

SEBARAN KALSIUM DAN MAGNESIUM PADA TANAH ULTISOL DENGAN KELETERANGAN BERBEDA DI KECAMATAN PANGA KABUPATEN ACEH JAYA

The Distribution of Ca and Mg in Ultisol with Different Slopes in Panga, Aceh Jaya District

Laila Wijaya¹, Zuraida^{1*}, Muhammad Riskan¹

¹Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala

*Corresponding author: zuraida694@usk.ac.id

ABSTRAK

Unsur hara Kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg) merupakan unsur penting yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang relatif besar. Namun, pada jenis tanah tertentu, tanaman seringkali tidak menerima pasokan unsur hara yang cukup, terutama akibat pencucian dan erosi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran unsur hara makro Ca dan Mg pada tanah Ultisol pada berbagai lereng di Kecamatan Panga Kabupaten Aceh Jaya. Penelitian ini menggunakan metodologi deskriptif-kuantitatif yang terdiri dari tiga tahap: tahap persiapan berupa tinjauan pustaka dan penyusunan peta administrasi, peta jenis tanah, dan peta kemiringan lereng untuk menentukan Lokasi Titik Pengambilan Sampel (SPL); penetapan SPL untuk pengambilan contoh tanah di lapangan; dan pemeriksaan sampel tanah selanjutnya di laboratorium. Hasil analisis kimia tanah menunjukkan bahwa nilai rata-rata Ca-dd dan Mg-dd pada lereng dengan kisaran 0-8% menunjukkan perbedaan nyata, dengan Ca-dd berkriteria sedang dan Mg-dd berkriteria tinggi. Sebaliknya, pada kemiringan lereng antara 8-15%, nilai Ca-dd menunjukkan kriteria yang sangat rendah sedangkan nilai Mg-dd menunjukkan kriteria yang tinggi. Oleh karena itu, praktik pengelolaan unsur hara yang efektif sangat penting untuk tanah Ultisol di Panga, Kabupaten Aceh Jaya, termasuk pengapuran dan pemupukan sebagai strategi potensial.

Keyword; Unsur hara makro, Kalsium, Magnesium, Kelerengan, Ultisol

ABSTRACT

Calcium (Ca) and Magnesium (Mg) nutrients are essential elements plants require in relatively substantial quantities. However, in certain soil types, plants often do not receive an adequate supply of these nutrients, primarily due to leaching and erosion. This research aims to examine the distribution of Ca and Mg macronutrients in Ultisol soil across varying slopes in the Panga District of Aceh Jaya Regency. The study employs a descriptive-quantitative methodology, comprising three distinct stages: a preparatory phase involving literature review and the preparation of administrative maps, soil type maps, and slope maps to determine Sampling Point Locations (SPL); the determination of SPL for soil sample collection in the field; and the subsequent examination of soil samples within the laboratory. The results of the soil chemical analysis indicate that the mean values of Ca-dd and Mg-dd on slopes ranging from 0-8% exhibit significant differences, with Ca-dd displaying moderate criteria and Mg-dd demonstrating high criteria. Conversely, on slopes ranging from 8-15%, Ca-dd values indicate a notably low criterion while Mg-dd values denote high criteria. Consequently, effective nutrient management practices are imperative for Ultisol soil in Panga, Aceh Jaya District, including liming and fertilization as potential strategies.

Keywords; Macro-nutrients, Calcium, Magnesium, Slope, Ultisol

PENDAHULUAN

Ketersediaan unsur hara di dalam tanah sangat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Jumlah dan kandungan dari suatu unsur hara akan menjadi

penentu dalam proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Untuk mencapai tingkat yang optimal, maka seluruh kandungan unsur hara harus berada pada komposisi yang seimbang, sehingga tidak terdapat faktor

pembatas (Zhang *et al.*, 2021; Abbas *et al.*, 2023). Unsur hara esensial pada tanaman terbagi menjadi dua bagian, yang terdiri dari unsur hara makro dan unsur hara mikro. Unsur hara makro merupakan unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah relatif banyak yang terdiri dari C, H, O, N, P, K, S, Ca, dan Mg. Sedangkan unsur hara mikro yaitu unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah relatif sedikit seperti Fe, B, Mn, Zn, Cu, Mo, dan Cl (Ahmed *et al.*, 2023)

Kalsium (Ca) merupakan unsur nutrisi penting bagi pertumbuhan tanaman. Sebagian besar unsur hara Ca yang ada di dalam tanaman bergabung dengan pektin dalam dinding sel untuk menjaga struktur dinding sel, sambil secara bersamaan mengatur permeabilitas membran sel dan proses fisiologis dan biokimia terkait (Thor, 2019). Pada membran sel, Ca berperan menghubungkan gugus fosfat dengan gugus karboksil dari protein pada permukaan biofilm, sehingga menjaga integritas membran sel, permeabilitas, dan absorpsi ion secara selektif (Tang & Luan, 2017)

Magnesium (Mg) yang diambil tanaman dalam bentuk ion Mg^{2+} , adalah nutrisi penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta merupakan zat struktural yang diperlukan bagi tanaman. Mg juga merupakan komponen organik kritis dari protein, asam nukleat, enzim, klorofil, dan hormon yang terlibat dalam metabolisme fisiologis, yang memainkan peran penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Chen *et al.*, 2018). Konsentrasi pupuk Mg dan Nitrogen (N) yang sesuai dapat mempromosikan pembentukan klorofil, meningkatkan fotosintesis, mengatur metabolisme N, dan meningkatkan kualitas hasil tanaman, sedangkan ketidakseimbangan dalam pasokan Mg dan N akan menyebabkan penurunan kapasitas fotosintetik tanaman. Selain itu unsur Mg juga memiliki peran penting dalam sejumlah fungsi kunci pada tanaman, metabolisme energi, alokasi karbon, sintesis protein, dan ketahanan terhadap stres lingkungan (Chen *et al.*, 2018; Zhenya *et al.*, 2022). Penyeimbangan tanah merupakan pendekatan lain dalam mengelola kesuburan tanah yang berfokus pada tingkat Ca, Mg dan K untuk mencapai rasio kejenuhan kation

dasar (BCSR) yang diinginkan (Brock *et al.*, 2021).

Terdapat sejumlah jenis tanah yang tergolong miskin akan unsur hara. Salah satunya adalah tanah Ultisol. Tanah Ultisol merupakan jenis tanah marginal yang dapat dikembangkan menjadi lahan pertanian jika dikelola dengan teknik yang tepat. Karakteristik Ultisol yang membuatnya menjadi tanah yang kurang subur meliputi pH masam, C-organik rendah, basa-basa dapat ditukar dan kejenuhan basa rendah, serta unsur hara yang rendah. Akan tetapi, tanah Ultisol memiliki kejenuhan Al tinggi yang menyebabkan rendahnya nilai pH tanah (Pulunggono *et al.*, 2022). Tanah Ultisol juga rentan terhadap kehilangan nutrisi oleh air (Wei *et al.*, 2013).

Berdasarkan data hasil analisis tanah Ultisol dari berbagai wilayah di Indonesia menunjukkan bahwa, tanah Ultisol memiliki pH lebih rendah dari 5,5 (Sade *et al.*, 2016). Kandungan bahan organik lapisan atas tipis umumnya rendah sampai sedang, rasio C/N tergolong rendah dan kandungan Nitrogen juga relatif rendah. Pencucian basa yang terjadi secara intensif mengakibatkan kandungan unsur hara rendah dan proses dekomposisi yang cepat mengakibatkan kandungan bahan organik rendah. Kadar pH yang rendah memperparah efek tersebut dengan meningkatkan ketersediaan unsur mikro (misalnya, Fe, Mn, Cu, dan Zn), yang berpotensi menjadi racun bagi tanaman. Kondisi ini, yang dikombinasikan dengan sifat tanah lainnya, dapat menyebabkan kekurangan nutrisi, yang mengakibatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang terbatas serta penurunan produktivitas tanaman (Bojórquez-Quintal *et al.*, 2017).

Ultisol juga memiliki sifat fisik tanah yang kurang baik, diantaranya permeabilitas yang lambat, agregat berselaput liat dan daya pegang air rendah dan peka terhadap erosi. Akibat kejenuhan Al^{3+} yang tinggi pada tanah dapat menyebabkan kation-kation basa Ca dan Mg yang umumnya terdapat pada lapisan *top soil* juga mudah hilang karena tercuci dan juga menghambat penyerapan kation tersebut oleh akar tanaman (Singh *et al.*, 2017). Kation Mg, Ca dan K merupakan kation esensial yang dibutuhkan untuk meningkatkan kesehatan

tanah dan ketersediaan unsur hara (Pulunggono, 2022).

Sebaran tanah Ultisol di Provinsi Aceh mencapai 3.208.318 ha. Salah satu kabupaten yang memiliki tanah Ultisol di Provinsi Aceh adalah Kabupaten Aceh Jaya dengan luasan 259.950 ha. Sebaran tanah Ultisol di Kabupaten Aceh Jaya salah satunya yaitu di Kecamatan Panga dengan lahan seluas 27.701 ha (10,6%) dari total luasan Ultisol di Aceh Jaya. Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah Aceh Tahun 2013-2033, tanah Ultisol di Kecamatan Panga umumnya digunakan untuk perkebunan, hutan lindung, hutan produksi terbaru, dan juga pemukiman (Badan Pemeriksa Keuangan, 2014). Tanaman perkebunan yang diusahakan oleh penduduk diantaranya adalah sawit, cokelat, karet, dan nilam (BPS Aceh Jaya, 2022). Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui sebaran unsur hara Ca dan Mg pada tanah Ultisol dengan kelerengan yang berbeda di Kecamatan Panga Kabupaten Aceh Jaya.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Panga Kabupaten Aceh Jaya. Pengambilan sampel tanah dilaksanakan pada bulan Juli 2023. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Kimia Tanah Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala pada bulan Agustus – November 2023.

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat yang terdiri dari GPS, bor tanah, cangkul, kertas label, spidol, kantong plastik, kamera, karung, peta SPL (Satuan Peta Lahan), AAS, timbangan, oven, *shaker*, unit destilasi dan alat kimia lainnya yang digunakan di laboratorium. Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi sampel tanah, *aquadest* (H₂O), NH₄OAc pH 7, larutan buffer, KCN 1%, hidroxil amine-HCl 0,5 ml, indikator EBT, EDTA 0,01 N, triethanolamine (TEA), NaOH 10%, serta bahan-bahan untuk menganalisis sifat kimia tanah di Laboratorium Kimia Tanah Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode survey deskriptif-kuantitatif yang terdiri dari tiga tahapan yaitu persiapan berupa pengumpulan literature dan pengolahan data

sekunder, tahap penentuan SPL dengan melakukan *overlay* peta jenis tanah, peta kelerengan dan peta penggunaan lahan untuk pengambilan sampel tanah di lapangan, dan tahap analisis tanah di laboratorium. Metode analisis Ca dan Mg tanah di laboratorium menggunakan metode ekstraksi dengan penjujukan amonium asetat 1 N (NH₄OAc) pH 7,0. Koloid tanah mempunyai muatan negatif sehingga dapat menjerap kation dan ditukar dengan kation NH₄⁺. Kation Ca²⁺ dan Mg²⁺ ditetapkan dengan menggunakan titrasi (Sulaeman *et al.*, 2005). Ca dan Mg yang dihasilkan dalam analisa laboratorium dalam bentuk Ca-dd dan Mg-dd (Kalsium dan Magnesium yang dapat dipertukarkan).

Metode ekstraksi menggunakan Ca-dd bertujuan untuk menentukan ketersediaan kalsium yang dapat diserap oleh tanaman dari tanah. Dalam konteks analisis tanah, hasil ekstraksi kalsium dengan Ca-dd sering digunakan sebagai indikator untuk mengevaluasi status hara kalsium dalam tanah dan potensinya untuk mendukung pertumbuhan tanaman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kalsium yang dapat dipertukarkan (Ca-dd)

Berdasarkan hasil analisis, kandungan Ca-dd pada berbagai desa di Kecamatan Panga pada kelerengan 0-8% dan 8-15% disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Ca-dd lokasi Penelitian

Kelerengan	Desa	Ca-dd (cmol(+)/kg)	Kriteria Ca-dd
0 - 8%	Tuwi Eumpeuk	1,8	Sangat Rendah
	Kubu	0,4	Sangat Rendah
	Gunong Buloh	3,25	Rendah
	Alue Raya	38,4	Sangat Tinggi
	Babah Ceupan	11,2	Tinggi
	Kuta Tuha	17,22	Tinggi
	Panton Krueng 1	1,8	Sangat Rendah
	Panton Krueng 2	2	Rendah
	Alue Pande 1	2,6	Rendah
	Alue Pande 2	4,6	Rendah
Rata-rata		8,3	Sedang
8 - 15%	Kubu	1	Sangat Rendah
	Alue Pande 3	0,8	Sangat Rendah
	Alue Pande 4	1	Sangat Rendah
	Batee Meutudong 1	2	Rendah
	Batee Meutudong 2	3,8	Rendah
	Alue Piet	1	Sangat Rendah
	Rata - Rata		1,6

Kandungan Ca-dd pada lokasi penelitian secara umum termasuk ke dalam kriteria sangat rendah dan kriteria rendah. Kriteria Ca-dd sangat rendah memiliki nilai yaitu 0,4–1,8 (cmol(+)/kg), sedangkan kriteria rendah memiliki nilai yaitu 2–4,6 (cmol(+)/kg). Kriteria Ca-dd tinggi memiliki nilai yaitu 11,2–17,22 (cmol(+)/kg), sedangkan kriteria sangat tinggi memiliki nilai yaitu 38,4 (cmol(+)/kg). Unsur hara Ca yang sangat rendah dapat disebabkan oleh pH tanah serta pencucian, sehingga apabila pH tanah menurun maka ketersediaan Ca dalam tanah rendah.

Unsur hara Ca pada tanah dengan kriteria rendah disebabkan keberadaan Ca selalu terkait dengan kemasaman tanah (Edem & Inyang, 2012). Kekurangan Ca umumnya terjadi pada kondisi masam dengan kejenuhan Ca yang rendah (Hanafiah, 2010). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian pada pH tanah yang memiliki nilai sangat rendah, sehingga berdampak pada rendahnya kandungan Kalsium dalam tanah.

Ketersediaan Ca dipengaruhi oleh kelerengan dimana pada kelas lereng 0 – 8% kadar Ca-dd lebih tinggi dari kelas lereng 8 – 15%. Hal ini dapat disebabkan karena pada lokasi dengan kelas lereng yang lebih besar, terjadi pencucian yang lebih tinggi. Ketersediaan Ca yang rendah pada tanah juga dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yaitu tingkat keasaman tanah dan pencucian, dan secara umum menurunnya pH tanah akan menurunkan ketersediaan unsur Ca dan Mg (Singh *et al.*, 2014; Tan, 1991). Semakin tinggi kelarutan Ca maka semakin tinggi juga kelarutan Mg (Gunawan *et al.*, 2020; Rahma *et al.*, 2014).

Magnesium yang dapat dipertukarkan (Mg-dd)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketersediaan Mg yang dapat dipertukarkan (Mg-dd) berada pada kriteria rendah dan sangat tinggi pada kelerengan 0-8% dan 8-15%. Nilai Mg-dd pada berbagai desa di Kecamatan Panga dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Mg-dd lokasi penelitian

Kelerengan	Desa	Mg-dd (cmol(+)/kg)	Kriteria Mg-dd
0 - 8%	Tuwi	5	Tinggi
	Eumpeuk		
	Kubu	3,8	Tinggi
	Gunong Buloh	0,77	Rendah
	Alue Raya	5,6	Tinggi
	Babah Ceupan	11	Sangat Tinggi
	Kuta Tuha	0,77	Rendah
	Pantong Krueng 1	7,6	Tinggi
	Pantong Krueng 2	7,6	Tinggi
	Alue Pande 1	3,8	Tinggi
	Alue Pande 2	1,8	Sedang
	Rata-rata		4,77
8 - 15 %	Kubu	14,2	Sangat Tinggi
	Alue Pande 1	2	Sedang
	Alue Pande 2	1,4	Sedang
	Batee Meutudong 1	2,2	Tinggi
	Batee Meutudong 2	0,4	Rendah
	Alue Piet	3,6	Tinggi
Rata - Rata		3,96	Tinggi

Berdasarkan data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kandungan Mg-dd di lokasi penelitian memiliki kriteria paling banyak yaitu kriteria Tinggi. Pada kriteria sangat tinggi memiliki nilai yaitu 11–14,2 cmol(+)/kg), sedangkan pada kriteria tinggi memiliki nilai yaitu 2,2–7,6 cmol(+)/kg). Pada kriteria sedang memiliki nilai yaitu 1,4 – 2 cmol(+)/kg). Untuk kriteria rendah memiliki nilai yaitu 0,4–0,77 cmol(+)/kg). Kandungan Magnesium (Mg) yang tinggi diduga memberikan pengaruh terhadap rendahnya ketersediaan K pada hutan sekunder. Arsyad *et al.* (2012) menyatakan bahwa, sifat antagonis K dan Mg sangat berpengaruh terhadap ketersediaannya dalam tanah. Tingginya nilai

Mg dalam tanah maka akan mempengaruhi ketersediaan K di dalam tanah.

Hilangnya Magnesium (Mg) disebabkan oleh erosi akibat pencucian dan diangkut oleh tanaman dan organisme lain. Magnesium tersedia melalui proses pelapukan mineral yang mengandung magnesium. Selain itu, sebagai hasil dari proses ini, magnesium terdapat secara bebas di dalam larutan tanah. Rendahnya unsur hara Mg-dd disebabkan oleh rendahnya unsur Mg pada bahan induk tanah. Unsur Magnesium (Mg) akan diserap tanaman dalam bentuk ion yaitu Mg^{2+} , dimana ion Mg^{2+} merupakan unsur hara penting bagi tanaman sebagai komponen klorofil. Derajat perkembangan tanah dan letak pembentukan tanah juga dapat menentukan tinggi rendahnya kandungan unsur hara Mg dalam tanah. Tsui *et al.* (2004) juga menyatakan bahwa faktor lereng terlibat dalam transportasi dan akumulasi zat terlarut yang menyebabkan peningkatan pH, Ca dan Mg yang dapat dipertukarkan di daerah lereng datar.

Menurut Rahayu *et al.* (2014), kandungan Mg-dd yang rendah, pada tanah yang disebabkan oleh tingginya pencucian yang terjadi sebagai akibat curah hujan yang tinggi sehingga kation-kation yang ada dalam tanah larut dan terbawa oleh air ke saluran drainase. Menurut Liu *et al.* (2020), tinggi rendahnya Mg-dd dari pengaruh kelerengan terhadap kualitas hara pada tanah juga menunjukkan adanya kondisi lingkungan pada lahan tersebut yang relatif sesuai, sehingga variasi pengaruhnya terhadap sifat kimia tanah yang relatif rendah. Magnesium dapat dipengaruhi oleh proses pelapukan dari mineral-mineral yang mengandung Mg. Magnesium (Mg) akan berkurang pada tanah jika memiliki kemasaman yang tinggi. Kehilangan Magnesium (Mg) di dalam tanah dapat disebabkan karena erosi, pencucian dan diangkut oleh organisme lainnya (Ariyanti *et al.*, 2010). Hasil analisa menunjukkan bahwa nilai Mg-dd pada kelerengan 0-8% dan kelerengan 8 - 15% tidak jauh berbeda.

KESIMPULAN

Nilai Ca-dd pada kelerengan 0 – 8% adalah sedang (8,3 cmol(+)/kg), sedangkan pada kelerengan yang sama nilai Mg-dd adalah tinggi (4,77 cmol(+)/kg). Sedangkan pada kelerengan 8–15%, Nilai Ca-dd dan Mg-

dd masing-masing adalah sangat rendah (1,6 cmol(+)/kg) dan tinggi (3,96 cmol(+)/kg). Oleh karena itu, perlu dilakukan pengelolaan hara pada tanah Ultisol di Panga, Aceh Jaya salah satunya dengan melakukan pengapuran dan pemupukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, N., Habib, U., Younis, U., Irshad, I., Danish, S., Rahi, A.A. and Munir, T.M., 2020. Growth, chlorophyll content and productivity responses of maize to magnesium sulphate application in calcareous soil. *Open Agriculture*, 5(1), 792-800.
- Ariyanti, E., Sutopo., and Suwanto., 2010. Kajian status hara makro Ca, Mg, dan S tanah sawah kawasan industri daerah Kabupaten Karanganyar. *Jurnal Ilmu Tanah dan AgroKlimatologi*, 7(1).
- Arsyad, A.R., Junedi, H and, Farni, Y., 2012. Pemupukan kelapa sawit berdasarkan potensi produksi untuk meningkatkan hasil tandan buah segar (tbs) pada lahan marginal Kumpeh. *Jurnal Penelitian Universitas Jambi*, 14(1), 29-36.
- Badan Pemeriksa Keuangan, 2014. Rencana Tata Ruang Wilayah Aceh 2013-2033. [https://aceh.bpk.go.id/wp-content/uploads/2014/12/RENCANA-TATA-RUANG WILAYAH-ACEH-TAHUN-20134.pdf](https://aceh.bpk.go.id/wp-content/uploads/2014/12/RENCANA-TATA-RUANG-WILAYAH-ACEH-TAHUN-20134.pdf).
- Bojórquez-Quintal, E., Escalante-Magaña, C., Echevarría-Machado, I. and Martínez-Estévez, M., 2017. Aluminum, a friend or foe of higher plants in acid soils. *Frontiers in plant science*, 8, 271596.
- BPS Aceh Jaya., 2022. *Kecamatan Panga dalam Angka 2022*. Calang. BPS Kabupaten Aceh Jaya.
- Brock, C., Jackson-Smith, D., Kumarappan, S., Culman, S., Dooan, D. and Herms, C., 2021. The prevalence and practice of soil balancing among organic corn farmers. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 36(4), 365-374.
- Chen, Z.C., Peng, W.T., Li, J. and Liao, H., 2018, February. Functional dissection

- and transport mechanism of magnesium in plants. In *Seminars in cell & developmental biology*, 74, 142-152. Academic Press.
- Edem, I.D. and Udo-Inyang, U.C., 2012. Relationship of landscape positions with soil properties on maize (*Zea Mays* L.) Yield in Ultisol. *Basic Research Journal of Agricultural Science and Review*, 1(4), 69-76.
- Gunawan, G., Wijayanto, N. and Budi, S.W., 2019. Karakteristik sifat kimia tanah dan status kesuburan tanah pada agroforestri tanaman sayuran berbasis Eucalyptus Sp. *Journal of Tropical Silviculture*, 10(2), 63-69.
- Hanafiah, K.A., 2010. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Edisi Perguruan Tinggi. Jakarta. Raja Grafindo Persada.
- Liu, R., Pan, Y., Bao, H., Liang, S., Jiang, Y., Tu, H., Nong, J. and Huang, W., 2020. *Variations in soil physio-chemical properties along slope position gradient in secondary vegetation of the hilly region*. Gulin, Southwest China. *Sustainability*, 12, 1-16.
- Pulunggono, H.B., Kartika, V.W., Nadalia, D., Nurazizah, L.L. and Zulfajrin, M., 2022. Evaluating the changes of Ultisol chemical properties and fertility characteristics due to animal manure amelioration. *Journal of Degraded & Mining Lands Management*, 9(3).
- Rahma, S., Yusran and Umar, H., 2014. Sifat kimia tanah pada berbagai tipe penggunaan lahan di Desa Bobo Kecamatan Palolo Kabupaten Sigi. *J. Warta Rimba*, 2(1).
- Rahayu. A., Utami. S.R., and Rayes. M.L., 2014. Karakteristik dan klasifikasi tanah pada lahan kering dan lahan yang disawahkan di Kecamatan Perak Kabupaten Jombang. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 1(2), 79-87.
- Sade, H., Meriga, B., Surapu, V., Gadi, J., Sunita, M.S.L., Suravajhala, P. and Kavi Kishor, P.B., 2016. Toxicity and tolerance of aluminum in plants: tailoring plants to suit to acid soils. *Biometals*, 29, 187-210.
- Singh, S., Tripathi, D.K., Singh, S., Sharma, S., Dubey, N.K., Chauhan, D.K. and Vaculík, M., 2017. Toxicity of aluminium on various levels of plant cells and organism: a review. *Environmental and Experimental Botany*, 137, 177-193.
- Sulaeman, Suparto and Eviati., 2005. *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk Jilid II*. Bogor. Balai Penelitian Tanah.
- Tan, K.H., 1991. *Dasar-dasar Kimia Tanah*. Diterjemahkan oleh Didiek Hadjar Goenadi. Yogyakarta. Gadjah Mada University Press.
- Tang, R.J. and Luan, S., 2017. Regulation of calcium and magnesium homeostasis in plants: from transporters to signaling network. *Current Opinion in Plant Biology*, 39, 97-105.
- Thor, K., 2019. Calcium—nutrient and messenger. *Frontiers in plant science*, 10, 449564.
- Tsui, C.C., Chen, Z.S. and Hsieh, C.F., 2004. Relationships between soil properties and slope position in a lowland rain forest of southern Taiwan. *Geoderma*, 123(1-2), 131-142.
- Wei, L., Cheng, X. and Cai, Y., 2013. Nutrient export via overland flow from a cultivated field of an Ultisol in southern China. *Hydrological Processes*, 27(3), 421-432.
- Zhang, Xuechen, Bahar, S. R., Jiabin, L., Gui, W., Xucheng, Z., Ziyang, L., Bingnian, Z., Zhaohui, W., and Kazem, Z., 2021. "Croplands conversion to cash crops in dry regions: Consequences of nitrogen losses and decreasing nitrogen use efficiency for the food chain system." *Land Degradation & Development*, 32(3), 1103-1113.
- Zhenya, L.U., Yanyan, W.A.N.G., Degryse, F., Huang, C., Cuihong, H.O.U., Liangquan, W.U., Jiang, R., Mclaughlin, M.J. and Zhang, F., 2022. Magnesium-fortified phosphate fertilizers improve nutrient uptake and plant growth without reducing phosphorus availability. *Pedosphere*, 32(5), 744-751.