

KARAKTERISTIK GEOKIMIA *GREY TO CREAM COLORED PUMICE* GUNUNG TANDIKAT DAN IMPLIKASINYA TERHADAP PROSES PEMBENTUKAN

Atilla Farah Diva¹, Hamdi Rifai², Ahmad Fauzi³, Harman Amir⁴

Universitas Negeri Padang, Sumatera Barat

e-mail: rifai.hamdi@fmipa.unp.ac.id

Abstract: *Grey to cream colored pumice is a highly vesicular pyroclastic rock formed during explosive volcanic eruptions and preserves important geochemical information. This study aims to analyze the geochemical characteristics of grey- to cream-colored pumice from Mount Tandikat and interpret their implications for pumice formation. Three samples were analyzed using portable X-ray fluorescence (pXRF) to determine the concentrations of major and trace elements. The detected major elements were Si, Al, K, Ca, and Fe, while the trace elements included Rb, Sr, Y, Zr, and Th with varying concentrations among the samples. Sample TDK25-04 exhibited the most complete geochemical characteristics based on the number of detected elements. Variations in major and trace element compositions indicate geochemical heterogeneity related to magma differentiation and crystallization prior to eruption. These results demonstrate that pXRF analysis provides preliminary information on the geochemical characteristics of grey to cream colored pumice from Mount Tandikat and its implications for pumice formation.*

Keyword: *grey to cream colored pumice, geochemistry, pXRF, Mount Tandikat, magma differentiation.*

Abstrak: *Grey to cream colored pumice* merupakan batuan piroklastik berpori yang terbentuk akibat erupsi eksplosif dan merekam karakteristik geokimia magma. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik geokimia *grey to cream colored pumice* Gunung Tandikat serta menginterpretasikan implikasinya terhadap proses pembentukan. Analisis dilakukan terhadap tiga sampel menggunakan *portable X-ray fluorescence* (pXRF) untuk mengidentifikasi unsur utama dan unsur jejak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa unsur utama yang terdeteksi meliputi Si, Al, K, Ca, dan Fe, sedangkan unsur jejak terdiri atas Rb, Sr, Y, Zr, dan Th dengan variasi konsentrasi pada setiap sampel. Sampel TDK25-04 menunjukkan karakteristik geokimia paling lengkap berdasarkan jumlah unsur yang terdeteksi. Variasi komposisi unsur utama dan unsur jejak mengindikasikan adanya heterogenitas geokimia yang berkaitan dengan proses diferensiasi dan kristalisasi magma sebelum erupsi. Analisis geokimia menggunakan pXRF mampu memberikan informasi awal mengenai karakteristik *grey to cream colored pumice* Gunung Tandikat serta implikasinya terhadap proses pembentukan.

Kata kunci: *grey to cream colored pumice, geokimia, pXRF, Gunung Tandikat, differensiasi magma.*

PENDAHULUAN

Pumice merupakan batuan piroklastik berpori yang terbentuk akibat erupsi eksplosif magma kaya silika dengan kandungan volatil yang tinggi. Selama magma mengalami kenaikan

menuju permukaan, penurunan tekanan menyebabkan terbentuknya gelembung gas (*bubble nucleation*) yang kemudian mengalami pertumbuhan dan ekspansi hingga menghasilkan tekstur vesicular sebagai ciri khas *pumice*. Proses pembentukan vesikel dipengaruhi oleh

komposisi magma, viskositas, kandungan volatil, serta keberadaan mineral yang dapat bertindak sebagai lokasi *heterogeneous bubble nucleation* (McCartney et al., 2024). Karakteristik tersebut menjadikan *pumice* sebagai salah satu produk vulkanik yang mampu merekam kondisi fisikokimia magma selama proses magmatisme sehingga banyak dimanfaatkan untuk menginterpretasikan evolusi magma dan mekanisme erupsi gunung api (Gardner et al., 2023). Oleh karena itu, kajian terhadap *pumice* menjadi penting karena mampu memberikan informasi mengenai proses pembentukan batuan vulkanik melalui karakteristik fisik maupun geokimianya.

Selain memiliki tekstur vesikular yang khas, *pumice* juga memperlihatkan variasi karakteristik makroskopis, seperti warna, ukuran vesikel, dan tingkat porositas. Variasi karakteristik tersebut mencerminkan adanya perbedaan kondisi pembentkan magma dan dapat mengindikasikan heterogenitas material vulkanik yang dihasilkan selama erupsi. Pada endapan *pumice* Kaldera Maninjau menunjukkan bahwa populasi *pumice* dengan variasi warna dan tekstur mencerminkan heterogenitas magma yang dihasilkan selama evolusi sistem magmatik (Suhendro et al., 2024). Meskipun warna makroskopis tidak dapat digunakan untuk menentukan komposisi kimia batuan secara langsung, karakteristik tersebut dapat menjadi indikator awal dalam membedakan sampel yang berpotensi memiliki karakteristik geokimia yang berbeda. Sehingga variasi warna makroskopis menjadi salah satu pertimbangan penting dalam pemilihan sampel sebelum dilakukan analisis geokimia.

Analisis geokimia merupakan salah satu pendekatan yang banyak digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik batuan vulkanik melalui komposisi unsur utama dan unsur jejak. Variasi kandungan unsur utama, seperti Si, Al, K, Ca, dan Fe, dapat digunakan untuk mengevaluasi karakteristik magma, sedangkan unsur

jejak memberikan informasi mengenai evolusi dan diferensiasi sistem magmatik (Phua et al., 2025). Analisis komposisi unsur tersebut memungkinkan identifikasi perbedaan karakteristik geokimia antar sampel *pumice* sehingga dapat digunakan untuk menginterpretasikan proses pembentukan batuan vulkanik (Pratama et al., 2023). Dengan demikian, pendekatan geokimia menjadi metode yang efektif untuk mengevaluasi hubungan antara variasi warna makroskopis dan karakteristik geokimia *pumice* Gunung Tandikat. Hasil analisis tersebut diharapkan dapat memberikan informasi mengenai implikasi variasi geokimia terhadap proses pembentukan *pumice*.

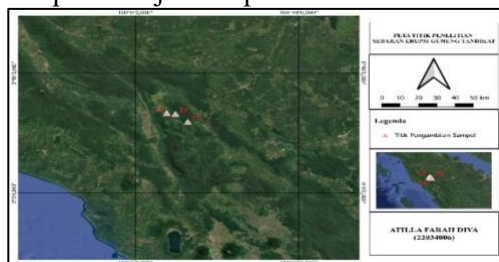
Gunung Tandikat merupakan salah satu gunung api strato di Sumatera Barat yang terbentuk sebagai bagian dari jalur vulkanik Bukit Barisan akibat proses subduksi Lempeng Indo-Australia terhadap Lempeng Eurasia. Aktivitas vulkaniknya menghasilkan berbagai endapan piroklastik, termasuk *pumice*, sebagai hasil erupsi eksplosif yang berkaitan dengan evolusi sistem magmatik (Suhendro, 2024). Berdasarkan hasil observasi lapangan pada penelitian ini, *pumice* yang dikumpulkan menunjukkan variasi warna makroskopis mulai dari abu-abu (*grey*) hingga krem (*cream*). Variasi warna tersebut digunakan sebagai dasar pemilihan tiga sampel penelitian untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan *portable X-ray fluorescence* (pXRF). Analisis tersebut dilakukan untuk mengevaluasi karakteristik geokimia *pumice* serta menginterpretasikan implikasinya terhadap proses pembentukannya.

Berbagai penelitian telah memanfaatkan karakteristik geokimia *pumice* untuk menginterpretasikan diferensiasi magma dan evolusi sistem magmatik. Gardner et al., (2023) menjelaskan bahwa kandungan silika yang tinggi meningkatkan viskositas magma sehingga mendukung pembentukan vesikel selama proses dekompresi, sedangkan McCartney et al, (2024) Kandungan silika yang tinggi

meningkatkan viskositas magma sehingga berpengaruh terhadap proses pembentukan vesikel, sedangkan mineral oksida Fe–Ti berperan sebagai lokasi terjadinya *heterogeneous bubble nucleation* yang memengaruhi pembentukan vesikel pada *pumice*. Variasi kandungan unsur utama dan unsur jejak dapat digunakan untuk menginterpretasikan evolusi magma pada batuan vulkanik (Phua et al., 2025). Meskipun demikian, penelitian mengenai karakteristik geokimia *grey- to cream-colored pumice* Gunung Tandikat berdasarkan variasi warna makroskopis sebagai dasar pemilihan sampel masih belum banyak dilaporkan. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik geokimia tiga sampel *grey to cream colored pumice* Gunung Tandikat berdasarkan komposisi unsur utama dan unsur jejak menggunakan metode *portable X-ray fluorescence* (pXRF), serta menginterpretasikan implikasinya terhadap proses pembentukan *pumice*.

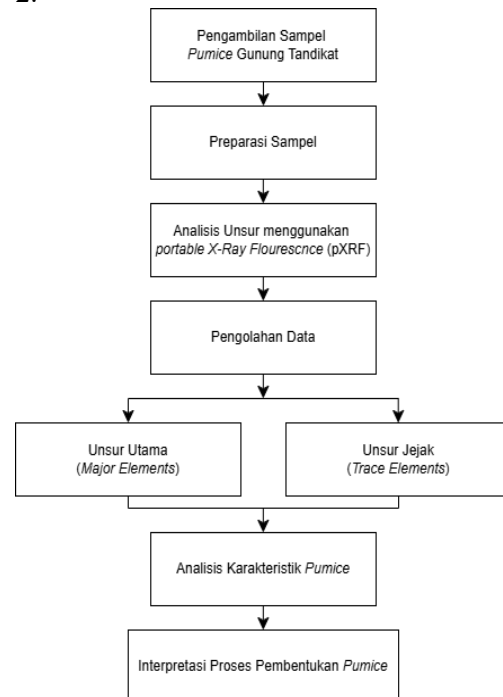
METODE

Penelitian ini dikategorikan sebagai studi empiris dengan desain penelitian deskriptif – analitik yang dilakukan dengan beberapa tahap mulai dari pengumpulan data, observasi lapangan, hingga analisis laboratorium. Penelitian dilakukan pada endapan *pumice* Gunung Tandikat, Kabupaten Agam, Sumatera Barat. Pengambilan sampel dilakukan pada tiga titik pengamatan yang mewakili variasi warna *pumice* dari *grey* hingga *cream*. Peta sebaran titik pengambilan sampel ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Peta Sebaran Titik Pengambilan Sampel

Sampel dipilih menggunakan metode *purposive sampling* berdasarkan variasi warna makroskopis yang ditemukan di lapangan. Tiga sampel yang digunakan terdiri atas TDK25-03C, TDK25-04, dan TDK25-05 yang mewakili *pumice* berwarna *grey* hingga *cream*. Setelah dikumpulkan, sampel dibersihkan dari kotoran yang menempel sebelum dilakukan analisis geokimia menggunakan pXRF. Diagram alir tahapan penelitian disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan Penelitian Karakteristik *Pumice* Gunung Tandikat

Berdasarkan tahapan penelitian, sampel yang akan diteliti merupakan material piroklastik yaitu *pumice*. Pengukuran menggunakan metode geokimia dengan *portable X-Ray Fluorescence* (pXRF) dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur kimia pada batuan vulkanik. Analisis ini digunakan untuk mengidentifikasi berdasarkan unsur utama dan unsur jejak yang terkandung dalam batuan vulkanik, sehingga didapatkan karakteristik geokimia material penyusunnya. Proses preparasi dilakukan dengan pembersihan sampel dari kontaminasi serta pengeringan untuk

menghilangkan kadar air. Setelah itu, melakukan pengukuran untuk mengetahui kandungan unsur yang terdapat pada sampel *pumice*. Data pXRF diolah untuk memperoleh konsentrasi unsur utama dan unsur jejak, kemudian dianalisis secara deskriptif untuk menginterpretasikan karakteristik geokimia *pumice*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Geokimia *Pumice* Gunung Tandikat

Analisis menggunakan *portable X-ray fluorescence* (pXRF) menunjukkan bahwa tiga sampel *grey to cream colored pumice* Gunung Tandikat memiliki komposisi unsur utama dan unsur jejak yang bervariasi. Unsur utama yang terdeteksi meliputi Al, Si, K, Ca, dan Fe, sedangkan unsur jejak yang teridentifikasi terdiri atas Rb, Sr, Y, Zr, dan Th. Perbedaan konsentrasi unsur pada setiap sampel menunjukkan adanya variasi karakteristik geokimia yang diduga berkaitan dengan proses evolusi magma sebelum erupsi. Hasil analisis unsur utama disajikan pada Tabel 1.

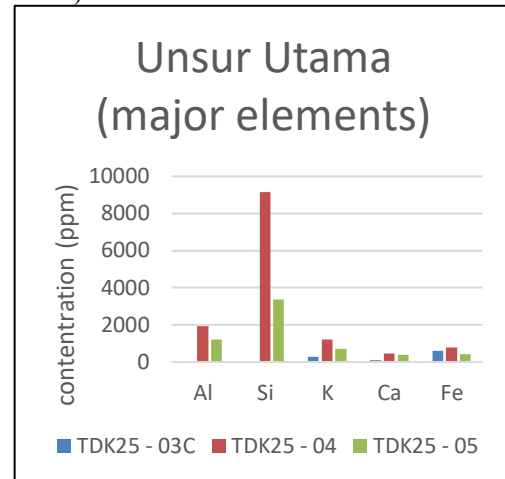
Tabel 1 Konsentrasi unsur yang terdeteksi pada sampel *pumice* Gunung Tandikat.

Sampel	Al	Si	K	Ca	Fe
TDK25 - 03C	ND	ND	268	97	587
TDK25 - 04	1945	9149	1223	461	762
TDK25 - 05	1201	3380	693	372	428

Berdasarkan Tabel 2, unsur Si menunjukkan konsentrasi tertinggi pada sampel TDK25-04, sedangkan TDK25-05 memiliki kandungan Si yang lebih rendah. Pada sampel TDK25-03C, unsur Si tidak terdeteksi oleh pXRF sehingga interpretasi terhadap sampel tersebut lebih difokuskan pada unsur lain yang berhasil teridentifikasi.

Selain Si, unsur Al, K, Ca, dan Fe juga menunjukkan variasi konsentrasi antar sampel sehingga mencerminkan adanya perbedaan karakteristik geokimia material penyusun *pumice* (Forni et al.,

2025).



Gambar 3 Grafik Unsur Utama yang dideteksi dengan portable X-Ray Fluorescence (pXRF)

Berdasarkan Gambar 3, unsur Al, K, Ca, dan Fe juga terdeteksi pada ketiga sampel dengan konsentrasi yang bervariasi. Al dan K umumnya berkaitan dengan mineral aluminosilikat dan feldspar yang mencerminkan proses diferensiasi magma, sedangkan Ca menunjukkan keterkaitan dengan kristalisasi plagioklas (McCartney et al., 2024). Di sisi lain, keberadaan Fe mengindikasikan potensi keberadaan mineral oksida besi yang berperan dalam proses kristalisasi dan perkembangan sistem magmatik sebelum erupsi (Phua et al., 2025).

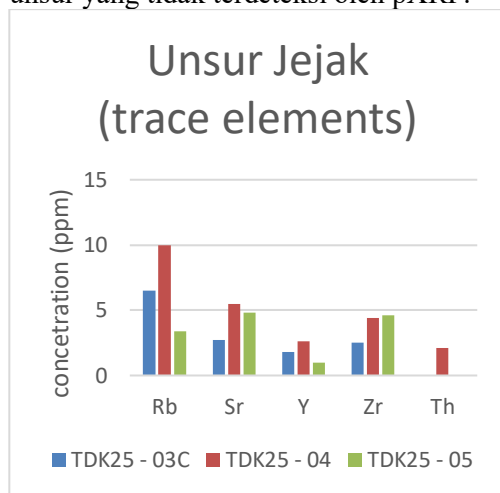
Distribusi Unsur Jejak

Selain unsur utama, analisis pXRF juga mengidentifikasi beberapa unsur jejak yang terdiri atas Rb, Sr, Y, Zr, dan Th. Konsentrasi unsur jejak relatif lebih rendah dibandingkan unsur utama, namun tetap memberikan informasi penting mengenai karakteristik geokimia dan evolusi magma.

Tabel 2 Konsentrasi unsur jejak yang terdeteksi pada sampel *pumice* Gunung Tandikat

Sampel	Rb	Sr	Y	Zr	Th
TDK25 - 03C	6.5	2.7	1.8	2.5	ND
TDK25 - 04	10	5.5	2.6	4.4	2.1
TDK25 - 05	3.4	4.8	1	4.6	ND

Dari hasil analisis pada Tabel 3. Sampel TDK25-04 menunjukkan jumlah unsur jejak yang paling lengkap serta konsentrasi yang relatif lebih tinggi dibandingkan dua sampel lainnya. Sebaliknya, pada TDK25-03C unsur Th tidak terdeteksi, sedangkan pada TDK25-05 unsur Th juga tidak teridentifikasi oleh pXRF. Variasi tersebut mengindikasikan bahwa setiap sampel kemungkinan berasal dari bagian magma yang mengalami tingkat evolusi atau diferensiasi yang berbeda. Sedangkan ND atau *Not Detected* itu merupakan kode unsur yang tidak terdeteksi oleh pXRF.



Gambar 4 Grafik Unsur jejak yang dideteksi dengan *portable X-Ray Fluorescence* (pXRF)

Gambar 4. Memperlihatkan bahwa Rubidium (Rb) merupakan unsur inkompatibel yang cenderung tetap berada dalam fase lelehan selama proses kristalisasi, sehingga sering digunakan sebagai indikator evolusi magma. Sebaliknya, Sr lebih mudah terakomodasi dalam plagioklas sehingga variasi konsentrasinya dapat mencerminkan proses fraksinasi mineral. Unsur Y dan Zr juga termasuk unsur yang relatif tidak mudah masuk ke dalam mineral pembentuk batuan sehingga keberadaannya sering digunakan untuk mengevaluasi diferensiasi magma dan perkembangan komposisi geokimia. Unsur Th hanya terdeteksi pada sampel TDK25 – 04 sehingga tidak menunjukkan pola distribusi yang konsisten antar

sampel. Dengan demikian, variasi unsur jejak yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan bahwa setiap sampel *pumice* kemungkinan mengalami kondisi evolusi magma yang tidak sepenuhnya seragam.

Meskipun konsentrasi unsur jejak relatif kecil, keberadaannya tetap penting karena mampu memberikan informasi tambahan mengenai sejarah evolusi magma sebelum erupsi. Variasi unsur jejak antar sampel mengindikasikan adanya heterogenitas komposisi kimia yang kemungkinan dipengaruhi oleh proses diferensiasi magma maupun pencampuran material selama pembentukan endapan piroklastik. Oleh karena itu, unsur jejak berfungsi sebagai pelengkap interpretasi terhadap karakteristik geokimia *pumice* yang tidak dapat dijelaskan hanya berdasarkan unsur utama.

Implikasi Karakteristik Geokimia terhadap Proses Pembentukan *Pumice*

Secara keseluruhan, variasi komposisi unsur utama dan unsur jejak menunjukkan bahwa ketiga sampel *grey to cream colored pumice* Gunung Tandikat memiliki karakteristik geokimia yang tidak sepenuhnya seragam. Dominasi unsur silikat pada sampel TDK25-04 dan TDK25-05 mengindikasikan keterkaitan dengan magma yang lebih kaya silika, sedangkan variasi unsur Al, K, Ca, Fe, dan unsur jejak mencerminkan perbedaan proses diferensiasi serta evolusi magma sebelum erupsi. Meskipun penelitian ini hanya menggunakan data geokimia pXRF, hasil yang diperoleh telah memberikan gambaran awal mengenai karakteristik magma pembentuk *pumice* Gunung Tandikat serta implikasinya terhadap proses pembentukan material piroklastik tersebut.

Dominasi unsur Si mengindikasikan bahwa material penyusun *pumice* berasal dari magma yang kaya silika. Magma dengan kandungan silika tinggi umumnya mempunyai viskositas tinggi sehingga gas

vulkanik lebih sulit keluar selama proses kenaikan magma. Akumulasi gas tersebut menyebabkan terbentuknya gelembung (*bubble nucleation*) yang berkembang menjadi vesikel dalam jumlah besar. Ketika tekanan internal magma melebihi kekuatan batuan, terjadi fragmentasi yang menghasilkan *pumice* bertekstur sangat berpori (Gardner et al., 2023). Oleh karena itu, mekanisme tersebut merupakan proses umum pembentukan *pumice* pada letusan eksplosif magma silisik.

Keberadaan Fe, meskipun lebih rendah dibandingkan Si dan Al, tetap memiliki arti penting karena berkaitan dengan pembentukan mineral oksida besi, seperti magnetit atau titanomagnetit. Penelitian oleh McCartney et al., 2024 menunjukkan bahwa kristal Fe–Ti oksida berukuran sangat halus dapat terbentuk sebelum vesikulasi dan berpotensi menjadi lokasi awal pembentukan gelembung gas (*bubble nucleation*). Dengan demikian, keberadaan unsur Fe pada sampel *pumice* Gunung Tandikat memberikan indikasi bahwa mineral oksida besi kemungkinan turut berperan dalam perkembangan tekstur vesikular *pumice*, meskipun penelitian ini belum melakukan identifikasi mineral secara langsung.

Secara keseluruhan, hasil analisis geokimia menunjukkan bahwa Variasi jumlah unsur yang terdeteksi pada setiap sampel menunjukkan bahwa *pumice* Gunung Tandikat tidak memiliki komposisi geokimia yang homogen. Heterogenitas tersebut dapat dipengaruhi oleh variasi sumber magma, proses diferensiasi, maupun tingkat kristalisasi sebelum erupsi. Perbedaan komposisi unsur antar sampel menunjukkan bahwa pembentukan *pumice* merupakan hasil interaksi beberapa proses magmatik, bukan hanya dipengaruhi oleh kandungan silika semata. Dengan demikian, karakteristik geokimia yang diperoleh melalui analisis pXRF dapat digunakan sebagai dasar untuk menginterpretasikan proses pembentukan *pumice*, terutama yang berkaitan dengan komposisi magma,

perkembangan vesikulasi, dan proses fragmentasi pada letusan eksplosif.

SIMPULAN

Analisis geokimia terhadap tiga sampel *grey to cream colored pumice* Gunung Tandikat menggunakan *portable X-ray fluorescence* (pXRF) menunjukkan adanya variasi komposisi unsur utama dan unsur jejak pada setiap sampel. Unsur utama yang teridentifikasi meliputi Si, Al, K, Ca, dan Fe, sedangkan unsur jejak terdiri atas Rb, Sr, Y, Zr, dan Th dengan konsentrasi yang berbeda pada masing-masing sampel. Variasi komposisi tersebut mengindikasikan bahwa *pumice* Gunung Tandikat memiliki karakteristik geokimia yang tidak sepenuhnya seragam dan mencerminkan adanya perbedaan proses evolusi magma sebelum erupsi.

Dominasi unsur Si pada sampel yang terdeteksi menunjukkan karakteristik magma yang kaya silika, sedangkan variasi unsur Al, K, Ca, Fe, serta unsur jejak memberikan informasi mengenai proses diferensiasi dan kristalisasi magma selama pembentukan *pumice*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa analisis geokimia menggunakan pXRF mampu memberikan informasi awal mengenai karakteristik *grey to cream colored pumice* Gunung Tandikat serta implikasinya terhadap proses pembentukan material piroklastik, sehingga dapat menjadi dasar bagi penelitian lanjutan yang mengombinasikan analisis geokimia dengan mineralogi atau petrografi.

DAFTAR PUSTAKA

- Forni, F., Phua, M., Fellin, M. G., Oalman, J. A., Jicha, B., Bradley, K., Maden, C., Rifai, H., & Bouvet de Maisonneuve, C. (2025). A geological record of highly explosive eruptions from Sumatra (Indonesia). *Earth-Science Reviews*, 271(June), 105303.

- <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2025.105303>
- Gardner, J. E., Wadsworth, F. B., Carley, T. L., Llewellyn, E. W., Kusumaatmaja, H., & Sahagian, D. (2023). Bubble Formation in Magma. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 51, 131–154. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-031621-080308>
- McCartney, K. N., Hammer, J. E., Shea, T., Brachfeld, S., & Giachetti, T. (2024). Evaluating the Role of Titanomagnetite in Bubble Nucleation: Novel Applications of Low Temperature Magnetic Analysis and Textural Characterization of Rhyolite Pumice and Obsidian From Glass Mountain, California. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 25(4). <https://doi.org/10.1029/2023GC0111338>
- Phua, M., Forni, F., Eisele, S., Rifai, H., Mohtadi, M., Lückge, A., & Bouvet de Maisonneuve, C. (2025). A late Pleistocene-Holocene record of explosive eruptions from central Sumatra (Indonesia) in the western Sunda volcanic arc. *Bulletin of Volcanology*, 87(5), 1–24. <https://doi.org/10.1007/s00445-025-01813-4>
- Pratama, A., Nurfiani, D., Suryanata, P. B., Ismail, T., Bunga Naen, G. N. R., Abdurrachman, M., Supriyadi Banggur, W. F., Asri, N. S., Nareswari, R. B., Bijaksana, S., Hanif, M., Kriswati, E., Kurniawan, I. A., & Setiawan, N. I. (2023). Magma storage conditions beneath Krakatau, Indonesia: insight from geochemistry and rock magnetism studies. *Frontiers in Earth Science*, 11(October), 1–23. <https://doi.org/10.3389/feart.2023.1128798>
- Suhendro, I. (2024). Evidence of the weakly stratified crystalline magma feeding an explosive Plinian eruption: A case study of the Holocene ‘Malalak Tephra’ deposit Tandikat volcano, West Sumatra, Indonesia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 262(December 2023), 106002. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2023.106002>
- Suhendro, I., Toramaru, A., Harijoko, A., & Edi Wibowo, H. (2024). Heterogeneous pumice populations of the 52 ± 3 ka Maninjau caldera-forming eruption, West Sumatra, Indonesia: Evidence of multiple magma reservoirs feeding a large silicic eruption. *Journal of Asian Earth Sciences*, 276(September), 106332. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2024.106332>