

Karakterisasi Petrologi dan Geokimia Batuan Gunungapi Adang dan Kaitannya dengan Kelimpahan Unsur Tanah Jarang di Daerah Botteng Kabupaten Mamuju, Provinsi Sulawesi Barat

Thutu Hyuna Fiana *, Dono Guntoro, Hartaja Muhamad Hatta

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*itsmethutuu@email.com, guntoro_uts@yahoo.com, hartajawicaksono@gmail.com

Abstract. The Adang Volcanic Formation in Mamuju Regency, West Sulawesi, is a volcanic complex consisting of eruptive, intrusive, and altered rocks with potential rare earth element (REE) content. This study aims to characterize the petrology and geochemistry of rocks and their relationship to REE distribution across three key blocks: Botteng, North Botteng, and Ahu Pasabu. Analytical methods applied include petrographic analysis, X-Ray Diffraction (XRD), X-Ray Fluorescence (XRF), and ICP-MS on rock and soil samples. The lithology is primarily basalt, with SiO₂ content ranging from 30% to 60%. Alteration minerals such as chlorite, analcime, and calcite indicate hydrothermal alteration processes. The highest REE concentration was detected in soil drill samples from depths of 1–2 meters, reaching up to 4,803 ppm, and is dominated by light REEs (La, Ce, Nd). Based on integrated petrological and geochemical data, the REE occurrences are classified as lateritic deposits, where rare earth elements are adsorbed onto clay mineral surfaces formed through volcanic rock weathering. This study reinforces the strategic exploration potential of the Botteng area and offers valuable insights into the sustainable development and management of Indonesia's mineral resources, particularly in relation to REE-bearing volcanic terrains.

Keywords: *Rare Earth Metals, Adang Volcano, Laterite, Petrology, Geochemistry, ICP-MS, X-Ray Diffraction (XRD), X-Ray Fluorescence (XRF).*

Abstrak. Formasi Gunungapi Adang di Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat, merupakan kompleks vulkanik yang tersusun atas batuan hasil erupsi, intrusi, dan alterasi, serta memiliki potensi keterdapat unsur tanah jarang (REE). Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi karakter petrologi dan geokimia batuan serta hubungannya dengan sebaran REE pada tiga blok utama: Botteng, Botteng Utara, dan Ahu Pasabu. Metode analisis meliputi petrografi, *X-Ray Diffraction (XRD)*, *X-Ray Fluorescence (XRF)*, dan ICP-MS terhadap sampel batuan dan tanah. Hasil menunjukkan bahwa litologi didominasi oleh basalt dengan kandungan SiO₂ antara 30–60%. Kehadiran mineral ubahan seperti klorit, analcim, dan kalsit mengindikasikan proses alterasi hidrotermal. Kandungan REE tertinggi ditemukan pada sampel tanah bor di kedalaman 1–2 meter dengan total konsentrasi mencapai 4.803 ppm, yang didominasi oleh unsur LREE (La, Ce, Nd). Berdasarkan hasil integrasi data petrologi dan geokimia, endapan REE diklasifikasikan sebagai tipe laterit, di mana unsur tanah jarang teradsorpsi pada permukaan mineral lempung hasil pelapukan batuan vulkanik. Studi ini menegaskan potensi eksplorasi strategis di wilayah Botteng serta memberikan kontribusi bagi pemanfaatan dan pengelolaan sumber daya mineral yang berkelanjutan di Indonesia.

Kata Kunci: *Logam Tanah Jarang, Gunungapi Adang, Laterit, Petrologi, Geokimia, ICP-MS, X-Ray Diffraction (XRD), X-Ray Fluorescence (XRF).*

A. Pendahuluan

Indonesia sebagai negara kepulauan yang terletak pada zona tektonik aktif memiliki potensi geologi yang sangat beragam, termasuk keberadaan gunungapi yang tersebar luas di berbagai wilayah. Aktivitas vulkanik tidak hanya membentuk morfologi dan tatanan geologi suatu daerah, tetapi juga menjadi salah satu faktor penting dalam proses pembentukan endapan mineral, termasuk unsur logam tanah jarang (Rare Earth Elements/REE) Sujatmiko, S., et al. (2017). Unsur tanah jarang saat ini menjadi salah satu komoditas strategis dunia karena perannya yang cukup penting dalam industri teknologi, seperti elektronik, energi terbarukan, pertahanan, dan otomotif. Oleh karena itu, upaya eksplorasi dan kajian terhadap potensi keterdapatan REE di wilayah vulkanik Indonesia menjadi sangat relevan, khususnya dalam mendukung ketahanan energi dan sumber daya mineral nasional.

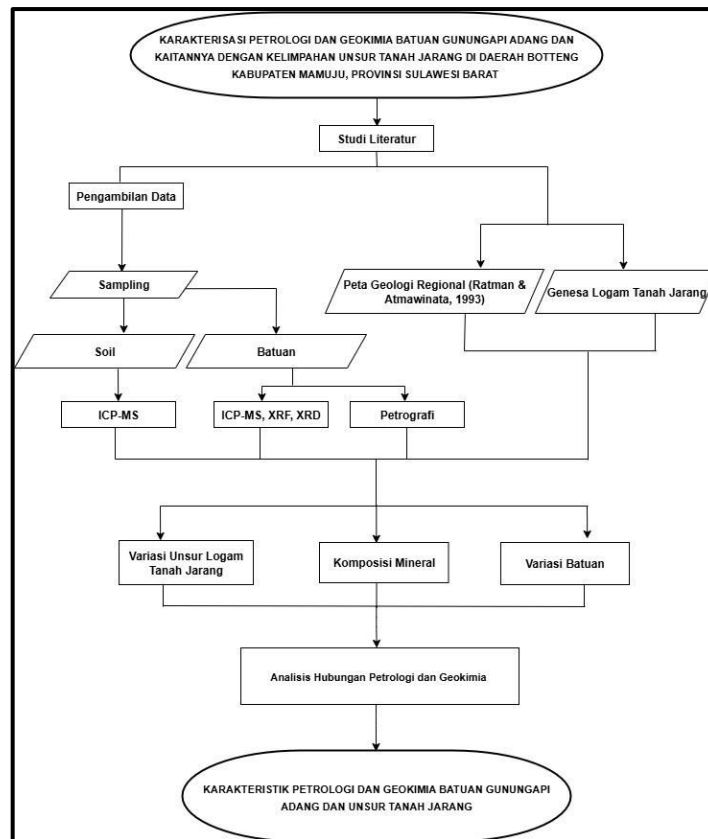
Gunungapi Adang yang terletak di Kabupaten Mamuju, Provinsi Sulawesi Barat, merupakan salah satu kompleks vulkanik yang secara geologis terdiri atas batuan-batuan hasil erupsi, intrusi, dan alterasi yang berpotensi mengandung unsur tanah jarang. Daerah Botteng yang berada di sekitar tubuh gunungapi tersebut diketahui memiliki indikasi kelimpahan REE berdasarkan data geokimia permukaan dan beberapa studi eksplorasi terdahulu. Namun, hingga saat ini kajian yang mengaitkan karakter petrologi batuan dengan sebaran dan konsentrasi unsur tanah jarang di daerah ini masih sangat terbatas.

Oleh karena itu, diperlukan analisis lebih lanjut yang menggabungkan pendekatan petrologi serta geokimia untuk memahami proses geologi yang mengontrol keterdapatan REE di daerah tersebut. Untuk mengatasi keterbatasan ini, metode X-Ray Fluorescence (XRF) dapat digunakan sebagai alat analisis yang efektif. Metode ini mampu mengidentifikasi unsur-unsur utama dan jejak pada batuan dengan cepat dan akurat, sehingga dapat membantu menjelaskan asal-usul magma, pola aktivitas vulkanik, serta proses yang memengaruhi pembentukan batuan. Penelitian ini sangat penting karena dapat memberikan wawasan baru tentang dinamika vulkanik di wilayah Sulawesi Barat, mendukung eksplorasi sumber daya mineral. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan geologi dan mendorong pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan di Kabupaten Mamuju. Berikut ini merupakan tujuan dari penelitian ini, yaitu :

1. Mengetahui unsur tanah jarang yang terdapat di daerah Botteng, Kabupaten Mamuju, Provinsi Sulawesi Barat.
 2. Mengetahui senyawa berdasarkan Hasil Uji X-Ray Fluorescence (XRF) pada batuan vulkanik Gunungapi Adang di Kabupaten Mamuju.
 3. Mengetahui jenis batuan gunungapi yang terdapat di daerah Botteng berdasarkan analisis petrografi dan plottan Diagram TAS batuan vulkanik.
- Mengetahui kandungan unsur logam tanah jarang berdasarkan hasil dari ICP-MS.

B. Metode

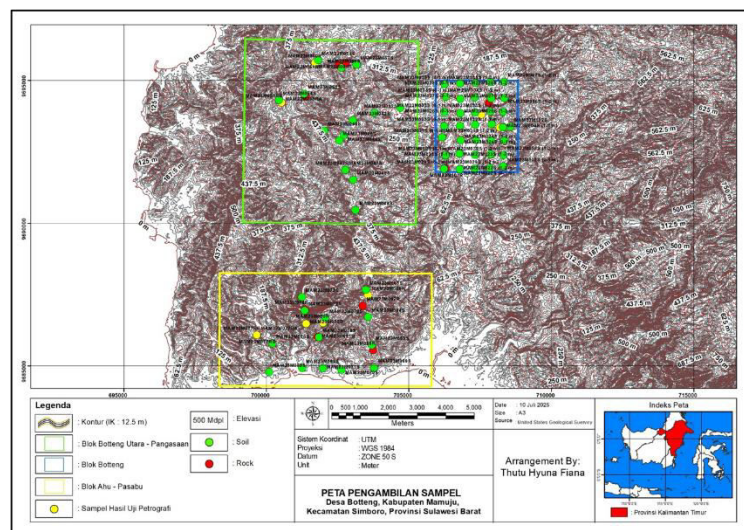
Data primer yang mencakup pada penelitian ini yaitu pengujian laboratorium yang berupa uji laboratorium yaitu Pengujian XRF, XRD, ICP-MS, dan analisis petrografi. Sedangkan untuk data sekunder yang digunakan yaitu studi literatur yang mencakup jurnal, artikel, buku, dan lembar geologi regional.



Gambar 1. Metode Penelitian

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

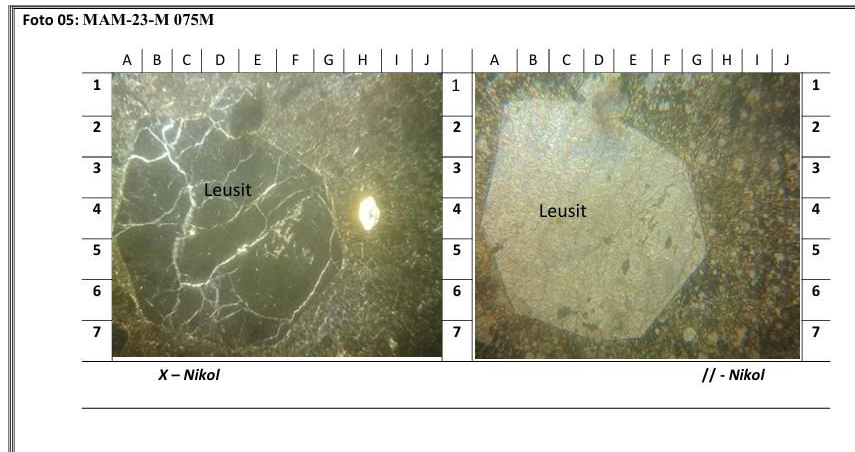
Berdasarkan Lokasi pengambilan sampel, wilayah penelitian dibagi menjadi 3 blok, yaitu Blok Botteng, Blok Botteng Utara, dan Blok Ahu Pasabu. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada daerah bukaan dengan channeling dengan pengambilan sampel interval 1-2 meter atau berdasarkan perubahan litologi/horizon. Karakteristik dari sampel tanah tersebut umumnya berupa lapukan dari batuan tuf dari Formasi Gunungapi Adang yang berwarna coklat kemerahan hingga abu-abu terang yang telah mengalami pelapukan yang cukup intens. Pengambilan sampel batuan juga sama dengan pengambilan sampel tanah. Pada blok botteng dilakukan dengan metode grid interval dengan jarak 400 meter.



Gambar 2. Peta Lokasi Pengambilan Sampel

Analisis Petrografi

Secara mikroskopis, batuan pada Gambar 3. ini berupa batuan basal leusit yang terdiri dari mineral fenokris (seperti feldspar, piroksen, hornblende, dan biotit) yang tersebar di dalam massa dasar (*groundmass*) yang mencakup gelas vulkanik, mineral opak, dan mineral ubahan. Kehadiran mineral-mineral ini mengindikasikan bahwa batuan telah mengalami proses alterasi hidrotermal atau pelapukan yang cukup signifikan. Proses ini mengubah mineral primer menjadi mineral sekunder yang umum dijumpai pada lingkungan yang telah terpapar fluida panas atau proses kimia pelapukan intens.



Gambar 3 . Sayatan Tipis Batuan Basal Leusit Sampel MAM-23-M-075M

Tabel 1. Komposisi Mineral Pada Sampel Batuan Hasil Analisis Petrografi

No	Blok	Kode Sampel	Komposisi Mineral %
1	Botteng Utara	MAM-23-MO55 RA	Kuarsa (7), Feldspar (10), Piroksen (5), Hornblend (3), Fragmen Batuan (14), Mineral Opak (5), Gelas (7), Oksida Besi (2), Mineral Lempung (32)
2	Botteng Utara	MAM-23-MO55-RB	Kuarsa (12), Feldspar (20), Mika (2), Mineral Opak (3), Gelas (5), Oksida Besi (3),
3	Botteng Utara	MAM-23-M060R	Feldspar (22), Piroksen (7), Hornblend (4), Mineral Opak (2), Analsim (20), Klorit (3), Kalsit (5)
4	Ahu Pasabu	MAM-23-MO66 R	Feldspar (10), Piroksen (5), Hornblend (2), Fragmen Organik (1), Mineral Opak (61), Gelas (5)
5	Ahu Pasabu	MAM-23-M 075M	Feldspar (17), Piroksen (2), Hornblend (1), Mineral Opak (2), Analsim (5), Klorit (15), Kalsit (8)
6	Ahu Pasabu	MAM-23-MO77RA	Kuarsa (5), Feldspar (15), Piroksen (7), Hornblend (5), Fragmen Batuan (17), Fragmen Organik (5), Mineral Opak (6), Kalsit (8), Oksida Besi (3)
7	Ahu Pasabu	MAM-23-M080R	Feldspar (25), Piroksen (4), Hornblend (1), Mineral Opak (2), Analsim (15), Klorit (2), Kalsit (1)
8	Botteng	MAM-23-M102R	Plagioklas (20), Piroksen (8), Hornblend (3), Mineral Opak (5), Analsim (24), Klorit (0,65), Kalsit (2,35)

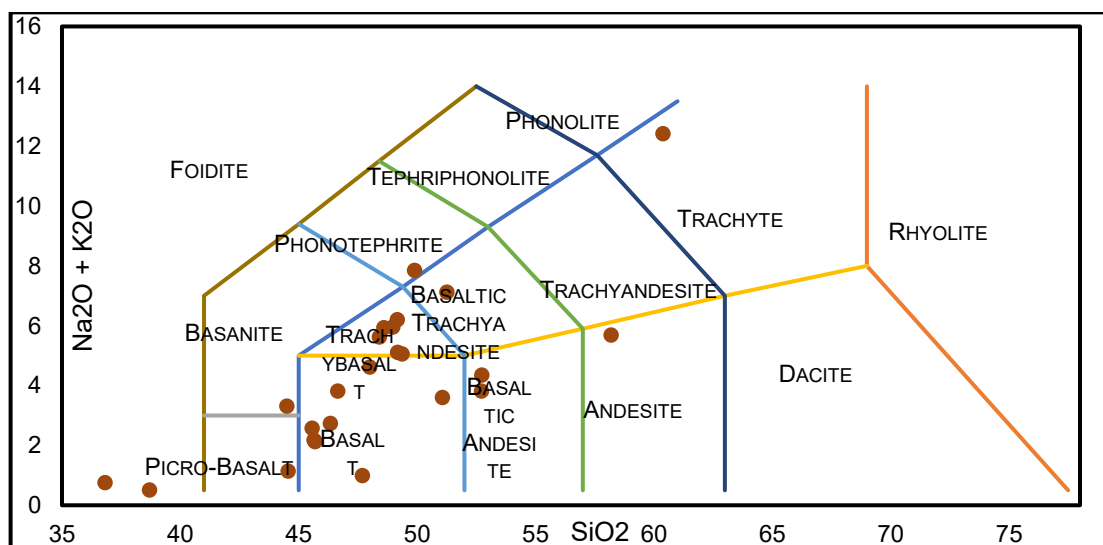
No	Blok	Kode Sampel	Komposisi Mineral %
9	Botteng	MAM-23-M103R	Feldspar (13), Piroksen (3), Hornblend (1), Analsim (5), Klorit (7), Kalsit (1)
10	Botteng	MAM-23-M105 R	Feldspar (24), Piroksen (6), Hornblend (3), Biotit (2), Mineral Opak (5), Analsim (15), Klorit (2), Kalsit (1)

Hasil analisis XRF pada Blok Botteng menunjukkan komposisi kimia yang bervariasi antar sampel. Kandungan SiO_2 berkisar antara 30,28%-52,72%, mengindikasikan adanya perbedaan tipe batuan dari mafik ke felsik. Fe_2O_3 cukup tinggi pada semua sampel, dengan rata-rata 7,96%, yang menunjukkan kemungkinan keterlibatan proses oksidasi atau kandungan mineral besi yang tinggi. Kandungan Al_2O_3 juga signifikan, dengan nilai tertinggi sebesar 23,97% pada sampel MAM23M101R, menandakan dominasi mineral lempung atau plagioklas dalam batuan.

Tabel 2. Hasil Analisis XRF Batuan Pada Blok Botteng (%)

NO	KODE SAMPEL	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
1	MAM23M101R	45,70	1,26	23,97	8,26	0,84	2,29	3,76	1,15	0,98	0,11
2	MAM23M102R	48,41	1,72	16,64	12,68	0,16	1,50	2,10	3,26	2,37	0,23
3	MAM23M103R	52,72	1,89	14,59	7,49	0,14	4,18	5,97	2,80	1,03	0,12
4	MAM23M104R	30,28	1,17	16,52	5,40	0,25	2,26	30,33	0,44	0,81	0,10
5	MAM23M105R	51,09	2,07	15,50	5,98	0,07	4,80	3,56	3,16	0,46	0,07
Total		228,20	8,10	87,22	39,82	1,48	15,03	45,72	10,80	5,65	0,63

Diagram TAS (Total Alkali Silika) digunakan untuk mengklasifikasikan batuan beku vulkanik berdasarkan kandungan total alkali ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) terhadap kandungan silika (SiO_2). Berdasarkan sebaran titik data pada diagram tersebut, dapat disimpulkan bahwa sampel batuan dari daerah penelitian menunjukkan variasi yang cukup luas dalam kandungan silika dan alkali. Beberapa titik berada dalam foidite, basanit, phonotephrite, basalt, basaltic andesite, dan trachybasalt, dimana menunjukkan bahwa batuan tersebut memiliki karakteristik mafik hingga intermediate dengan kecenderungan ke arah komposisi alkali menengah hingga tinggi.



Gambar 3 . Diagram Total Alkali Silika

Analisis X-Ray Diffraction (XRD)

Berdasarkan hasil analisis X-Ray Diffraction (XRD) terhadap 17 sampel batuan dan tanah dari daerah Botteng dan sekitarnya, teridentifikasi keberadaan berbagai jenis mineral yang tergolong dalam kelompok lempung, silikat, oksida, dan kompleks lainnya. Mineral yang paling dominan ditemukan adalah halloysite ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) yang muncul di hampir seluruh sampel. Pada sampel MAM23017S memiliki mineral Halloysite dengan menunjukkan nilai tertinggi sebesar 0,882 (WT%). Pada sampel MAM23M068R memiliki mineral Analsim dengan nilai tertinggi sebesar 0,915 (WT%). Hasil analisis *X-ray Diffraction* (XRD) yang dilakukan pada sampel batuan dan tanah dari Blok Botteng, Botteng Utara, dan Ahu Pasabu memberikan informasi penting mengenai jenis mineral penyusun pada masing-masing lokasi. Analisis ini digunakan sebagai referensi utama untuk mengidentifikasi potensi keberadaan logam tanah jarang (LTJ) melalui deteksi mineral-mineral pembawa atau yang berasosiasi dengan unsur-unsur LTJ. Dalam hasil XRD tersebut teridentifikasi berbagai halloysite, analcime, rectorite, sauconite, aegirine, thorium, thorianite, dan mineral lempung lainnya yang secara umum dapat mencerminkan adanya proses alterasi hidrotermal dan pelapukan laterit.

Inductively Couple Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS)

Analisis kandungan unsur logam tanah jarang dari tiga lokasi pengambilan sampel di daerah penelitian menunjukkan variasi kadar yang cukup signifikan pada setiap blok. Pada Blok Botteng, kandungan LTJ tercatat memiliki kisaran tertinggi, yaitu antara 756 hingga 4.804 ppm, yang menunjukkan potensi mineralisasi logam tanah jarang yang cukup tinggi di area ini. Blok Botteng Utara memiliki kisaran yang lebih rendah, yaitu antara 263 hingga 2.578 ppm, sementara Blok Ahu Pasabu mencatat kandungan LTJ dalam rentang 546 hingga 2.939 ppm.

Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa masing-masing blok memiliki tingkat pengayaan logam tanah jarang yang berbeda, dapat dipengaruhi oleh variasi litologi. Unsur logam tanah jarang yang paling tinggi adalah Cerium (Ce), dengan kadar tertinggi sebesar 2.103 ppm yang ditemukan pada Kode Sampel 024S yang berasal dari Blok Botteng. Kadar Ce yang tinggi ini menunjukkan bahwa Blok Botteng tidak hanya memiliki total logam tanah jarang tertinggi, tetapi juga menjadi lokasi dengan akumulasi unsur yang signifikan.

Tabel 3. Kandungan LTJ Pada Sampel Soil Blok Ahu Pasabu (ppm)

KODE SAMPel	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Y	Er	Tm	Yb	Lu	Total
063S	119	979	24	71	16	3	21	2,29	10	5,6	27	7	4,94	7	4,67	1302
064S	762	1020	131	455	82	18	81	9,87	49	8,9	274	23	3,22	19,8	2,7	2939
065S	571	950	96	333	51	10	53	5,68	28	5,1	141	14	1,89	11,6	1,52	2273
069S	449	744	76	258	43	12	41	4,69	23	4,1	100	11	1,57	9,8	1,26	1778
070S	342	563	67	246	40	8	38	4,06	18	3,1	86	8	1,05	6,4	0,86	1431
071S	219	338	44	163	27	6	24	2,55	11	1,8	48	5	0,57	3,5	0,49	894
072S	287	434	54	194	32	8	29	3,18	15	2,5	68	7	0,86	5,2	0,7	1140
073S	303	471	60	219	36	9	32	3,48	16	2,6	71	7	0,89	5,4	0,72	1237
076S	171	534	24	76	12	4	17	1,8	10	1,9	55	6	0,82	5,3	0,71	920
078S	436	769	54	183	29	6	32	3,47	17	3,1	87	9	1,16	7,3	0,95	1638
079S	65	1164	11	37	8	1	19	1,09	5	0,8	14	2	0,33	2,3	0,29	1331
082S	296	538	63	241	40	8	37	3,84	17	2,8	76	7	0,89	5,3	0,75	1337
083S	403	520	63	228	37	8	33	3,51	15	2,5	69	6	0,78	4,7	0,61	1394

D. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian geologi dan eksplorasi geokimia yang telah dilakukan di wilayah Botteng, Kabupaten Mamuju, beberapa jenis unsur tanah jarang (Rare Earth Elements/REE) yang ditemukan meliputi : LREE (Light Rare Earth Elements) seperti: La (Lantanum), Ce (Serium), Pr (Praseodimium), Nd (Neodimium), Sm (Samarium), sementara HREE (Heavy Rare Earth Elements)

seperti: Gd (Gadolinium), Dy (Disprosium), Er (Erbium), Y (Yttrium).

Senyawa yang berada pada batuan gunungapi adang yaitu SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅, HD, SO₃, H₂O. Batuan gunungapi adang tersusun dari tuf, lava, dan breksi gunungapi yang tersusun dari basalt-leusit. Sebanyak 10 sampel batuan yang dianalisis petrografi, dan umumnya berupa batuan basalt, dan tuf. Setelah dilakukannya Plot diagram TAS, maka dihasilkan batuan yang dominan berupa basalt hingga basaltic-andesite. Pengeplottan Diagram TAS menggunakan perbandingan antara SiO₂ dan Na₂O+K₂O. Dengan komposisi SiO₂ terbesar pada sampel MAM23M105R yaitu 51.08%.

Kandungan unsur logam tanah jarang tertinggi pada blok botteng yaitu 4.804 ppm dengan kode sampel 031S (1-2 m). Kemudian unsur yang paling tinggi yaitu Cerium (Ce).

Ucapan Terimakasih

Penulis menyadari bahwa penyusunan usulan penelitian ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan tulus hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Yunus Azhari, M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung.
2. Bapak Noor Fauzi Isniarno, S.Si., M.T., selaku Sekretaris Prodi Teknik Pertambangan dan Sekaligus Menjadi Dosen Pembimbing, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung.
3. Bapak Ir. Zaenal, M.T., selaku Koordinator Skripsi, Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung.
4. Bapak Ir. Dono Guntoro, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Proposal Skripsi yang senantiasa membimbing dan membantu dalam penyusunan Skripsi ini.
5. Bapak Hartaja Muhamad Hatta W. S.T., M.Sc. selaku Co-Pembimbing yang memberikan arahan, masukan serta materi mengenai skripsi penyusun. Seluruh teman Angkatan 2021 yang telah membantu serta mendukung dalam membuat Skripsi ini.

Daftar Pustaka

- Aprian, A. (2025). Analisis Perkuatan Tunnel menggunakan Metode RMR, Q-System, dan Finite Element Method pada TD XC-2 CG 460. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 91–106. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v5i1.5900>
- Falah, A. F., Yuliadi, N., & Fauzi, I. (2025). *Penentuan Zona Aquifer di Quarry Trass PT XYZ*. <https://journal.sbpubliher.com/index.php/minetech>
- Muhamad Rizal Kautsar, Sriyanti, & Elfida Moralista. (2025). Monitoring Temperature Batubara untuk Prediksi Swabakar pada Stockpile Inpit TAL RL Utara. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 21–28. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v5i1.6606>
- Maulana, A. 2021. “Unsur Tanah Jarang, Penerbit Ombak Yogyakarta”. 181 Hal
- Maulana, A., K. Yonezu, K. Watanabe. 2014. “Geochemistry of rare earth element (REE) in the weathered crusts from the granitic rock in Sulawesi Island, Indonesia”. *Journal of Earth Science*, 25, 460 – 472
- Prabowo. 2015. “Konsep-Konsep Dasar dan Tahapan Pada Eksplorasi” Teknik Sipil Institut Teknologi Indonesia, Serpong. Tangerang Selatan
- Pearce, J. A., & Peate, D.W. 1995. “Tectonic Implications of The Composition of Volcanic Arc Magmas” *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 23 (1), 251-285.

Ratman N, Atmawinata S, 1993, Peta Geologi Lembar Mamuju, Sulawesi skala 1: 250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung.

Robinson, D., Schmidt, S. T. & Santana de Zamora, A. (2002). Reaction pathways and reaction progress for the smectite-to-chlorite transformation: Evidence from hydrothermally altered metabasites. Journal of Metamorphic Geology, 20, 167–174.

Saputro dan Priadi. 2016. Penyebab Serta Sumber High-K pada Batuan Vulkanik dan Plutonik di Tana Toraja. Proceeding, Seminar Nasional Kebumian.

Sukido, R., et al. (1993). Peta Geologi Lembar Mamuju, Sulawesi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Surono dan Hartono, U., “Geologi Sulawesi”, Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, LIPI Press., Jakarta, 2013.

Sujatmiko, S., Wahyuningsih, A., & Widodo, I. (2017). *Potensi Unsur Tanah Jarang di Indonesia dan Pemanfaatannya*. Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral, 27(1), 47–60