005).

Penetapan P-Tersedia Dengan Metode Bray-I

Fosfat pada tanah Gunung Anak Krakatau ditetapkan dengan metode Bray-I. Berdasarkan penelitian Rahmi (2007) penetapan P-tersedia dengan metode Bray-I dilakukan dengan cara ditimbang 3 g sampel tanah < 2 mm kering udara dan ditambahkan pengekstrak Bray dan Kurt I (larutan 0,025 N HCl + NH_4F 0,03 N) sebanyak 30 ml. Kemudian dikocok selama 30 menit. Selanjutnya, diambil larutan standar dan suspensi sebanyak 5 ml dan dimasukkan kedalam tabung reaksi. Ditambahkan 10 ml larutan kerja dan kemudian diukur menggunakan *spectrophotometer*.

Penetapan P-Potensial

Kandungan P-Potensial dilakukan dengan menggunakan HCl 25%. Berdasarkan Balai Penelitian Tanah (2005) penetapan kadar P-Potensial dilakukan dengan ditimbang tanah sebanyak 2 g, kemudian dimasukkan kedalam botol kocok dan ditambahkan larutan HCl 25% sebanyak 25 ml lalu campuran dikocok selama 2 jam, setelah itu disentrifugasi kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring. Dipipet 0,5 ml ekstrak jernih contoh ke dalam tabung reaksi, ditambahkan 9,5 ml air bebas ion kemudian dihomogenkan. Setelah itu dipipet 2 ml ekstrak sampel encer dan deret standar masing-masing dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 10 ml larutan pereaksi pewarna P dan dihomogenkan, setelah itu diukur dengan menggunakan *spectrophotometer*.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dalam penelitian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Ketinggian tempat (elevasi) dan kedalaman tanah berpengaruh terhadap nilai jerapan maksimum P (X_{max}), semakin meningkatnya ketinggian tempat dan bertambahnya kedalaman lapisan tanah maka semakin meningkatkan nilai X_{max} . Sedangkan nilai energi relatif ikatan P (K_L) cenderung menurun seiring meningkatnya ketinggian tempat dan bertambahnya kedalaman lapisan tanah.
2. Jerapan maksimum P (X_{max}) pada lapisan *topsoil* dan *subsoil* berkorelasi negatif terhadap P-potensial. Energi relatif ikatan P (K_L) pada lapisan *topsoil* berkorelasi negatif terhadap pH KCl sedangkan pada lapisan *subsoil* berkorelasi negatif terhadap P-tersedia.

5.2 Saran

Penulis menyarankan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai faktor-faktor yang memengaruhi nilai energi relatif ikatan fosfor khususnya pada tanah-tanah yang berkembang dari bahan vulkanik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., Matsue, N., and Henmi, T. 2005. Molecular orbital analysis on the dissolution of nano-ball allophane under alkaline condition. *Clay Sci.* (13):1-6.
- Ahmad, S. W. 2018. Peranan Legume Cover Crops (LCC) *Colopogonium mucunoides* DESV. Pada Teknik Konservasi Tanah Dan Air Di Perkebunan Kelapa Sawit. *Prosiding Seminar Nasional Biologi Dan Pembelajarannya.* Hal : 341– 346.
- Ajidirman. 2010. Kajian kandungan mineral alofan dan fenomena fiksasi fosfor pada Andisols. *Jurnal Hidrolitan* 1(2):15-20.
- Balai Penelitian Tanah. 2004. *Petunjuk Teknis Pengamatan Tanah.* Balai Penelitian Tanah, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian. 177 hlm.
- Balai Penelitian Tanah. 2005. *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk.* Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian. 143 hlm.
- Badan Penelitian dan Pengembangan. 2009. *Petunjuk Teknis Edisi 2, Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk.* Agro Inovasi. Bogor. 234 hlm.
- Boinauw, H. 2017. Pembelajaran Geologi: Kajian Pelapukan Geologi. *Jurnal Pengetahuan.* (10): 59-63.
- Balkovic, J and Slivkova, K. 2002. *Phosporus retention in volcanic soils of Slovakia.* Phytopedon (Bratislava). 1: 78-85.
- Barrow, N. J. 1972. Influence of solution concentration of calcium on the adsorption of phosphate, sulphate, and molybdate by soils. *Soil Sci. Journal Soc. Am.* (113):175-180.
- Bohn, H. L., Brian, L. McNeal., George, O., and Connor. 1979. *Soil Chemistry.* A Wiley Interscience Publication. New York. 392 p.

- Carter, M. R and Gregorich, E. G. 2008. *Soil Sampling and Methods of Analysis 2nd Edition*. Taylor and Francis Group. United States of America. 1221 p.
- Damanik, M. M. B., Hasibuan, B. E., Fauzi., Sarifuddin., dan Hanum, H. 2010. *Kesuburan Tanah dan Pemupukan*. USU Press. Medan. 303 hlm.
- Dierolf, T., Fairhurst, T., and Mutert, E. 2001. *Soil Fertility Kit A Toolkit for Acid Upland Soil Fertility Management in Southeast Asia*. Handbook Series. Food and Agriculture Organization, PT. Jasa Katon and Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC). First Edition. Printed by Oxford Graphic Printer. 150 p.
- Dudal, R. dan Soeprahardjo, M. 1961. Some consideration on the genetic relationship between Latosols and Andosols in Java (Indonesia). *Trans of 7th Int. Cong. of Soil Sci IV*. Madison, Wisconsin, USA.
- Djuniwati, S., Hartono, A., dan Indyati, L.T. 2003. Pengaruh bahan organik (*Pueraria javanica*) dan fosfat alam terhadap pertumbuhan dan serapan P tanaman jagung (*Zea mays*) pada Andisol pasir Sarongge. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 5(1): 17-22.
- Elsheikh, M. A., Matsue, N., and Henmi, T. 2009. Effect of Si/Al Ratio of Allophane on Competitive Adsorption of Phosphate and Oxalate. *Int. J. Soil Sci.* (4):1-13.
- Fiantis, D. 2004. Kurva Sorpsi Fosfat Menurut Langmuir dan Freundlich Sebagai Penduga Kebutuhan Pupuk Fosfat pada Andisols Sumatera Barat. *Jurnal Solum*. (1): 15-25.
- Fiantis, D., Hakim, N., and Ranst, E. V. 2005. Properties and Utilisation of Andisols in Indonesia. *Journal Integrated Field Sci.* (2): 29-37.
- Fiantis, D. 2006. *Laju Pelapukan Kimia Debu Vulkanis Gunung Talang Dan Pengaruhnya Terhadap Pembentukan Mineral Liat Non Kristalin*. Universitas Andalas. Padang. 40 hlm.
- Fiantis, D. 2019. Dampak Erupsi Gunung Anak Krakatau pada Biodiversitas dan Tanah. <https://theconversation.com/dampak-erupsi-gunung-anak-krakatau-pada-biodiversitas-dan-tanah-109332>. [26 Oktober 2022].
- Fiantis, D., Ginting, F. I., Gusnidar., Nelson, M., and Minasny, B. 2019. Volcanic Ash, Insecurity for the People but Securing Fertile Soil for the Future. *Sustainability*. 11(11): 1-19.
- Firnia, D. 2018. Dinamika Unsur Fosfor pada Tiap Horison Profil Tanah Masam. *Jurnal Agroekoteknologi*. 10(1): 45-52.

- Ghoneim, A., Matsue, N., and Henmi, T. 2006. Effect of copper adsorption on some charge characteristics of nano ball allophane. *Intern Journal Soil Science*. 1(3): 243-250.
- Ginting, R. C. B., Saraswati, R., dan Husen, E. 2006. *Mikroba Pelarut Fosfat: Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor. 283 hlm.
- Goldberg, S. 2005. Equations and models describing adsorption processes in soils. *Chemical Processes in Soils*. Madison. Soil Science Society of America. 489–51.
- Hardjowigeno, S. 1985. *Genesis dan Klasifikasi Tanah*. Fakultas Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor. 284 hlm.
- Hartono, A., Funakawa, S., and Kosaki, T. 2005. Phosphorus Sorption-Desorption Characteristics of Selected Acid Upland Soils in Indonesia. *Journal Soil Science and Plant Nutrition*. 51(6): 787-799.
- Hartono, A., Anwar, S., dan Ruliana, N. 2019. Karakterisasi Pelepasan Nitrat pada Andisol di Jawa Barat dan Jawa Tengah. *Jurnal. Il. Tan. Lingk*. 21(1): 16-20.
- Havlin. 2005. *Soil Fertility and Fertilizers, an Introduction to Nutrient Management. 10th edition*. Pearson Education, Inc. New Jersey. (45): 270.
- IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base For Soil Resources 2014, update 2015: International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps. *Word Soil Resources Reports* No. 106, FAO, Rome.
- Kusuma, Y. R dan Yanti, K. 2021. Pengaruh Kadar Air dalam Tanah Terhadap Kadar C-Organik dan Kemasaman (pH) Tanah. *Indonesian Journal of Chemical Research*. 6(2): 92-97.
- Lumbanraja, J., Satgada, C.P., Sarno., Utomo, M., Hasibuan, R., Dermiyati., and Triyono, S. 2018. Phosphorus (P) adsorption behavior and harvested P by the Sugarcan (*Saccharum officinarum* L.) affected by inorganic and organic fertilizer applications on an Ultisol. *Journal Trop Soils*. 23(1): 35- 45.
- McCray, J. E., Kirkland, S. L., Siegrist, R. L., and Thyne, G. D. 2005. Model parameters for simulating fate and transport of on-site wastewater nutrients. *Groundwater* (43): 628–639.
- Mehdi, M., F., Yanti, P., dan Rinaldi, A. 2007. Pengaruh Pola Susunan Laminasi Balok Bambu Tali Terhadap Kerapatan, Delaminasi dan Keteguhan Patah. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. 1(2): 22-29.

- Mensah, J. K., Akomeah, P. A., and Eifediyi, E. K. 2007. Soil fertility regeneration of impoverished ultisols of Edo State Using *Gliricidia sepium* Jacq Walp. *Journal of Agronomy*. 6(4): 593–596
- Mirna, M., Chandra, T. C., Sudaryanto, Y., dan Ismadji, S. 2006. *Keseimbangan dan Kinetika Adsorpsi Methylene Biru Pada Karbon Aktif Yang Terbuat Dari Kulit Durian*. Jurusan Teknik Kimia. Unika Widya. Surabaya. 8 hlm.
- Nair, V. D., Graetz, D. A., and Reddy, K. R. (1998). Dairy manure influences on phosphorus retention capacity of spodosols. *Journal Environ Qual*. (27): 522-527.
- Nurwati, A dan Sudjudi. 2002. Hasil Penelitian Status Hara P dan K di Lahan Sawah Irigasi Kabupaten Bima. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Nusa Tenggara Barat *dalam* Siswanto, B. 2018. Sebaran unsur N, P, K dan pH dalam tanah. *Buana Sains* 18(2): 109-124.
- Nursyamsi, D dan Setyorini, D. 2019. Ketersediaan P Tanah-Tanah Netral dan Alkalin. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 30: 25-36.
- Nuryani, S., Notohadinrat, T., Sutanto, T., dan Radjagukguk, B. 2006. Faktor jerapan dan pelepasan fosfat di tanah Andosol dan Latosol. *Jurnal BPPS-UGM*. 6(4B) :1- 11.
- Padilla, G. N., Matsue, N., and Henmi, T. 2002. Adsorption of sulfate and nitrate on nano-ball allophane. *Clay Sci*. 11: 575-584.
- Parfitt, R. L. 1978. Anion adsorption by soils and soil materials. *Advances in Agronomy*. 30 : 1-50.
- Pizarra, C. J. D., Fabris, J. W., Stucki, V. K., Garg, G., and Galindo. 2008. Ammonium oxalate and citrate-ascorbate as selective chemical agent for the mineralogical analysis of clay fractions of an Ultisol and Andisols from southern Chile. *Journal Chil. Chem. Soc*. 53: 1581- 1584.
- Prasetyo. 2005. Andisol: karakteristik dan pengelolaannya untuk pertanian di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 1(1) :1-9.
- Rahmi, M. 2007. Penetapan Metode Analisis P Tersedia Tanah Entisol. *Skripsi*. Departemen Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan. 23 hlm.
- Ritonga, M., Bintang., dan Sembiring, M. 2015. Perubahan Bentuk P Oleh Mikroba Pelarut Fosfat dan Bahan Organik Terhadap P-tersedia dan Produksi Kentang (*Solanum tuberosum* L.) pada Tanah Andisol Terdampak Erupsi Gunung Sinabung. *Jurnal Agroekoteknologi*. 4(1): 1641- 1650.

- Rodriguez, S. G and Marcos, M. L. F. 2018. Phosphate sorption and desorption by two contrasting volcanic soils of equatorial Africa. *PeerJ*. 6: 1-14.
- Rosmarkam, A dan Yuwono, N.W. 2002. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Kanisius. Yogyakarta. 214 hlm.
- Saputra, I. W. I., Armijon., dan Fadly, R. 2021. Analisis Perubahan Topografi Gunung Anak Krakatau Pasca Erupsi Tanggal 22 Desember 2018 Menggunakan Data Foto Udara Dan Demnas. *Journal of Geodesy and Geomatics*. 1(2): 43-55.
- Sari, N. P., Santoso, T. I., dan Mawardi, S. 2013. Sebaran Tingkat Kesuburan Tanah pada Perkebunan Rakyat Kopi Arabika di Dataran Tinggi Ijen-Raung Menurut Ketinggian Tempat dan Tanaman Penaung. *Pelita Perkebunan*. 29(2): 93 – 107.
- Sayer, E. J and Tanner, E.V.J. 2010. A new approach to trenching experiments for measuring rooterhizosphere respiration in a lowland tropical forest. *Soil Biology and Biochemistry*. 42: 347-352.
- Setiawati, A. R., Lumbanraja, J., Aini, S. N., Dermiyati, Buchari, H., and Naspendra, Z. 2020. Texture and chemical properties of two depth soils in a toposequence of Anak Krakatau before December 2018 eruption. *Journal of Tropical Soils*. 25(2) : 71-81.
- Shoji, S., Nanzyo, M., and Dahlgren, R. 1993. *Volcanic Ash Soils, Genesis, Properties and Utilizations*. Elsevier Science Publishers. Amsterdam. 288 p.
- Siregar, R. E. N., Zakaria, A., dan Armijon. 2020. Kajian Daerah Rendaman Tsunami Di Pesisir Teluk Lampung Akibat Perubahan Topografi Gunung Anak Krakatau Di Tahun 2018. *Jurnal Geofisika Eksplorasi* 6(1): 31-41.
- Soil Survey Staff. 2014. *Keys to Soil Taxonomy*. Twelfth Edition. USDA. Washington. 372 p.
- Soleman, N., Rondonuwu, J. J., dan Pakasi, S. 2019. Status Kesuburan Kimia Tanah Di Kecamatan Mapanget Kota Manado. *Jurnal Cocos*. 1(3):1-10.
- Stehn, C. H. E. 1929. The geology and volcanism of the Krakatau Group. *4th Pan-Pacific Science Congress Java, 1929*. Part I. 1-55.
- Stevenson, F. J. 1994. *Humus Chemistry : Genesis, Composition, Reactions*. 2nd Edition. John Willey & Sons Inc. New York. 512 p.
- Sudadi, U., Anggriawan, R., dan Anwar, S. 2019. Aplikasi kleinano dari tuf volkan Gunung Salak Indonesia sebagai adsorben alami kontaminan anionik: Fosfat perairan. *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan*. 9(4): 1032-1040.

- Sudaryono. 2009. Tingkat Kesuburan Tanah Ultisol pada Lahan Pertambangan Batubara Sangatta, Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 10(3): 337 – 346.
- Sukarman dan Dariah, A. 2014. *Tanah Andosol di Indonesia: Karakteristik, Potensi, Kendala, dan Pengelolaannya untuk Pertanian*. Balai Besar Penelitian Dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Kementerian Pertanian. 144 hlm.
- Sukarman., Dariah, A., dan Suratman. 2020. Tanah Vulkanik Di Lahan Kering Berlereng Dan Potensinya Untuk Pertanian Di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*. 39(1): 21-34.
- Sukarman dan Suparto, S.T. 2015. Jerapan P pada Andisol yang berkembang dari tuff vulkan beberapa gunung api di Jawa Tengah dengan pemberian asam humat dan asam silikat. *Media Litbang Sulteng*. 4(1): 30 – 36.
- Supriadi, H., Randriani, E., dan Towaha, J. 2016. Korelasi Antara Ketinggian Tempat, Sifat Kimia Tanah, Dan Mutu Fisik Biji Kopi Arabika Di Dataran Tinggi Garut. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*. 3(1): 45- 52.
- Susanto, S. A., Budirianto, H. J., dan Maturbongs, A. C. 2020. Peran Vegetasi Dominan Pada Karakteristik Tanah di Lahan Bera, Kampung Womnowi, Distrik Sidey, Manokwari. *Jurnal Biologi Tropis*. 20 (2): 227 – 236.
- Susilo, F. X. 2013. *Aplikasi Statistika untuk Analisis Data Riset Proteksi Tanaman*. Anugrah Utama Raharja. Bandar Lampung. 168 hlm.
- Sutawidjaja, I. S. 2006. Pertumbuhan Gunung Api Anak Krakatau setelah letusan katastrofis 1883. *Jurnal Geologi Indonesia*. 1 (3) : 143-153.
- Tan, K. H. 1998. *Principles of Soil Chemistry*. Third Edition Revised and Expanded. Marcel Dekker, Inc., New York. pp 560.
- Tan, K. H. 2005. *Soil sampling, Preparation and Analysis 2nd Edition*. Boca Raton, FL. Taylor & Francis Group. London. New York. 622 p
- Thornton, I. 1996. *Krakatau, The Destruction And Reassembly Of An Island Ecosystem*. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts and London, England. 345 p.
- Verbeek, R. D. M., 1885. The time determination of the biggest explosion of Krakatau on August 27, 1883. *Science* 3, 1884, h. 43-45, and *Arch. Neerl Haarlem* 20 :1-13.
- Wada and Kakuto, Y. 1985. Embryonic halloysites in Ecuadorian soils derived from volcanic ash. *Journal Soil Science*. (49): 1309-1318.

- Wang, L and Liang, T. 2014. Effects of exogenous rare earth elements on phosphorus adsorption and desorption in different types of soils. *Chemosphere*. 103: 148-155
- Whittaker, R. J. and M.B. Bush. 1993. Anak Krakatau and old Krakatau: a reply. *Geo Journal*. 29 (4): 417-420.
- Wibisono, M. G., Sudarsono., dan Darmawan. 2016. Karakteristik Andisol Berbahan induk breksi dan lahar dari bagian timur laut Gunung Gede, Jawa Barat. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 40 (1): 61– 70.
- Yusran, F. H. 2010. Jerapan isotermik fosfor pada tanah-tanah penting di Kalimantan Selatan. *Jurnal Chlorophyl*. 6 (1): 14-17.
- Zurhalena dan Endriyani. 2004. Evaluasi status kesuburan tanah andisol pada kebun kopi rakyat di Kabupaten Kerinci. *Prosiding Seminar Nasional PLTT dan Hasil-Hasil Penelitian/Pengkajian*. Teknologi Pertanian Spesifik Lokasi. Jambi. 77-82 hlm.
- Zhou, A., Tang, H., and Wang, D. 2005. Phosphorus Adsorption on Natural Sediments: Modeling and Effects of pH and Sediment Composition. *Water Research*. 39. 1245–1254.