

KOMPARASI KARAKTER PENGAYAAN LOGAM PADA DUA SEKSI PLUTON LASSI DI WILAYAH SOLOK, PROVINSI SUMATRA BARAT

Ronaldo Irzon¹, Mamat Suhermat², Hilman Suwargana³, Kurnia¹, Windi Anarta Draniswari²

¹Pusat Survei Geologi, Jl. Diponegoro 57, Bandung

²Pusat Riset Kebencanaan Geologi BRIN, Jl. Sangkuriang, Bandung

³PPSDM Geominerba, Jl. Jendral Sudirman no. 623, Bandung

Naskah Diterima: 22 Desember 2022/Revisi: Mei 2023 /Disetujui: Juni 2023

ABSTRAK

Intrusi di Sumatra adalah bagian dari jajaran granitoid di Asia Tenggara. Granitoid Mandala Gunungapi terdapat di bagian barat Sumatra dan dalam kisaran Jajaran Bukit Barisan. Intrusi pada mandala ini cukup unik karena berupa pluton berukuran kecil, termasuk Pluton Lassi, tidak seperti intrusi di Mandala Timur dan Mandala Tengah yang berupa batolit. Wilayah Sumatra berada dalam lingkungan tropis sehingga rentan terhadap pelapukan. Studi ini bertujuan untuk membandingkan dampak pelapukan terhadap pengayaan logam pada dua profil Pluton Lassi dari dua seksi yang berbeda. Komposisi setiap sampel dianalisis menggunakan XRF dan ICP-MS di Pusat Survei Geologi. Sampel segar diklasifikasikan sebagai granodiorit berdasarkan studi mikroskopis. Berdasarkan analisis kimia, sampel tersebut adalah diorit, seri Kalk Alkalin tinggi-K, metalumina, dan bertipe-I. Kedua profil memperlihatkan peningkatan kadar Fe_2O_3 , Al_2O_3 dan TiO_2 meningkat seiring dengan peningkatan intensitas pelapukan. Sebaliknya, SiO_2 , CaO , MgO , Na_2O , dan K_2O justru menurun. Kelimpahan UTJ-ringan yang lebih besar daripada UTJ-berat terindikasi pada seluruh sampel. Kedua profil memperlihatkan perbedaan pada anomali Eu, intensitas pengayaan UTJ-ringan terhadap UTJ-berat, dan karakter normalisasi UTJ-berat.

Kata kunci: Pelapukan; Granitoid; Pluton Lassi; Pengayaan Logam

ABSTRACT

Intrusions in Sumatran are part of the granitoid range of Southeast Asia. The Volcanic Arc Suite is located in the western part of Sumatra and on the Bukit Barisan range. The intrusions in this province are unique because they are small pluton, including Pluton Lassi, unlike the intrusions in East Mandala and Central Mandala which are batholiths. Sumatra situated is in a tropical environment so it is vulnerable to weathering. This study aims to compare the impact of weathering on metal enrichment in two Pluton Lassi profiles from two different sections. The composition of each sample was analyzed using XRF and ICP-MS at the Center for Geological Survey. Fresh samples are classified as granodiorite based on microscopic analysis. Based on chemical analysis, the sample is diorite, high-K Alkaline Calc series, metaluminous, and I-type. Both profiles show that the levels of Fe_2O_3 , Al_2O_3 and TiO_2 rise with increasing weathering intensity. On the other hand, SiO_2 , CaO , MgO , Na_2O , and K_2O are decreased. Light-REE are more abundant than heavy-REE in all samples. The studied profiles reveal differences in the type of Eu anomaly, intensity Light-REE against heavy-REE, and the character of heavy-REE normalization.

Keywords: Weathering; Granitoid; Lassi Pluton; Metal Enrichment

PENDAHULUAN

Granitoid (batuan granitik) banyak ditemukan di sekitar Pulau Sumatra sebagai bagian dari intrusi di Asia Tenggara yang memanjang dari wilayah Cina bagian selatan. Berdasarkan urutan dan sejarah pembentukannya, granitoid di Asia Tenggara dapat diklasifikasikan menjadi empat mandala, yaitu Mandala Timur, Mandala Tengah, Mandala Barat, dan Mandala Gunungapi (Gasparon & Varne, 1995; Cobbing, 2005). Granitoid di Mandala Timur diinisiasi oleh penunjaman Palaeo-Tethys ke bawah Lempeng Indochina-East Malaya, sedangkan Mandala Tengah terbentuk akibat kolisi Sibumasu dengan Indochina-East Malaya (Metcalf, 2013); (Irzon et al., 2021). Subduksi Ceno-Tethys menyebabkan pembentukan granitoid pada Mandala Barat yang sebagian besar berada di bagian barat Thailand. Mandala Gunungapi berada di sekitar lajur Bukit Barisan. Mandala ini unik karena berupa pluton-pluton kecil, tidak seperti intrusi pada Mandala Timur dan Mandala Tengah yang merupakan batolit berukuran besar (Barber, 2005; Irzon, 2017; Irzon et al., 2019). Terdapat setidaknya 50 pluton yang berada dalam wilayah Mandala Gunungapi dengan umur pembentukan terangkum oleh (Barber, 2005) seperti terangkum dalam Tabel 1. Peningkatan intensitas dan detail penelitian kemudian bahkan menyimpulkan bahwa beberapa pluton di Sibolga dapat diklasifikasikan lebih lanjut menjadi beberapa fasies (Setiawan et al., 2017).

Table 1 Umur Radiometrik Pluton-Pluton Pada Mandala Gunung-Api.

	Nama Pluton	Metode Dating	Umur
1.	Granit Singkarak (Ombilin) ¹	K-Ar, muscovite	Perem
2.	Granit Sibolga ¹	Rb-Sr, isochron	Perem
3.	Granit Sijunjung ¹	K-Ar, biotit	Perem Akhir - Trias Awal
4.	Granit Sibolga ²	K-Ar, biotit	Trias Akhir
5.	Granit Sumpur	Rb-Sr, biotit	Trias Akhir
6.	Granit Tantan-Dusunbaru	K-Ar, feldspar	Trias Akhir
7.	Granit Singkarak ²	K-Ar, biotit	Trias Akhir
8.	Diorit Sulit Air	K-Ar, biotit	Trias Akhir
9.	Granodiorit Sulit Air	K-Ar, biotit	Jura Akhir
10.	Granit Sijunjung ²	K-Ar, hornblenda, biotit	Trias Akhir
11.	Granit Muarasipongi ¹	K-Ar, biotit	Jura Awal
12.	Granit Kayumambang	K-Ar, biotit	Jura Awal
13.	Granit Sungai Isahan	K-Ar, biotit	Jura Awal
14.	Granit Rokan	K-Ar, biotit	Jura Awal
15.	Granit Lubuk Terap	K-Ar	Jura Awal
16.	Granit Tanjung Laban	K-Ar	Jura Awal
17.	Granit Tanjung Gadang	Rb-Sr	Jura Awal
18.	Granit Sungai Mentaus	K-Ar	Jura Awal
19.	Granit Sungai Muara	K-Ar	Jura Awal
20.	Granit Kiri	K-Ar	Jura Awal

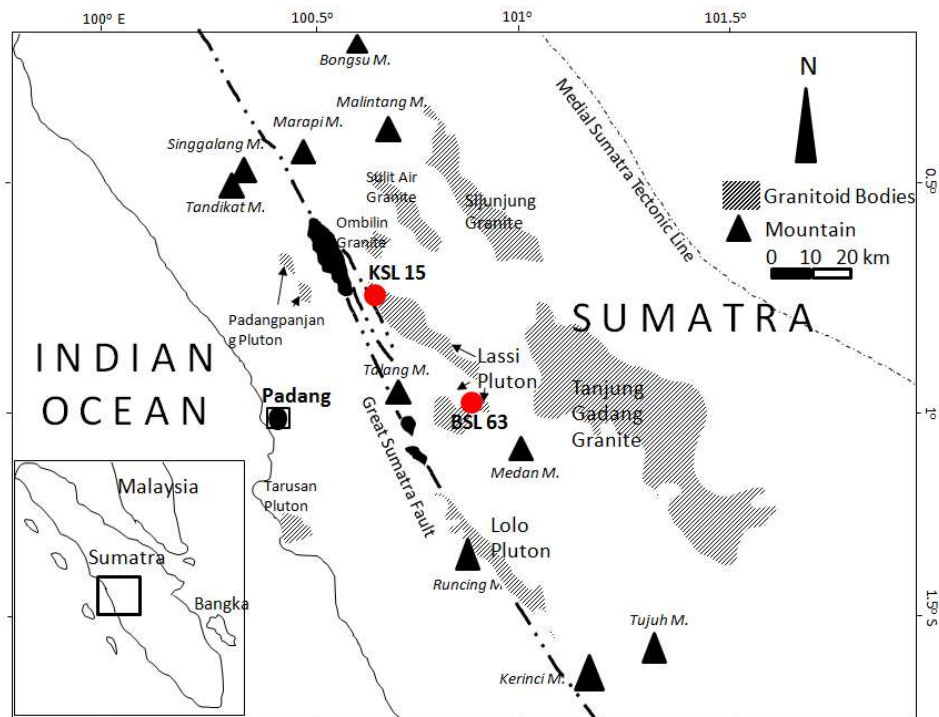
21.	Batolit Bungo	K-Ar, hornblenda, biotit	Jura Awal – Jura Tengah
22.	Granit Tebing Tinggi	K-Ar	Jura Tengah
23.	Granit Bukit Duabelas	K-Ar, biotit	Jura Tengah
24.	Granit Muarasipongi ²	Rb-Sr, isochron	Jura Tengah
25.	Granot Kluang Utara	K-Ar, biotit	Jura Tengah
26.	Granit Bungsu	K-Ar, muskovit	Jura Tengah
27.	Granit Kayumambang	K-Ar	Kapur Awal
28.	Granit Biotit S. Manggajahan	K-Ar	Kapur Awal
29.	Granit Pakning	K-Ar, muscovit	Kapur Awal
30.	Batolit Panyabungan	K-Ar, biotit	Kapur Awal
31.	Pluton Monzodiorit Garba	K-Ar, biotit	Kapur Awal
32.	Pluton Granit Garba	K-Ar, biotit	Kapur Akhir
33.	Diorit Gumai	K-Ar	Kapur Awal
34.	Pluton Sulan	K-Ar	Kapur Awal
35.	Pluton Lassi ¹	Rb-Sr, biotit	Kapur Awal
36.	Granit Palepat	K-Ar	Kapur Awal
37.	Intrusi Susoh	K-Ar	Kapur Akhir
38.	Granit Ulai	K-Ar, biotit	Kapur Akhir
39.	Diorit Aroguru	K-Ar, biotit	Kapur Akhir
40.	Granit Lampung	Rb-Sr	Kapur Akhir
41.	Granit Manunggal	K-Ar, K-feldspar	Kapur Akhir
42.	Granit Branti	K-Ar, biotit	Kapur Akhir
43.	Diorit Batu Madingding	K-A	Kapur Akhir
44.	Granit Padean	K-Ar, biotit	Kapur Akhir
45.	Diorit Kuarsa Senawar	K-Ar, muskovit	Kapur Akhir
46.	Granit Hatapang	Rb-Sr, isochron	Kapur Akhir
47.	Granit Padangpanjang	K-Ar, biotit	Paleosen
48.	Mikrogranit Jatibaru	K-Ar, biotit	Paleosen
49.	Pluton Lassi	K-Ar, hornblenda	Paleosen
50.	Granit Meulaboh-Meuko	K-Ar, biotit	Paleosen
51.	Diorit Kuarsa Bungo	K-Ar, biotit	Paleosen
52.	Granodiorit Nagan	K-Ar, biotit	Paleosen
53.	Pluton Bukit Raja	K-Ar	Paleosen
54.	Granit Samadua	K-Ar, biotit	Paleosen

Sumber: A. J. Barber, 2005

Pluton Lassi merupakan bagian dari granitoid Mandala Gunungapi yang secara administratif berada di wilayah Kota dan Kabupaten Solok. Domain intrusi ini berada di timur dan tenggara Danau Singkarak. Imtihanah (2005) menjelaskan bahwa Pluton Lassi terbentuk ketika Eosen, tanpa mendetilkkan lokasi pengambilan sampelnya. Pluton ini menarik karena terpetakan dalam tiga wilayah, yaitu utara, tenggara, dan baratdaya (Gambar 1).

Proses dekomposisi batuan maupun mineral di permukaan bumi dikenal sebagai pelapukan. Pelapukan rentan terjadi pada wilayah tropis akibat adanya derajat kelembaban tinggi dan siklus hujan sepanjang tahun (Fernández-Caliani, 2018; Permanajati et al., 2018; Iqbal et al., 2020). Umur, struktur, tekstur, distribusi pori, permeabilitas dan komposisi batuan induk juga mempengaruhi intensitas pelapukan (Alam, 2012; Garzanti et al., 2014). Studi pelapukan bermanfaat untuk menjelaskan kondisi lingkungan pada masa lampau (Bazilevskaya et al., 2013; Sahoo et al., 2017; Fernández-Caliani, 2018) dan pengayaan maupun pengurangan kadar logam tertentu. Intensitas penyelidikan pelapukan pada granitoid meningkat karena berkorelasi dengan pengayaan ferit, bauksit, maupun Unsur Tanah Jarang (UTJ) seperti dijelaskan dalam studi sebelumnya (Cahyaningsih et al., 2018; Irzon, 2022; Irzon, 2022).

Studi ini bertujuan untuk membandingkan dampak pelapukan terhadap pengayaan logam pada dua profil Pluton Lassi dari dua wilayah yang berbeda. Pengayaan logam tertentu merupakan informasi menarik bagi pemerintah daerah mengenai sumberdaya alamnya. Kemudian, hasil studi dapat menginisiasi penelitian lebih detil mengenai Pluton Lassi.

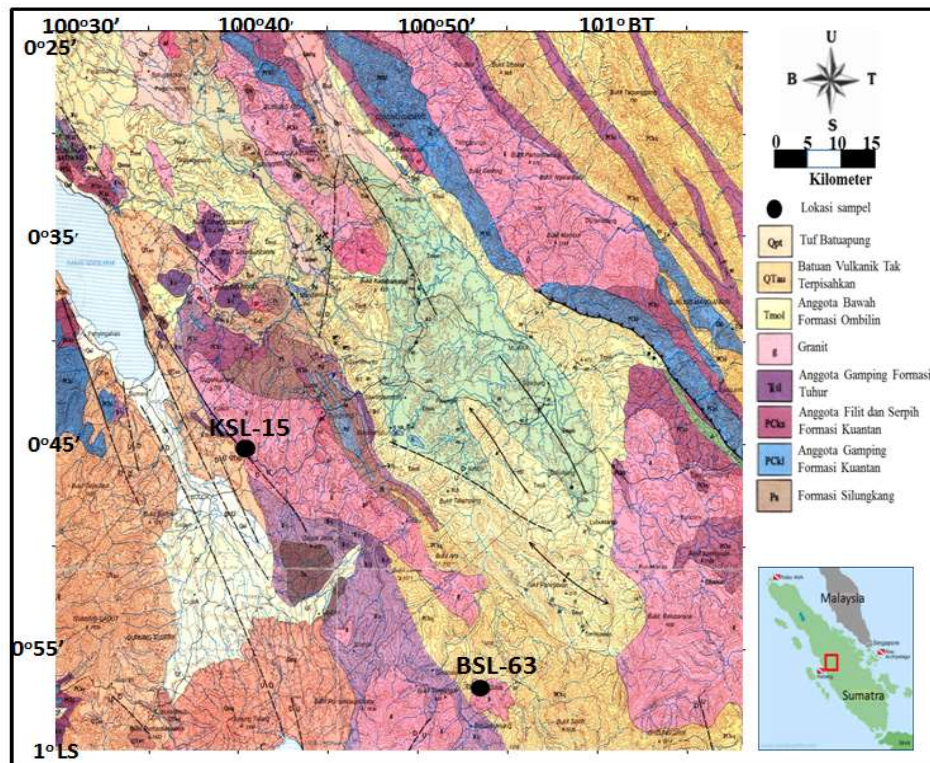


Gambar 1 Pluton Lassi yang berada dalam kisaran Bukit Barisan dan terdiri dari tiga bagian (modifikasi Silitonga dan Kastowo 1995; Irzon et al., 2021).

a. Geologi Daerah Penelitian

Area studi merupakan bagian dari Peta Geologi Lembar Solok Skala 1:250.000 (Silitonga & Kastowo, 1995). Secara umum, batuan yang terdapat di sekitar wilayah ini terbagi menjadi batuan sedimen dan batuan beku. Formasi Silungkang merupakan unit batuan tertua yang terbentuk ketika Perem-Karbon dan terdiri atas andesit hornblende, andesit augit, meta-andesit, dengan sisipan tuf, batugamping, serpih, dan batupasir. Formasi Kuantan juga berumur Perem-

Karbon. Anggota Gamping Formasi Kuantan didominasi oleh batugamping terkarsikan, sedangkan Anggota Filit dan Serpih Formasi Kuantan terbangun oleh filit dan serpih dengan sisipan batusabak, kuarsit, rijang, dan aliran lava. Anggota Gamping Formasi Tuhur tersedimentasikan ketika Trias Awal, sedangkan intrusi di wilayah ini terjadi ketika Trias Akhir. Batupasir kuarsa mengandung mika membentuk Anggota Bawah Formasi Ombilin ketika Miosen Awal. Batuan beku berumur Kuarter terdiri dari satuan Batuan Vulkanik Tak Terpisahkan dan Tuf Batuapung. Kondisi geologi lokasi studi ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Kondisi geologi di sekitar wilayah studi yang merupakan bagian dari Peta Geologi Lembar Solok (Silitonga dan Kastowo, 1995).

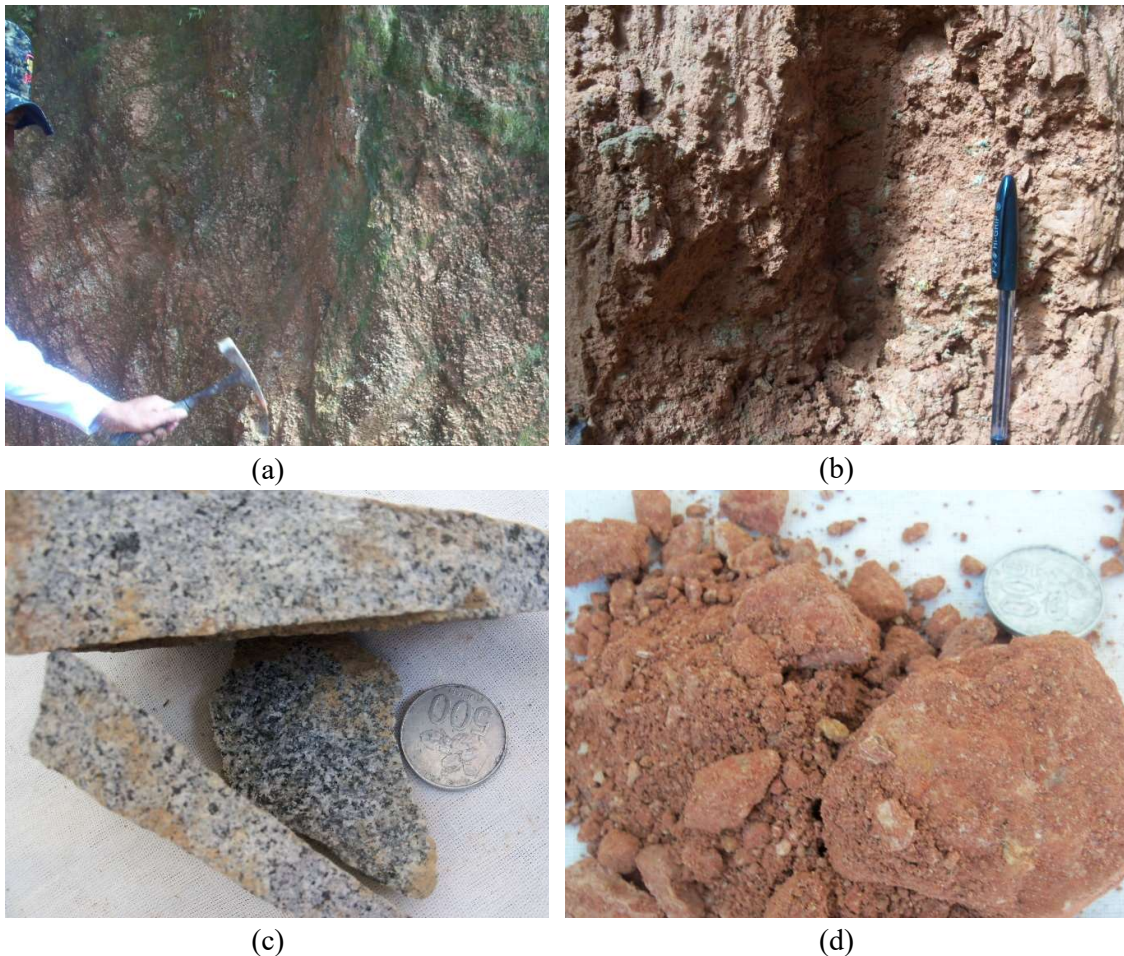
METODE ANALISIS

a. Deskripsi Sampel

Empat sampel pada penelitian ini diambil dari dua profil pelapukan di Kota dan Kabupaten Solok. Wilayah Indonesia, termasuk Pulau Sumatra dikategorikan sebagai wilayah tektonik aktif, sehingga batuan di sini rentan terkena dampaknya. Oleh sebab itu, batuan induk berikut horizon-horizon pelapukan pada profil ini tidak ideal membentuk garis lurus mendatar akibat pengaruh tektonik selama proses pelapukan. Lokasi pertama (KSL 15) berada pada koordinat 0°45'29.5" LS 100°40'37.3" BT di Kelurahan Laing, Kecamatan Tanjung Harapan, Kota Solok. Batuan induk segar tidak tersingkap di lokasi ini, namun demikian titik pengamatan masih dalam domain intrusi granit (Silitonga dan Kastowo, 1995). Sampel KSL 15 A berasal dari

horizon paling bawah sebagai lapukan granit, getas, berwarna coklat terang dengan rerata ketebalan 50 cm, dan diperkirakan merupakan saprolit. Sampel KSL 15 B diambil dari horizon pelapukan diatasnya dengan ketebalan >4 m (Gambar 3a). Horizon dari KSL 15 B merupakan laterit berwarna merah kecoklatan dan dengan butiran kuarsa yang masih dapat diamati (Gambar 3b).

Profil pelapukan kedua berada di Nagari Rangkiang Luluih, Kecamatan Tigo Lurah Bajanjang, Kabupaten Solok pada koordinat 0°56'52.7"LS 100°52'42.2"BT. Sampel BSL 63 A adalah batuan granitik sebagai batuan induk berwarna abu terang, berbutir sedang, faneritik, kuat, dan keras (Gambar 3c). Mineral yang tampak secara megaskopis dari batuan induk adalah kuarsa, K-felspar, biotit, dan hornblenda. KSL BSL 63 B adalah sampel lapuk dari lokasi pertama berwarna coklat pudar, namun dengan ciri batuan induk yang masih jelas (Gambar 3d). Tebal horizon KSL BSL 63 B yang diperkirakan berada dalam horizon saprolit ini sekitar 15 cm.



Gambar 3 Kondisi lapangan dan sampel batuan: a) lapukan batuan granitik yang diperkirakan sebagai saprolit (KSL 15A); b) KSL 15B yang diambil dari horizon laterit; c) sampel granit dari BSL 63 A; dan d) saprolit sebagai sampel BSL 63 B.

b. Analisis Laboratorium

Setelah pendeskripsian profil singkapan berikut sampel, material studi dikirim ke Pusat Survei Geologi di Bandung untuk pemeriksaan komposisi kimianya. Analisis menggunakan dua perangkat analisis, yaitu *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan *Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry* (ICP-MS). XRF digunakan untuk mengetahui kandungan oksida utama, yaitu SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , MnO , K_2O , Na_2O , dan P_2O_5 .

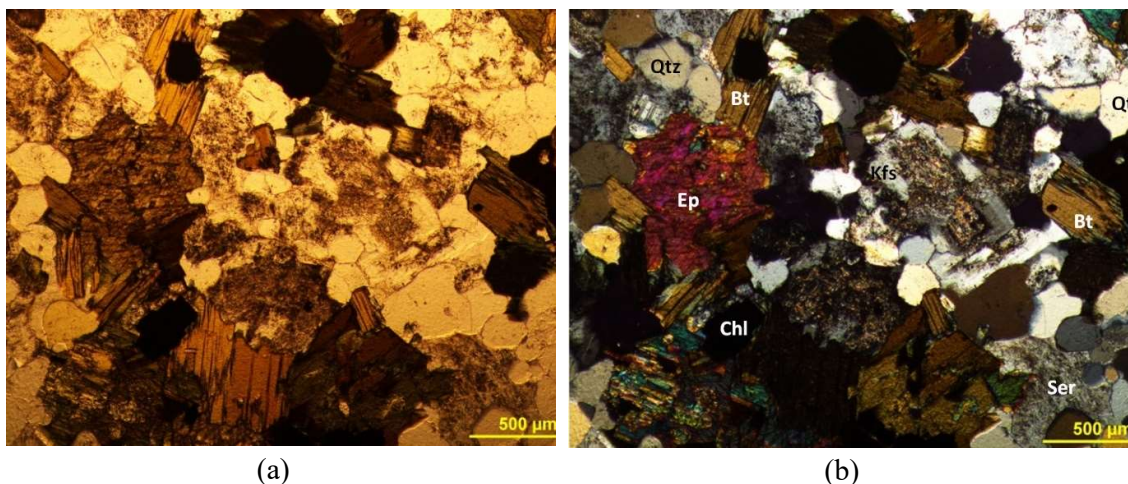
Kelimpahan unsur jejak (*trace elements*) maupun UTJ (Rb, Sr, Sc, Ga, Y, Nb, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, dan Lu) diukur menggunakan ICP-MS. Batuan induk dicuci dan dipisahkan dari bagian-bagian lapuk pada tepiannya sebelum digerus hingga didapatkan besar butir -200 mesh. Sampel dari horizon-horizon pelapukan tidak melalui proses pencucian sehingga langsung ke tahap penggerusan.

Preparasi dengan *pressed pellet* adalah metode standar pada uji XRF di laboratorium ini dengan prosedur dijelaskan oleh Irzon dkk. (2021). Kadar *Loss on Ignition* juga diukur untuk mengetahui jumlah zat volatil yang mudah hilang akibat pembakaran (Aini dkk., 2016). Teknik destruksi menggunakan tiga jenis asam, yaitu asam klorida (HCl), asam nitrat (HNO_3), dan asam format (HF) diaplikasikan sebelum pengukuran menggunakan ICP-MS seperti dijelaskan oleh Irzon dkk. (2022a). Sampel berikut larutan asam direaksikan dalam cawan Teflon dan dipanaskan di atas *hotplate* untuk mempercepat destruksi. Penambahan asam perklorat tidak dibutuhkan karena seluruh sampel tampak terlarut sempurna tepat sesaat sebelum seluruh larutan mengering. Asam nitrat 2% ditambahkan ke dalam cawan Teflon berisi sampel untuk membuat larutan induk yang kemudian diencerkan lebih lanjut pada hari pengujian dengan ICP-MS. Kualitas pengukuran yang baik diperlukan agar didapatkan interpretasi yang baik, salah satunya adalah dengan pengujian *Certified Standard Material* (CRM). Oleh sebab itu, dua buah CRM (AGV-2 dan GBW-7113) turut dianalisis dalam studi ini untuk mengetahui akurasi pengukuran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Analisis

Uji petrografi dilakukan pada sampel BSL 63 A untuk mengetahui kandungan mineral dan jenis batumannya. Uji mikroskopis memperlihatkan bahwa sayatan berwarna putih, faneritik, masif, holokristalin, hipidiomorf, dan memiliki kemas equigranular. Fenokris terdiri atas kuarsa (37%), plagioklas (20%), amfibol (15%), biotit (10%), dan K-felspar (5%). Terdeteksi beberapa mineral ubahan, yaitu klorit (5%), serisit (5%), dan epidot (3%). Berdasarkan komposisi mineralnya, maka sampel ini diklasifikasikan sebagai granodiorit. Mikrofoto BSL 63 A dapat diamati pada Gambar 4.



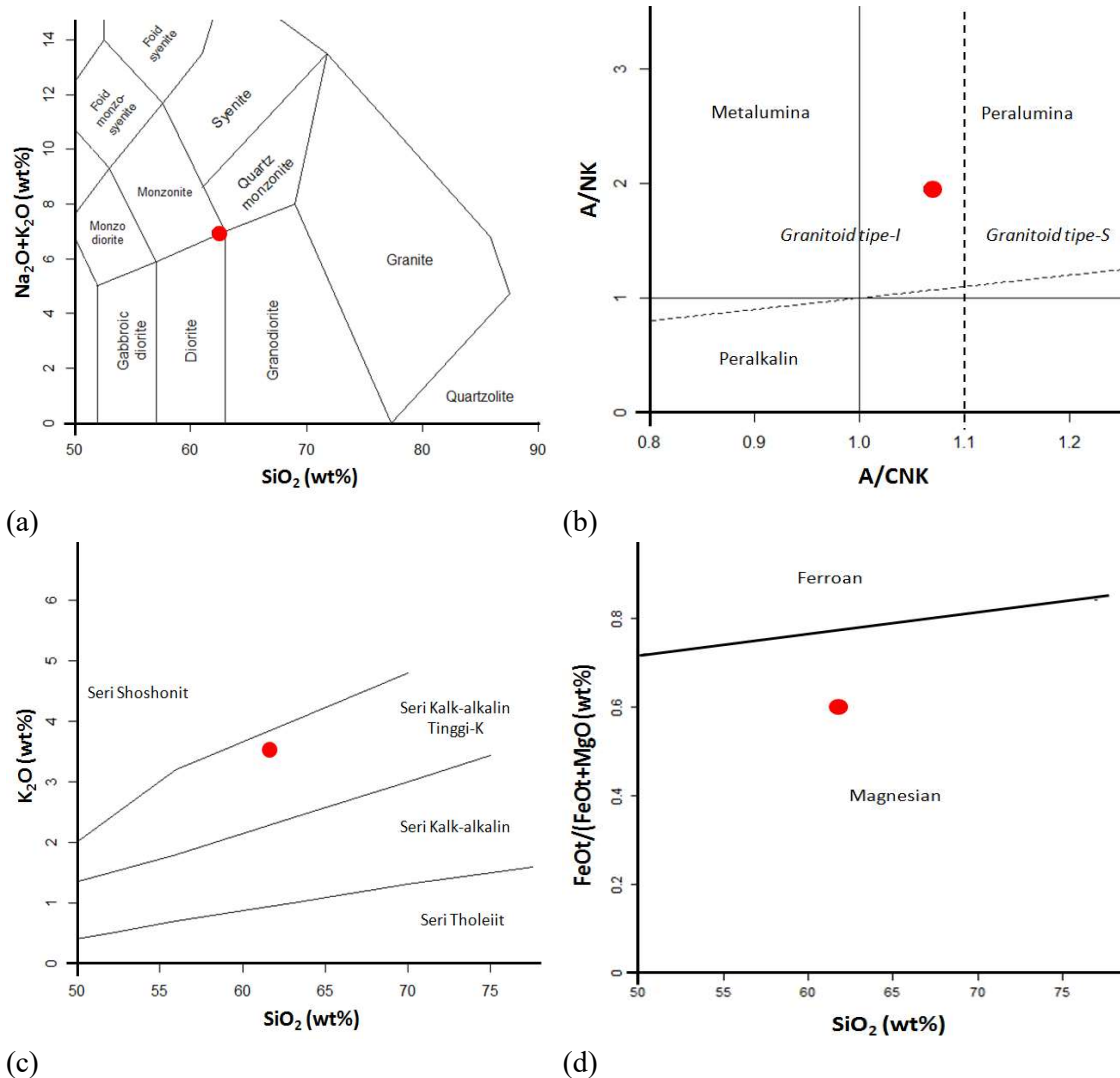
Gambar 4 Mikrofoto sampel BSL 63 A: a) nikol sejajar; dan b) nikol bersilang. Keterangan: Qtz = kuarsa, Kfs = K-felspar, Bt = biotit, Chl = klorit, Ser = Serisit, dan Ep = epidot.

Hasil analisis kandungan kimia seluruh sampel disajikan pada Tabel 1. BSL 63 A adalah sampel batuan segar yang dikonfirmasi oleh kadar *Loss on Ignition* (LOI) yang rendah (<2%), yaitu 0,68%. Oleh sebab itu, hanya data komposisi sampel ini yang dapat dipergunakan untuk klasifikasi berdasarkan diagram dari beberapa penelitian terdahulu. Berdasarkan diagram perbandingan kelimpahan total alkali terhadap silika (Middlemost, 1994), maka sampel berada pada bidang diorit (Gambar 5a). Sampel ini termasuk ke dalam kelompok batuan metalumina dengan nilai A/CNK dan A/NK >1. Parameter A/CNK <1.1 sehingga dikelompokkan sebagai granitoid tipe-I (Gambar 5b). Hipotesis granit tipe-I diperkuat dengan kandungan amfibol dan biotit, tanpa muskovit pada hasil analisis petrografi (Ghani et al., 2013; Gion et al., 2019). Hal ini sesuai dengan kesimpulan terdahulu yang menyatakan bahwa granit dalam wilayah jajaran Bukit Barisan bertipe-I (Irzon et al., 2021 ; Syaifullah & Utama, 2021). Perbandingan kelimpakan oksida kalium terhadap oksida silika pada sampel cukup tinggi sehingga diklasifikasikan sebagai seri kalk-alkalin tinggi K (Gambar 5c). Berdasarkan rasio besi terhadap magnesium, maka sampel bertipe magnesian (Gambar 5d).

Tabel 2. Komposisi kimia sampel pada studi ini

Sampel	KSL 15 A (sapolit)	KSL 15 B (laterit)	BSL 63 A (granit)	BSL 63 B (sapolit)
<i>Oksida utama (%)</i>				
SiO ₂	60,63	45,42	61,68	54,83
TiO ₂	0,43	0,97	0,63	0,75
Al ₂ O ₃	17,88	30,77	18,09	22,04
Fe ₂ O _{3T}	3,83	7,76	4,76	6,18
MnO	0,11	0,06	0,10	0,10
CaO	4,28	0,03	4,21	3,17
MgO	1,16	0,76	2,81	2,76
Na ₂ O	3,45	0,05	3,32	2,25
K ₂ O	2,88	1,45	3,53	2,91
P ₂ O ₅	0,15	0,05	0,15	0,23
LOI	4,95	12,75	0,68	4,74
Tot	99,75	100,05	99,96	99,97
<i>Unsur Jarang (ppm)</i>				
Rb	78,02	59,29	121,14	106,03
Sr	175,65	44,22	129,34	100,61
Ga	8,53	17,35	8,78	9,81
Nb	3,61	4,22	4,75	3,34
Ba	379,56	399,14	284,47	266,90
Ta	37,40	17,38	2,88	6,68
Th	3,62	8,29	10,44	10,74
U	0,43	0,99	1,02	1,92
Nb	3,61	4,22	4,75	3,34

Sampel	KSL 15 A (sapolit)	KSL 15 B (laterit)	BSL 63 A (granit)	BSL 63 B (sapolit)
<i>Unsur Tanah Jarang (ppm)</i>				
Sc	3,99	11,94	7,18	10,59
Y	12,65	27,32	17,22	20,32
La	13,46	35,00	12,57	13,46
Ce	25,77	70,12	27,97	29,54
Pr	2,55	8,21	2,90	3,19
Nd	9,96	31,80	11,90	13,05
Sm	0,40	4,55	1,11	1,53
Eu	0,49	1,68	0,40	0,50
Gd	1,52	4,98	1,62	2,13
Tb	0,36	0,94	0,52	0,62
Dy	1,03	4,30	2,13	2,77
Ho	0,38	1,03	0,61	0,75
Er	0,37	2,30	1,06	1,48
Tm	0,21	0,49	0,31	0,38
Yb	0,93	2,75	1,60	2,06
Lu	0,11	0,39	0,19	0,27
Σ UTJ-ringan	54,15	156,34	58,47	63,4
Σ UTJ-berat	16,04	39,52	23,64	28,65
% UTJ-berat	22,85	20,18	28,79	31,13
Σ UTJ	57,52	168,54	64,90	71,71
Σ UTJ+Sc+Y	74,16	207,81	89,30	102,62



Gambar 5 Klasifikasi sampel BSL 63A ke dalam beberapa diagram: a) diagram total silika versus alkali; b) diagram A/CNK versus A/NK; c) diagram SiO₂ versus K₂O; dan d) diagram SiO₂ versus FeOt/(FeOt+MgO).

a. Pengayaan dan Pengurangan Logam

Kadar LOI yang tinggi pada tiga sampel lain (4,74% - 12,75%) menyiratkannya sebagai hasil pelapukan. KSL 15 B merupakan sampel yang mengalami pelapukan paling intensif berdasarkan kadar LOI (12,75%). Kedua profil memperlihatkan bahwa kadar Fe₂O_{3T}, Al₂O₃ dan TiO₂ meningkat seiring dengan peningkatan intensitas pelapukan. Peningkatan oksida besi dan oksida alumina tersebut diakibatkan oleh pengayaan ferit dan bauksit yang lazim terjadi ketika pelapukan batuan alumina (Atimi & Sartika, 2022; Dill, 2017; Irzon, Kurnia, et al., 2022). Meski terjadi pengayaan signifikan, bauksit di sini tergolong *low grade* dan belum layak tambang dengan Al₂O₃ <45% (Jafar, 2017).

Pada sisi lain, kelimpahan SiO_2 , CaO , MgO , Na_2O , dan K_2O justru menurun ketika tingkat pelapukan menaik. Plagioklas terbagi dalam dua kelompok, yaitu Ca-plagioklas ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) yang banyak terdapat dalam batuan mafik dan Na-plagioklas ($\text{NaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) yang cenderung terdapat pada batuan felsik (Liivamägi et al., 2021). Plagioklas adalah mineral tektosilikat dan merupakan kelompok felspar. Mineral ini rentan terhadap pelapukan karena merupakan yang paling awal terdissolusi dengan mekanisme seperti dijabarkan pada persamaan (1) dan (2). Penelitian terdahulu juga menyatakan bahwa MgO , CaO , Na_2O and K_2O adalah oksida yang paling mudah larut sehingga mudah terbawa keluar dari profil oleh air (Alsalam et al., 2020)



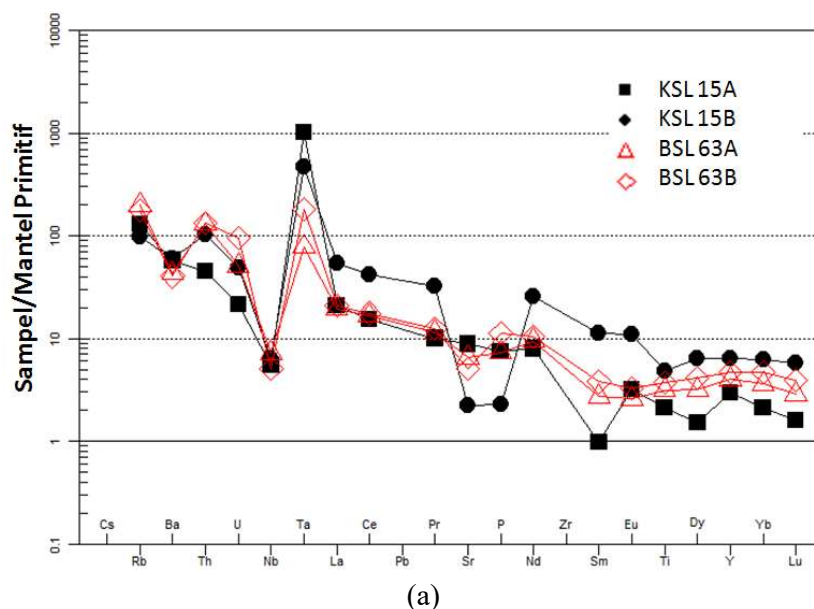
Ca-plagioklas Asam Karbonat Air Kaolinit kation Ca Alkali

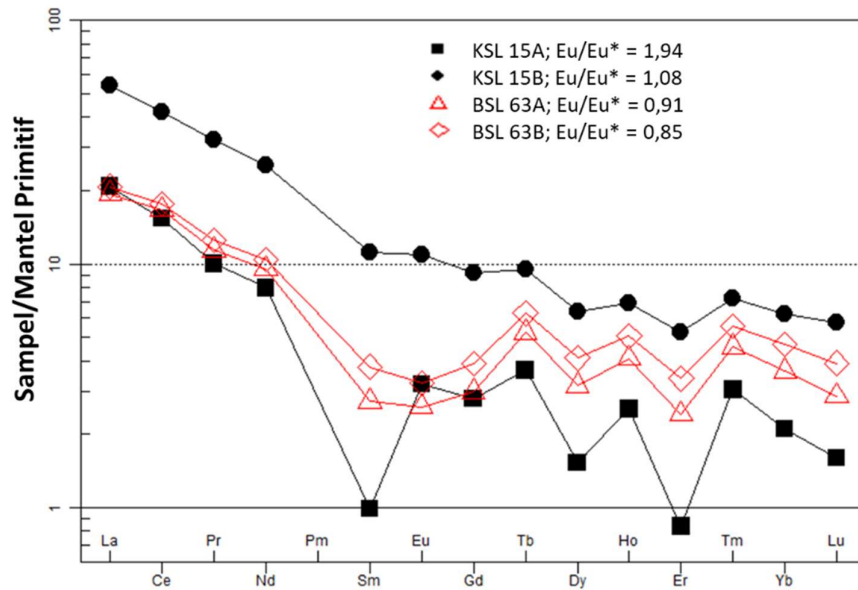


Na-plagioklas Asam Karbonat Air Kaolinit kation Na Alkali

b. Perubahan Komposisi Unsur Tanah Jarang

Skandium (Sc) dan itrium (Y) adalah logam transisi grup IIIB pada Tabel Periodik. Kedua unsur tersebut dikategorikan sebagai kelompok UTJ bersama empat belas unsur deret lantanida oleh International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) akibat kemiripan karakter kimianya (Irzon, Maryanto, et al., 2022; Qin et al., 2020). Jumlah total UTJ pada studi ini berkisar antara 74 ppm hingga 207 ppm (Tabel 1). Cerium, itrium, dan lantanum adalah UTJ paling dominan dengan rerata 38,35 ppm, 19,37 ppm, dan 18,61 ppm, secara berurutan. Jumlah UTJ-ringin (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, dan Gd) pada sampel adalah 54,15 ppm – 156,34 ppm, sedangkan UTJ-berat (Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, dan Y) antara 16 ppm hingga 39 ppm. Diagram laba-laba hasil normalisasi komposisi sampel terhadap nilai Mantel Primitif (McDonough & Sun, 1995) terlampir dalam Gambar 6.





(b)

Gambar 6 Hasil normalisasi komposisi sampel terhadap kandungan Mantel Primitif (McDonough & Sun, 1995): a) unsur jejak dan sebagian UTJ; dan b) UTJ.

c. Komparasi Dua Profil Pelapukan

Meskipun UTJ-ringang jauh lebih banyak daripada UTJ-berat pada kedua profil pelapukan, persentase UTJ berat pada profil di Rangkiang Luluh (rata-rata 30%) lebih besar dari yang ada di Laing (21.5%). Kedua profil menunjukkan peningkatan kadar REE searah horizon pelapukan. Namun demikian, kadar UTJ pada profil di Laing sangat signifikan (mencapai 2,8 kali lipat) dibandingkan di Rangkiang Luluh (1,15 kali lipat). Eu adalah elemen yang berkorelasi dengan plagioklas. Oleh sebab itu, anomali Eu lazim digunakan untuk mengetahui differensiasi plagioklas pada pembentukan batuan beku maupun karakternya ketika pelapukan (Hossain, 2020; Irzon, 2018; Vural & Kaygusuz, 2019). Signifikansi alterasi plagioklas selama pelapukan ditunjukkan oleh kedua profil berdasarkan penurunan Eu/Eu^* . Nilai Eu/Eu^* pada profil KSL 15 dan BSL 63 menurun dari 1,94 menjadi 1,08 dan 0,91 menjadi 0,85, secara berurutan pada horizon yang lebih segar menuju horizon yang lebih lapuk.

Keempat sampel menunjukkan pengayaan UTJ-ringang yang jauh lebih besar daripada UTJ-berat yang dikonfirmasi grafik curam ke bawah dari La menuju Lu pada diagram laba-laba UTJ. Hal tersebut juga ditunjukkan oleh nilai $(La/Lu)_N$ (Leal et al., 2022; Saleh, 2001) yang pada studi ini berkisar antara 5,44-13,36. Pengayaan UTJ-ringang terhadap UTJ-berat pada lokasi KSL lebih intensif dibandingkan lokasi BSL 63 dengan rata-rata $(La/Sm)_N$ masing-masing 13,36 dan 6,49. Kedua profil menunjukkan bahwa fraksionasi UTJ-ringang maupun UTJ-berat menurun searah pelapukan berdasarkan nilai $(Gd/Lu)_N$. Perbedaan berikutnya dari kedua profil pelapukan adalah bahwa hasil normalisasi UTJ-berat pada KSL 15 mengalami penurunan dari Gd hingga Lu, sedangkan BSL 63 justru sebaliknya.

Perbedaan pada dua profil yang diteliti terutama disebabkan oleh ketidaksamaan sistematika pelapukan atau batuan induknya (Dolui et al., 2016; Liang et al., 2021). Kedua profil masih berada pada iklim yang sama dan berjarak <25 km sehingga perbedaan mekanisme pelapukan diabaikan. Oleh sebab itu, terdapat kemungkinan bahwa batuan induk kedua profil ini berbeda. Penelitian sebelumnya menggambarkan bahwa pluton Lassi terbagi dalam tiga seksi seperti dapat dilihat pada Gambar 1. KSL 15 berada pada domain Pluton Lassi bagian utara, sedangkan BSL 63 dari bagian tenggara. Menarik untuk diteliti lebih detil pada masa mendatang mengenai karakter kimia dan umur masing-masing bagian dari Pluton Lassi untuk pembuktian hipotesis bahwa tersebut terdiri atas setidaknya dua fasies.

KESIMPULAN

Empat sampel dari dua profil pada wilayah Pluton Lassi telah diuji komposisinya. Sampel batuan segar diklasifikasikan sebagai diorite, seri Kalk Alkalin tinggi-K, metalumina, dan bertipe-I berdasarkan kandungan kimianya. Oksida logam $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{T}$, Al_2O_3 dan TiO_2 menunjukkan pengayaan searah dengan intensitas pelapukan. Pada sisi lain SiO_2 , CaO , MgO , Na_2O , dan K_2O justru menurun pada horizon yang lebih lapuk. Penurunan Mg dan Na disebabkan oleh pelapukan plagioklas, sedangkan oksida lain keluar dari profil akibat terlarut dan terbawa oleh air. Meskipun terdeteksi komposisi UTJ-ringang yang lebih besar daripada UTJ-berat pada seluruh sampel, dua profil ini menunjukkan ketidaksamaan anomali Eu, intensitas pengayaan UTJ-ringang terhadap UTJ-berat, dan karakter normalisasi UTJ-berat. Penulis menyarankan agar ada penelitian lebih detil mengenai kemungkinan adanya lebih dari satu fasies pada Pluton Lassi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada Kepala Pusat Survei Geologi atas ijin publikasinya. Saran dan masukan dari Bapak Dr. Purnama Sendjaja, Bapak Verry E. Setiawan, dan Bapak Kurnia Miharja mengenai granitoid di Sumatra sangat bermanfaat. Kami sangat terbantu oleh bantuan Bapak Asep K. Permana, Bapak Aries Kusworo dan Ibu Irfanny dalam mengawal kesempurnaan data laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, S. (2012). Karakteristik Bahan Induk Tanah dari Formasi Geologi Kompleks Ultramafik di Sulawesi Tenggara. *Agroteknos*, 2(2).
- Alsalam, O., Şeker, C., & Dedeoğlu, M. (2020). Quantifying the role of chemical weathering rates on soil developed along an altitudinal transect in the mountainous environments, Turkey. *Eurasian Journal of Soil Science*, 9(2). <https://doi.org/10.18393/ejss.663502>
- Atimi, R. L., & Sartika. (2022). Implementasi Forward Chaining Method untuk Analisis Klasifikasi Mineralogi Batuan Beku. *Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika*, 8(1).
- Barber, A.J. (2005). Sumatra: Geology, Resources and Tectonic Evolution. *Geological Society, London, Memoirs*, 31(1).

- Bazilevskaya, E., Lebedeva, M., Pavich, M., Rother, G., Parkinson, D. Y., Cole, D., & Brantley, S. L. (2013). Where fast weathering creates thin regolith and slow weathering creates thick regolith. *Earth Surface Processes and Landforms*, 38(8). <https://doi.org/10.1002/esp.3369>
- Cahyaningsih, C., Putera, A. M., Pramukti, G., & Sherzoy, M. M. (2018). Geology and Geochemistry Analysis for Ki Index Calculation of Dompok Island Granite Bauxites to Determine the Economical Mineral. In *Proceedings of the Second International Conference on the Future of ASEAN (ICoFA) 2017 – Volume 2*. https://doi.org/10.1007/978-981-10-8471-3_94
- Cobbing, E. J. (2005). Chapter 5 Granites. *Geological Society, London, Memoirs*, 31(1), 54–62. <https://doi.org/10.1144/GSL.MEM.2005.031.01.05>
- Dill, H. G. (2017). Residual clay deposits on basement rocks: The impact of climate and the geological setting on supergene argillitization in the Bohemian Massif (Central Europe) and across the globe. In *Earth-Science Reviews* (Vol. 165). <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.12.004>
- Dolui, G., Chatterjee, S., & Das Chatterjee, N. (2016). Geophysical and geochemical alteration of rocks in granitic profiles during intense weathering in southern Purulia district, West Bengal, India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(3). <https://doi.org/10.1007/s40808-016-0188-5>
- Fernández-Caliani, J. C. (2018). Rare-earth element and stable isotope signatures of kaolin from a Pliocene lateritic weathering profile at mid-latitude region (Andalusia, Spain): Implications for paleoweathering and paleoclimatic reconstructions. *Catena*, 167. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.04.025>
- Garzanti, E., Padoan, M., Setti, M., López-Galindo, A., & Villa, I. M. (2014). Provenance versus weathering control on the composition of tropical river mud (southern Africa). *Chemical Geology*, 366. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2013.12.016>
- Gasparon, M., & Varne, R. (1995). Sumatran granitoids and their relationship to Southeast Asian terranes. *Tectonophysics*, 251(1–4). [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(95\)00083-6](https://doi.org/10.1016/0040-1951(95)00083-6)
- Ghani, A. A., Searle, M., Robb, L., & Chung, S. L. (2013). Transitional I S type characteristic in the Main Range Granite, Peninsular Malaysia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 76. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2013.05.013>
- Gion, A. M., Piccoli, P. M., & Candela, P. A. (2019). Constraints on the formation of granite-related indium deposits. *Economic Geology*, 114(5). <https://doi.org/10.5382/econgeo.4668>
- Hossain, H. M. Z. (2020). Major, trace, and REE geochemistry of the Meghna River sediments, Bangladesh: Constraints on weathering and provenance. *Geological Journal*, 55(5). <https://doi.org/10.1002/gj.3595>
- Iqbal, P., Muslim, D., Zakaria, Z., Permana, H., Syahbana, A. J., Yunarto, & Jakah. (2020). Geotechnical characteristics of volcanic red clay soil related to geoengineering problem in sekinau, sumatra, Indonesia. *International Journal of Advanced Science and Technology*.
- Irzon, R. (2017). Geochemistry of late Triassic weak peraluminous A-type Karimun Granite, Karimun Regency, Riau Islands Province. *Indonesian Journal on Geoscience*, 4(1). <https://doi.org/10.17014/ijog.4.1.21-37>
- Irzon, R. (2018). LIMBAH PENCUCIAN BAUKSIT SEBAGAI SUMBER UNSUR TANAH JARANG POTENSIAL; STUDI KASUS PULAU SELAYAR, PROVINSI KEPULAUAN RIAU. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 13(1). <https://doi.org/10.47599/bsdg.v13i1.63>
- Irzon, R. (2022). PEMBENTUKAN BAUKSIT DAN FERIT PADA PROFIL PELAPUKAN DI KABUPATEN LINGGA. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 17(1). <https://doi.org/10.47599/bsdg.v17i1.335>

- Irzon, R., Kurnia, Haryanto, A. D., Maryanto, S., & Hernawan, U. (2022). Distinct depositional environments of two internal reference materials with marine sediment matrix from nearby Bangka Island. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia*, 73. <https://doi.org/10.7186/bgsm73202215>
- Irzon, R., Maryanto, S., Syafri, I., Kurnia, Jazuli, H. H., & Hartanto, P. (2022). Wackestones and Grainstones Geochemistry from Baturaja Formation, South Sumatra Province, Indonesia: Origin and Depositional Environment. *Sains Malaysiana*, 51(4). <https://doi.org/10.17576/jsm-2022-5104-05>
- Irzon, R., Syafri, I., Agustiany, I., Prabowo, A., & Sendjaja, P. (2019). Petrology and Geochemistry of The Volcanic Arc Tarusan Pluton in Comparison to Lolo Pluton, West Sumatra. *Jurnal Geologi Dan Sumberdaya Mineral*, 20(4). <https://doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v20i4.471>
- Irzon, R., Syafri, I., Suwarna, N., Hutabarat, J., Sendjaja, P., & Setiawan, V. E. (2021). Geochemistry of Granitoids in Central Sumatra: An Identification of Plate Extension during Triassic. *Geologica Acta*, 19. <https://doi.org/10.1344/GeologicaActa2021.19.9>
- Leal, S., Lima, A., Noronha, F., Mortensen, J., & MacKenzie, D. (2022). Geological setting of the Bigorne gold deposit, Iberian Variscan belt (Northern Portugal) and Au-Bi-Te mineral assemblages as indicators of the ore-forming conditions. *Ore Geology Reviews*, 141. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2021.104689>
- Liang, F., Niu, J., Linsel, A., Hinderer, M., Scheuven, D., & Petschick, R. (2021). Rock alteration at the post-Variscan nonconformity: Implications for Carboniferous-Permian surface weathering versus burial diagenesis and paleoclimate evaluation. *Solid Earth*, 12(5). <https://doi.org/10.5194/se-12-1165-2021>
- Liivamägi, S., Šrodoň, J., Bojanowski, M. J., Stanek, J. J., & Roberts, N. M. W. (2021). Precambrian paleosols on the Great Unconformity of the East European Craton: An 800 million year record of Baltica's climatic conditions. *Precambrian Research*, 363. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2021.106327>
- McDonough, W. F., & Sun, S. s. (1995). The composition of the Earth. *Chemical Geology*, 120(3–4). [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(94\)00140-4](https://doi.org/10.1016/0009-2541(94)00140-4)
- Metcalf, I. (2013). Gondwana dispersion and Asian accretion: Tectonic and palaeogeographic evolution of eastern Tethys. In *Journal of Asian Earth Sciences* (Vol. 66). <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2012.12.020>
- Middlemost, E. A. K. (1994). Naming materials in the magma/igneous rock system. *Earth Science Reviews*, 37(3–4). [https://doi.org/10.1016/0012-8252\(94\)90029-9](https://doi.org/10.1016/0012-8252(94)90029-9)
- Qin, H. B., Yang, S., Tanaka, M., Sanematsu, K., Arcilla, C., & Takahashi, Y. (2020). Chemical speciation of scandium and yttrium in laterites: New insights into the control of their partitioning behaviors. *Chemical Geology*, 552. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2020.119771>
- Sahoo, P. K., Guimarães, J. T. F., Souza-Filho, P. W. M., da Silva, M. S., Nascimento, W., Powell, M. A., Reis, L. S., Pessenda, L. C. R., Rodrigues, T. M., da Silva, D. F., & Costa, V. E. (2017). Geochemical characterization of the largest upland lake of the Brazilian Amazonia: Impact of provenance and processes. *Journal of South American Earth Sciences*, 80. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2017.10.016>
- Saleh, G. M. (2001). Evolution of pan african A- and I-type granites from southeastern egypt: Inferences from geology, geochemistry, and Mineralization. *International Geology Review*, 43(6). <https://doi.org/10.1080/00206810109465032>

- Setiawan, I., Takahashi, R., & Imai, A. (2017). Petrochemistry of Granitoids in Sibolga and its Surrounding Areas, North Sumatra, Indonesia. *Resource Geology*, 67(3). <https://doi.org/10.1111/rge.12132>
- Syaifullah, M., & Utama, H. W. (2021). Petrogenesis Intrusi Granitoid Langkup di Desa Rantau Kermas dan Sekitarnya, Kecamatan Jangkat, Kabupaten Merangin, Provinsi Jambi. *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*, 2(1). <https://doi.org/10.23960/jgrs.2021.v2i1.59>
- Vural, A., & Kaygusuz, A. (2019). Petrology of the Paleozoic plutons in Eastern pontides: Artabel Pluton (Gümüşhane, NE Turkey). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 8(2).