



## Kandungan Unsur Tanah Jarang pada Granit Putih Kemerahan dari Daerah Lagoi dan Perbandingan dengan Batuan Sejenis di tempat lain

### *Rare Earth Element Content in Pinkish Granite of Lagoi Area and Its Comparison with the Similar Rocks of other region*

Ronaldo Irzon, Hamdan Z. Abidin, Baharuddin, Purnama Sendjadja dan Kurnia

Pusat Survei Geologi

Jalan Diponegoro 57 Bandung

e-mail: ronaldo\_irzon@yahoo.com. No Telp: +62227203205 ext.181

Naskah diterima : 21 April 2017, Revisi terakhir : 18 Agustus 2017, Disetujui : 25 Agustus 2017, Online : 29 Agustus 2017

**Abstrak** - Intrusi granit berumur Trias di Pulau Bintan termasuk dalam kelompok Jalur Tengah Granit Asia Tenggara. Satuan Granit tersebut tersebar hingga melebihi 30% dari seluruh satuan batuan di Pulau Bintan. Secara megaskopik, granit mempunyai beberapa nama di pulau itu. Kawasan Lagoi, yang berada di pantai utara Pantai Bintan, memiliki granit dengan ciri spesifik yakni berwarna putih kemerahan (*pinkish*). Penelitian kandungan unsur tanah jarang pada granit ini dilakukan dengan metode ICP-MS. Kandungan unsur tanah jarang dalam granit putih kemerahan ini cukup tinggi, berkisar antara 170 – 1.015 ppm dengan rata-rata 295 ppm. Nilai unsur tanah jarang ini kemudian diplot dalam diagram laba-laba untuk dibandingkan dengan intrusi granit berwarna sama di daerah Kepulauan Riau. Anomali Eu negatif terdeteksi dalam conto granit ini yang menunjukkan bahwa fraksinasi mineral plagioklas terjadi dalam pembentukan batuan. Derajat fraksinasi UTJ secara keseluruhan pada conto terpilih berada pada tingkat menengah dengan rata-rata  $(La/Lu)_N$  sekitar 11 bila dibandingkan dengan granit sejenis di tempat lain. Selain itu, derajat fraksinasi UTJ-ringaran dan UTJ-berat secara berurutan adalah 5,78 dan 1,53. Bila seluruh granit yang dijadikan pembandingan dianggap telah mengalami proses hidrotermal, dapat disimpulkan bahwa perjalanan diferensiasi pada Granit Lagoi lebih kecil pengaruhnya terhadap UTJ bila dibandingkan dengan Granit Panbari-Geleki dan Granit Singo.

**Kata kunci:** geokimia, Lagoi, granit putih kemerahan, unsur tanah jarang.

**Abstract** - The Triassic granite intrusion in Bintan Island belongs to the Main Range Granite Province of South East Asia. The Granite unit is dispersed up to 30% of the whole rock units in the Bintan Island. Megascopically, some different colours of granite have been found in the island. Lagoi Area, located in the northern shore of Bintan Island, has a granite with a pinkish colour. The REE content in this study was measured using ICP-MS method. The resulted REE contents of this pinkish granite are quite high, ranging from 170 – 1,015 ppm and 295 ppm in average. REE data of the pinkish granite were then plotted in spider diagram to do comparison among other pinkish granite intrusions in Riau Islands. Negative Eu anomaly detected in pinkish granite samples showing that plagioclase fractionation occurred during rock forming process. REE fractionation among all of the selected samples has average  $(La/Lu)_N$  value of 11 and is categorized as medium level compared with another pinkish granite. Moreover, L-REE and H-REE fractionation values are 5.78 and 1.53. Considering all of the compared granite samples were influenced by hydrothermal process, it can be concluded that the differentiation of Lagoi Granite is less likely to affect the REE compared to the Panbari-Geleki and Singo Granite.

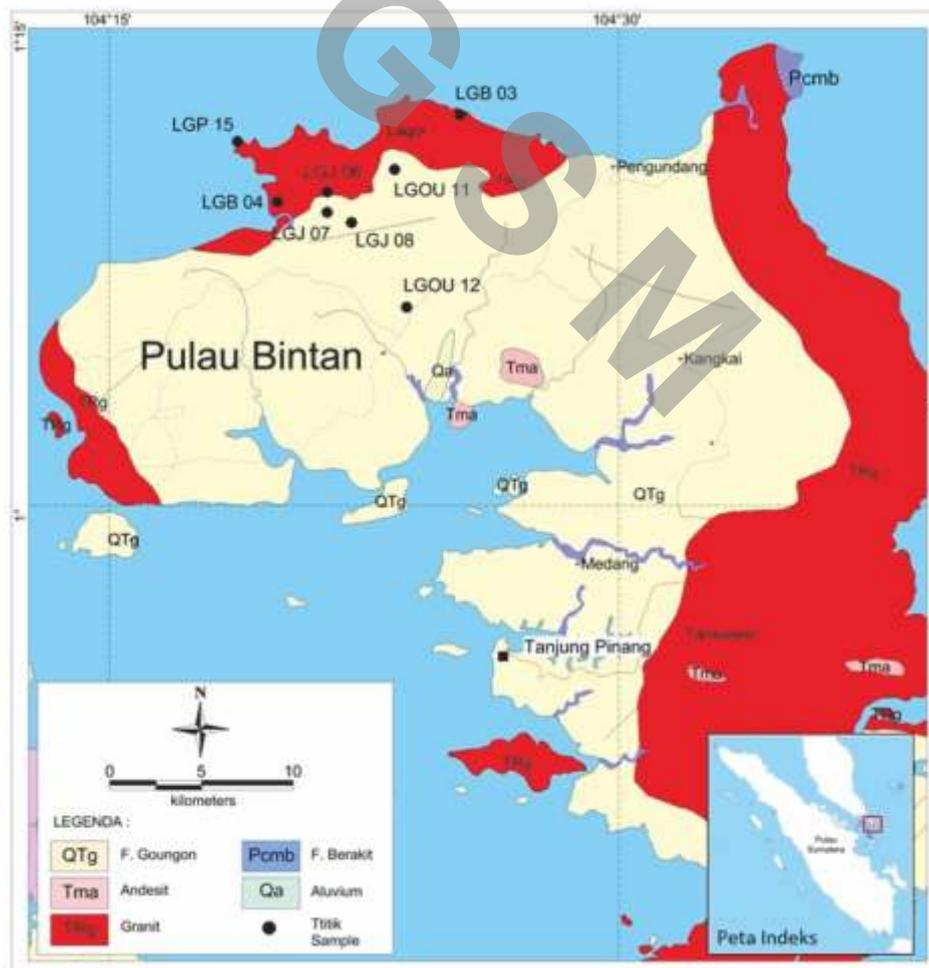
**Keywords:** geochemistry, Lagoi, pinkish granite, rare earth elements.

## PENDAHULUAN

Batuan beku intrusi yang paling melimpah di kerak benua teratas, bertekstur fanerit, granular, dan umumnya tersusun oleh tiga mineral utama yaitu felspar, kuarsa, dan mika dinamakan granitoid. Lebih lanjut, terminologi granitoid tersebut merupakan kelompok batuan yang berkisar dari granit hingga diorit (contoh: Kurniawan, 2014; Hutabarat drr., 2016). Meski kuarsa cenderung lebih sedikit ditemukan pada diorit, namun jumlah Na-plagioklas cukup berlimpah dan terdiri atas setidaknya satu mineral mafik. Granit dan granodiorit dibedakan atas rasio kandungan potasium felspar (K-felspar) terhadap plagioklas. K-felspar lebih dominan pada granit sedangkan plagioklas berjumlah lebih banyak pada granodiorit (Gill, 2010). Pulau Bintan, di mana kota Tanjungpinang terletak sebagai pusat pemerintahan dari Provinsi Kepulauan Riau, memiliki singkapan granitoid berupa Satuan Granit berumur Trias (Kusnama drr., 1994) seperti dapat dilihat pada Gambar 1. Satuan Granit yang terdapat di wilayah Lagoi maupun wilayah lain di Pulau Bintan

diklasifikasikan sebagai tipe-I dan sebagai bagian dari Jalur Timur Granit yang menerus dari selatan Cina, Thailand, Myanmar, Malaysia, Singapura, sampai ke Indonesia (Barber drr., 2005). Sejarah evolusi tektonik terhadap mineralisasi pada Jalur Timah, terutama di Thailand dan Malaysia menyimpulkan bahwa keterdapatannya timah tidak selalu berada pada Jalur Tengah (*Main Range Province*), namun juga pada Jalur Timur (*Eastern Belt*) (Searle drr., 2012). Banyak studi telah difokuskan pada beberapa lokasi intrusi granit pada jalur timah ini dengan beberapa lokasi lainnya telah menyertakan hasil pengukuran kandungan unsur tanah jarang (UTJ) sebagai topik pada penelitian ini, seperti: Granit Selim (Ghani, 2005); daerah Endau Rompin, Malaysia (Ghani drr., 2013); dan Granit Muncung (Irzon, 2015).

Lagoi merupakan suatu kawasan di bagian utara Pulau Bintan. Lokasi ini dapat ditempuh dalam waktu kurang dari dua jam dari kota Tanjungpinang melalui jalur darat maupun laut. Lokasi ini dinilai menarik karena mempunyai singkapan granit dengan warna putih



sumber: modifikasi Kusnama drr. (1994)

**Gambar 1.** Peta geologi bagian utara Pulau Bintan dan lokasi pengambilan contoh

kemerahan (*pinkish*), berbeda dengan singkapan pada lokasi-lokasi lain di Pulau Bintan yang berwarna abu terang (*light grey*). Kenampakan warna singkapan granit memang beragam: abu-abu terang, abu-abu gelap, bahkan putih kemerahan bergantung kepada mineraloginya. Granit berwarna putih kemerahan (*pinkish granite*) kerap diakibatkan oleh kelimpahan alkali atau K-feldspar sebagai mineral utama pada batuan intrusif ini. Granitoid putih kemerahan di Karbi Hills (India) tercatat memiliki kandungan K-feldspar hingga 44% (Majumdar dan Dutta, 2014). Di samping itu, warna putih kemerahan juga dapat diakibatkan oleh terdapatnya senyawa besi yang merekat diantara butiran batuan hingga inklusi oksida besi berukuran sub-mikron (Ashwal drr., 2002). Batolit Besar yang terletak di Semenanjung Malaya dikenal sebagai salah satu intrusi masif dengan warna putih kemerahan (Ghani drr., 2013).

### Tujuan dan Manfaat Penelitian

Kandungan unsur tanah jarang dalam kelompok batuan granit merupakan tema yang banyak dibahas oleh para peneliti kebumihantaran terkait nilai ekonomisnya. Studi ini ditujukan untuk menganalisis kandungan UTJ dalam granit dari daerah Lagoi dan kemudian dibandingkan dengan nilai UTJ yang terdapat dalam beberapa satuan granitoid putih kemerahan pada lokasi lain. Beberapa faktor megaskopis maupun mikroskopis yang mempengaruhi turut ditelusuri. Eksplorasi terkait UTJ diharapkan akan makin terarah dengan studi ini khususnya menyangkut jenis conto dan faktor tektonik. Metoda yang sama dapat diujikan terhadap singkapan granitoid dengan penampakan visual khusus lain.

### Metoda Analisis

Setelah kegiatan lapangan, conto granit putih kemerahan dari Lagoi dipisahkan antara bagian lapuk dan segarnya. Bagian segar kemudian dihancurkan menggunakan *ball mill* hingga berukuran maksimal 200 mesh. Penetapan ukuran ini terkait dengan faktor pelarutan karena conto akan dipreparasi dengan tiga jenis asam: asam nitrat, asam formiat, dan asam perklorat. Dua buah *certified reference material* (CRM): AGV-2 dan GBW 07110 disiapkan dan dianalisis dengan metoda serupa sebagai pengontrol ketepatan pengujian. Perangkat uji ICP-MS model iCAP-Q dari *Thermo Fisher Scientific* dimanfaatkan untuk mengukur kandungan unsur tanah jarang pada seluruh conto. Proses preparasi dan pengujian dilaksanakan di Laboratorium Geologi – Pusat Survei Geologi dengan prosedur hasil studi Irzon dan

Permanadewi (2010). Nilai yang diperoleh kemudian diperbandingkan dengan beberapa tulisan ilmiah terdahulu yang membahas mengenai UTJ dan granitoid putih kemerahan.

### GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, daerah Lagoi berada di bagian utara Pulau Bintan yang termasuk dalam Peta Geologi Lembar Tanjung Pinang, skala 1:250.000 (Kusnama drr., 1994). Berdasarkan peta tersebut, di Pulau Bintan terdapat empat unit satuan batuan, dari tua ke muda secara berurutan yakni: Formasi Berakit, Granit, Andesit, dan Formasi Goungon. Di ujung barat laut Pulau Bintan terdapat Formasi Berakit yang berumur Perem berupa batuan malihan berderajat rendah seperti filit, batusabak, dan sekis. Granit di pulau ini diperkirakan terbentuk pada masa Trias Awal hingga Akhir yang tersebar di pantai barat, utara, dan timur Pulau Bintan (Kusnama drr., 1994). Wilayah Lagoi sebagai tema pada studi ini berada pada bagian utara Pulau Bintan. Dengan menggunakan metoda Rb-Sr Isokron, Granit Lagoi disimpulkan terbentuk pada  $226 \pm 8$  Ma (Cobbing drr., 1992 dalam Barber drr., 2005). Cebakan mineral ekonomis seperti bauksit diduga terkait dengan proses pelapukan granit. Pada waktu Miosen Awal hingga Akhir, Satuan Andesit terbentuk dan pada beberapa tempat menerobos Satuan Granit. Satuan Andesit tersebut dideskripsikan sebagai batuan beku berwarna kelabu dengan komposisi plagioklas, hornblenda, dan biotit. Meski umumnya berkarakter segar, pada beberapa tempat telah ditemukan andesit yang terkekarkan (Kusnama drr., 1994). Formasi Goungon merupakan satuan batuan yang terbentuk pada Plio-Plistosen yang terdiri atas batupasir tufan, tuf dasitan, tuf litik, dan batulanau. Formasi Goungon diperkirakan berlingkungan fluvial dengan ketebalan 200 m.

### Penelitian Granitoid Putih Kemerahan di tempat Lain

Beberapa intrusi granitoid putih kemerahan dari beberapa lokasi lain telah teridentifikasi, namun tidak seluruhnya terdeskripsikan kandungan UTJ-nya. Pada wilayah Semenanjung Malaya terdapat Granit Endau Rompin (Ghani drr., 2013) berwarna putih kemerahan dengan biotit dan hornblenda berbutir halus hingga kasar, berumur 213-215 Ma. Granit di Gabal Adara Adatalob (Mesir) merupakan granit berwarna putih kemerahan dengan radioaktivitas uranium dan thorium yang tinggi, yakni 10 dan 24 ppm secara berurutan (Shahin dan Masoud, 2014).

Ashwal dr. (2002) telah melakukan penelitian mendalam mengenai granit di Seychelles, timur laut Madagaskar, yang terbagi dalam dua penampakan secara visual: abu-abu (Grup Mahe) dan putih kemerahan (Grup Praslin). Selain granitoid putih kemerahan porfiri-subporfiritik, wilayah Panbari-Geleki di utara Karbi Hills (bagian dari *Pan-African Granitoid*), juga dapat ditemukan variasi granitoid abu-abu non-porfiritik maupun leukogranit (Majumdar dan Dutta, 2014). Granit Singo di Afrika juga terbagi dalam dua kelompok: biotit granit berwarna abu-abu dan granit porfiri berwarna putih kemerahan (Nagudi dr., 2003). Keterdapatannya lebih dari satu intrusi granit berdasarkan warna pada satu lokasi turut dijadikan satu bagian yang menarik untuk dibahas mengenai kandungan dan pola unsur tanah jarang masing-masing. Masing-masing peneliti telah menjabarkan bagaimana geokimia pada singkapan granitoid di atas. Granit putih kemerahan dari Endau Rompin memiliki jumlah total UTJ 116-266 ppm (rata-rata 180 ppm). Anomali negatif Ba, Ce, Sr, P, Zr, Ti dan anomali positif U, P, dan Nd ditunjukkan pada diagram hasil normalisasi geokimia pada granit dari timur Sutar Bentong-Raub ini (Ghani dr., 2013). Proses hidrotermal berikut tektonik yang intensif diindikasikan memperkuat mineralisasi UTJ pada Granit Gabal Adara Atadalob. Fluida hidrotermal tersebut berperan dalam proses pelarutan, transportasi, dan penyerapan UTJ pada granit di Mesir dengan rata-rata jumlah UTJ pada dua belas contoh batuan dengan kadar 418 ppm (Shahin dan Masoud, 2014). Meski terdapat dua penampakan visual pada granit di Seychelles, tidak terdapat perbedaan mencolok mengenai rata-rata kandungan UTJ pada kelompok putih kemerahan (Grup Praslin) dan abu-abu (Grup Mahe), yakni secara berurutan 388 dan 327 ppm (Ashwal dr., 2002). Hal ini berbanding terbalik dengan granit di Seychelles, kelimpahan UTJ pada fasies putih kemerahan dari Granit Panbari-Geleki jauh lebih besar dibandingkan dengan fasies abu-abunya, yaitu 3.643 ppm berbanding 237 ppm (Majumdar dan Dutta, 2014).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Deskripsi Megaskopis Granit Putih Kemerahan dari Lagoi

Sebanyak delapan contoh granit putih kemerahan telah dikoleksi dari daerah penelitian. Contoh batuan ini diambil dari delapan lokasi yang sebagian besar berada di dalam kawasan wisata Lagoi, Pulau Bintan (Gambar 1). Dua contoh merupakan blok-blok granit putih kemerahan yang tersingkap akibat pembakaran hutan dalam usaha perluasan jalan (Gambar 2a). Beberapa contoh lain ditemukan di bagian tengah daerah wisata Lagoi yakni di sekitar patung Orang Utan dan juga di

dekat patung Burung Garuda. Pada tepi pantai di bagian timur laut maupun barat laut daerah wisata Lagoi juga dapat ditemukan singkapan granit berwarna relatif sama. Secara megaskopis, seluruh contoh tersusun atas kuarsa, K-feldspar, dan mineral mafik berupa biotit.

Granit pada studi ini dapat dikategorikan berwarna putih kemerahan dengan tingkatan berbeda, berukuran butir sedang hingga kasar, dan berkarakter pejal. Pada sebagian besar singkapan terdapat rekahan maupun kekar seperti tampak pada Gambar 2b. Meski perbedaan pada masing-masing contoh secara megaskopis terletak pada ukuran butir dan komposisi mineralnya, klorit sebagai mineral ubahan terdapat pada seluruh contoh. Bagian permukaan yang telah lapuk pada singkapan ini tampak berwarna kecoklatan.

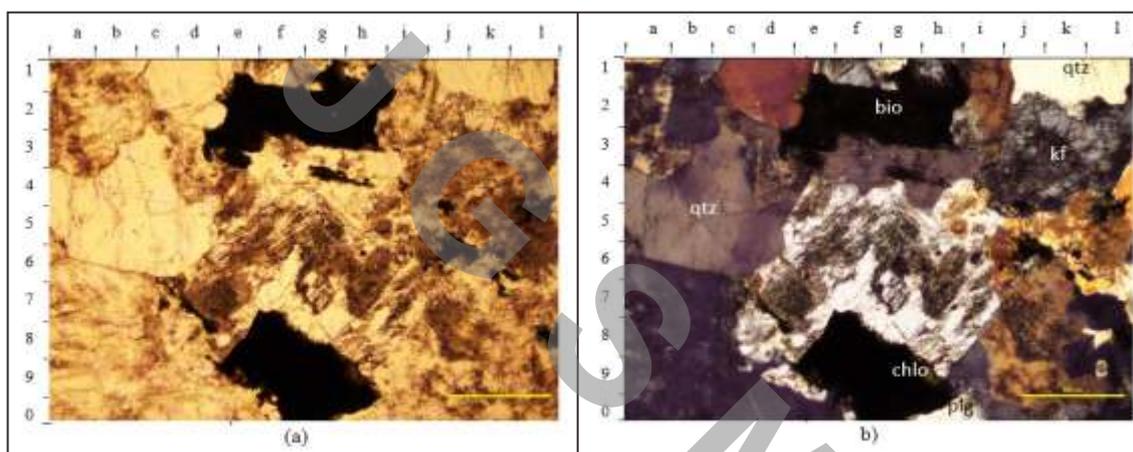


**Gambar 2.** Kondisi singkapan dan contoh penelitian secara megaskopis. (a) granit yang tersingkap akibat pembakaran hutan; dan (b) tampak rekahan minor pada granit dari tepi pantai utara Pulau Bintan.

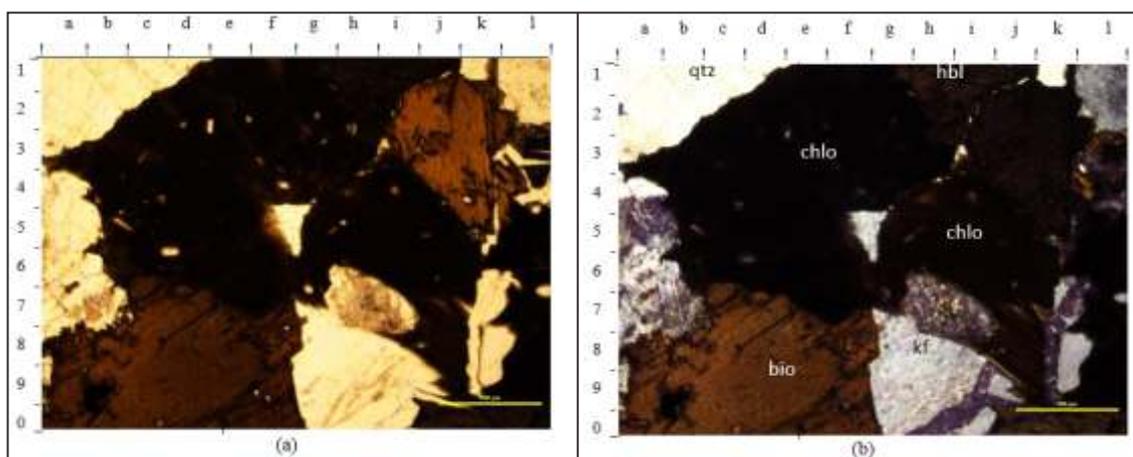
Pengamatan mikroskopis/petrografi mengkonfirmasi bahwa seluruh conto merupakan batuan beku intrusi felsik berwarna bening putih kemerahan. Kuarsa, K-feldspar, dan biotit tampak sebagai mineral penyusun utama dengan kisaran 13-35%, 15-35%, dan 15-40% secara berurutan. Beberapa conto mengandung sejumlah hornblenda, namun hanya satu conto yang dapat diamati keterdapatannya plagioklas secara mikroskopis (LGB 03, Gambar 3). Kuarsa hadir anedral yang kebanyakan kristalnya mengelompok. Pada seluruh conto, K-Feldspar hadir dengan jenis ortoklas meski pada beberapa conto juga sebagai sanidin maupun mikroklin. Ortoklas inilah yang dapat membuat conto granit berwarna putih kemerahan.

Pada seluruh conto dapat dijumpai biotit yang telah berubah menjadi klorit sebagai mineral ubahan (8-20%)

seperti tampak pada Gambar 4. Serisit sebagai penanda ubahan lainnya terdapat pada hampir seluruh conto kecuali (LGOU 11) sebesar 2-8%. Mineral bijih terdeteksi berada dalam kadar rendah (3-8%). Secara mikroskopis, tak dijumpai adanya silika sekunder. Seluruh conto terpengaruh tektonik yang ditandai dengan hadirnya beberapa kekar dan retakan antar kristal tak teratur dalam kisaran 1-3%. Dengan demikian conto terpilih disebut sebagai granit biotit karena kandungan biotit > 10%. Rinci mengenai data petrografi dapat dilihat pada Tabel 1. Karena terbentuk jauh di dalam perut bumi, pada beberapa tempat dapat ditemukan adanya granit pegmatit sebagai batuan beku yang terbentuk pada tahap akhir kristalisasi magma. Batuan ini mudah dikenali dengan ukuran mineral yang besar, bahkan melebihi 2,5 cm seperti di selatan Maine (Wise dan Brown, 2010) dan bagian selatan Mashhad (Didar dr., 2015).



**Gambar 3.** Conto LGB 03 a) kedudukan lensa nikol sejajar (*with parallel-nicols*); dan b) kedudukan lensa nikol bersilang (*with crossed-nicols*). Granit yang berkembang dengan tekstur holokristalin dengan bentuk kristal anedral. Tampak beberapa mineral: K-feldspar (kf; k-3), kuarsa (qtz; k-1 dan b-5), plagioklas (plg), biotit (bio, g-2), dan klorit (chlo, f-9) sebagai ubahan dari biotit.



**Gambar 4.** Conto LGOU 12 a) kedudukan lensa nikol sejajar (*with parallel-nicols*); dan b) kedudukan lensa nikol bersilang (*with crossed-nicols*). Granit yang berkembang dengan tekstur holokristalin dengan bentuk kristal umumnya anedral. Tampak beberapa mineral: K-feldspar (kf; h-9), kuarsa (qtz; b-1), biotit (bio, d-9), hornblenda (hbl, h-1), plagioklas (plg), dan klorit (chlo, e-3 dan i-5) sebagai ubahan dari biotit.

Besar kristal pada conto dalam penelitian ini  $\ll 1$  cm sehingga belum dapat dikategorikan sebagai granit pegmatit.

### Kandungan Unsur Tanah Jarang

Kandungan Unsur Tanah Jarang (UTJ) pada conto terpilih berada pada rentang 173 – 1.015 ppm dengan rata-rata 295 ppm. Conto terpilih diperkirakan telah terpengaruh proses tektonik dengan hadirnya kekar dan retakan menurut pengamatan mikroskopis maupun hasil pengamatan lapangan. Jumlah mineral ubahan antara 10-26% pada pengamatan petrografi (Tabel 1) menunjukkan bahwa batuan ini telah berubah. Lebih jauh, pengamatan mikroskopis juga menunjukkan bahwa klorit yang merupakan ubahan dari biotit ditemukan telah tergantikan oleh mineral lempung pada beberapa conto. Keterdapan mineral lempung ini terindikasi sangat terkait dengan nilai UTJ dimana conto dengan indikasi adanya mineral lempung hijau-

kecoklatan sebagai pengganti klorit memiliki kandungan UTJ 295 - 1.015 ppm. Pada sisi lain, conto tanpa keterdapan klorit yang berubah lanjut memiliki kandungan unsur tanah jarang pada rentang 173 – 285 ppm. Rinci kandungan UTJ pada conto terpilih terangkum pada Tabel 2.

Efek Oddo Harkins terkait kelimpahan unsur terhadap nomor atom menyebabkan plot UTJ seperti gergaji karena atom bernomor ganjil lebih melimpah dari pada yang genap. Untuk menghindari hal tersebut, nilai-nilai setiap unsur tanah jarang kemudian dinormalisasi menggunakan besaran mantel primitif (McDonough dan Sun, 1995), dan diplot dalam diagram laba-laba UTJ (REE *spiderdiagram*) (Gambar 5). Berdasarkan konfigurasi elektron dan nomor atom, UTJ dibagi menjadi dua kelompok: UTJ ringan (*Light-REE*, LREE) yang terdiri atas Lantanum hingga Gadolinium dan UTJ berat (*Heavy-REE*, HREE) yang tersusun oleh Terbium hingga Lutetium (Nono dr., 2010). Conto pada

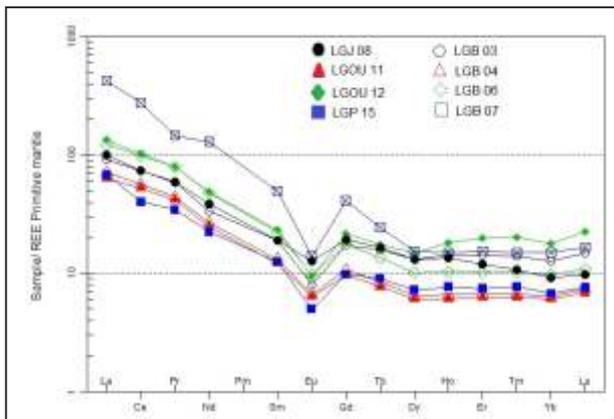
**Tabel 1.** Hasil analisis mikroskopis conto granit putih kemerahan dari Lagoi.

Contoh	Qtz	K-Feld	Pla	Horn	Bio	Min Bijih	Mineral Ubahan			Pori	Min.Lemp
							Ser	Klo	Sec. Qtz		
LGOU 11	10	20	-	17	30	4	-	18	-	1	Tidak
LGOU 12	15	25	-	8	22	4	4	20	-	1	Ya
LGB 03	13	15	7	-	40	3	3	17	-	2	Tidak
LGB 04	20	25	-	10	20	7	7	10	-	2	Tidak
LGP 15	32	30	-	-	18	8	2	10	-	1	
LGB 06	23	35	-	-	25	3	2	8	-	3	Ya
LGB 07	15	30	-	-	25	4	8	15	-	3	Ya
LGJ 08	35	20	-	-	15	5	7	15	-	2	Ya

Semua satuan dalam %. Keterangan: Qtz = kuarsa, K-feld = kalium fekdspar, Pla = plagioklas, Horn = hornblenda, Bio = biotit, Min Bijih = mineral bijih, Ser = serisit, Klo = klorit, Sec.Qtz = kuarsa sekunder, Min.Lemp = mineral lempung (terdeteksi/tidak)

**Tabel 2.** Hasil pengukuran UTJ setiap conto yang dilaksanakan dengan perangkat ICP-MS tipei-CAP-Q milik Pusat Survei Geologi.

	LGOU 11	LGOU 12	LGB 03	LGB 04	LGP 15	LGB 06	LGB 07	LGJ 08
<b>La</b>	41.17	87.52	59.41	46.15	44.2	80.15	275.68	65.32
<b>Ce</b>	88.23	170.01	124.46	95.23	67.48	166.13	465.73	123.4
<b>Pr</b>	10.59	20.12	14.77	11.24	8.77	20.12	37.21	15.16
<b>Nd</b>	30.91	60.62	41.95	33.3	27.91	59.63	161.47	47.94
<b>Sm</b>	4.93	9.44	7.74	5.33	5.07	9.00	20.19	7.72
<b>Eu</b>	0.97	1.46	1.23	1.03	0.77	1.49	2.16	1.95
<b>Gd</b>	5.23	11.71	9.36	5.81	5.32	9.61	22.4	10.47
<b>Tb</b>	0.76	1.73	1.56	0.84	0.89	1.34	2.41	1.63
<b>Dy</b>	4.07	9.95	8.78	4.37	4.85	6.81	10.34	8.84
<b>Ho</b>	0.91	2.68	2.13	0.99	1.14	1.54	2.24	2.00
<b>Er</b>	2.74	8.7	6.22	2.93	3.25	4.47	6.73	5.21
<b>Tm</b>	0.43	1.37	0.95	0.46	0.52	0.7	1.02	0.73
<b>Yb</b>	2.68	7.84	5.59	2.82	2.97	4.28	6.62	4.07
<b>Lu</b>	0.46	1.54	1.00	0.50	0.52	0.74	1.13	0.67
<b>Total REE</b>	194.08	394.68	285.15	210.99	173.65	366.00	1015.31	295.11



Sumber : modifikasi dari McDonough dan Sun (1995)

**Gambar 5.** Diagram lab-laba UTJ delapan contoh granit putih kemerahan pada studi ini. Normalisasi menggunakan nilai mantel primitif.

penelitian ini menunjukkan penunjaman tajam dari arah UTJ ringan menuju UTJ berat dengan adanya anomali negatif Eu.

### Perbandingan Terhadap Batuan Sejenis di Tempat Lain.

Kandungan UTJ dalam granit di Gabal Adara Atadalob (rata-rata = 418 ppm) disimpulkan terkayakan karena faktor tektonik dan proses hidrotermal (Shahin dan Masoud, 2014). Tektonik di Mesir ini ditandai dengan beberapa sesar (*faults*). sesar ini kemudian terisi oleh fluida hidrotermal yang kaya UTJ. Berbeda dengan distribusi UTJ pada granitoid dari Karbi Hills yang diduga tinggi akibat adanya sesar geser tanpa disebutkan adanya urat kuarsa sebagai penanda aktivitas hidrotermal (Majumdar dan Dutta, 2014). Walaupun terdapat sesar maupun urat kuarsa di lokasi Granit Singo, tidak dijelaskan adanya hubungan faktor-faktor tersebut terhadap kandungan UTJ-nya (Nagudi dr., 2003). Klorit berjumlah 8-20% terdeteksi pada granit di lokasi penelitian yang menunjukkan adanya pengaruh hidrotermal yang merubah biotit menjadi klorit (Parry dan Downey, 1982). Keberadaan mineral lempung pada sebagian besar contoh menjadi penguat bahwa granit di Lagoi telah terpengaruh hidrotermal.

Pola yang terbentuk pada diagram lab-laba contoh dari Lagoi secara umum dapat dikatakan hampir serupa (Gambar 5). Seluruh contoh menunjukkan kemiringan menurun pada wilayah UTJ ringan dan kemudian pola yang hampir mendatar pada UTJ berat. UTJ ringan terlihat mengalami pengayaan 10-400 kali terhadap nilai mantel primitif, sedangkan UTJ berat tampak stabil pada kisaran 8-20 kali. LGB 07 merupakan contoh dengan kandungan UTJ terbanyak (1.015 ppm) dengan pengayaan La >400 kali terhadap mantel primitif.

Selain berdasarkan diagram lab-laba, studi lebih rinci terhadap pola UTJ dapat dipelajari dengan nilai-nilai normalisasi kandungan pada setiap conto terhadap besaran mantel primitif. Nominal besaran anomali Eu dapat dihitung dengan besaran  $Eu/Eu^*$ . Eu adalah kandungan unsur tersebut pada conto yang telah ternormalisasi mantel primitif, sedangkan  $Eu^*$  merupakan nilai rata-rata konsentrasi Sm dan Gd ternormalisasi mantel primitif. Kedelapan granit putih kemerahan menunjukkan anomali negatif Eu yang dapat terkait dengan fraksinasi mineral plagioklas pada proses pembentukan batuan. Pada proses pembentukannya, batuan yang terakumulasi plagioklas akan memiliki anomali positif Eu, sebaliknya batuan yang mengalami pelepasan/pengurangan plagioklas saat diferensiasi magma akan menghadirkan anomali negatif Eu (Singh dan Vallinayagam, 2012). Nominal anomali Eu tertera pada Tabel 3. Nilai anomali Eu pada Granit Lagoi mengindikasikan adanya pelepasan/pengurangan plagioklas saat diferensiasi magma. Walaupun kandungan UTJ tertinggi dimiliki oleh conto dengan anomali Eu terbesar (paling mendekati nol), yakni pada LGJ 07, tidak dapat ditarik korelasi yang baik antara kandungan UTJ dan anomali Eu pada keseluruhan conto seperti pada Granit La Peridza (Perez-Soba dan Villaseca, 2010).

Fraksinasi UTJ dapat dipengaruhi oleh faktor hidrotermal dan proses diferensiasi magma (Denele dr., 2012; Ghani dr., 2013; Majumdar dan Dutta, 2014; Shahin dan Masoud, 2014). Tingkat kemiringan diagram lab-laba dari nomor atom terendah hingga tertinggi sebanding dengan derajat fraksinasi UTJ. Derajat fraksinasi terhadap UTJ dapat dihitung dengan perbandingan normalisasi La terhadap Lu (Ramakrishnan dan Tiwari, 1998; Majumdar dan Dutta, 2014; Dauphas dan Pourmand, 2015). Nilai  $(La/Lu)_N$  pada conto studi berkisar antara 6 dan 25 (rata-rata 11). Angka  $(La/Lu)_N$  ini memang tidak sebesar granitoid putih kemerahan dari Panbari-Geleki (226, sangat tinggi) (Majumdar dan Dutta, 2014) dan Singo (11,9) (Nagudi dr., 2003).

**Tabel 3.** Nilai anomali maupun normalisasi terhadap beberapa unsur UTJ dari sampel terpilih

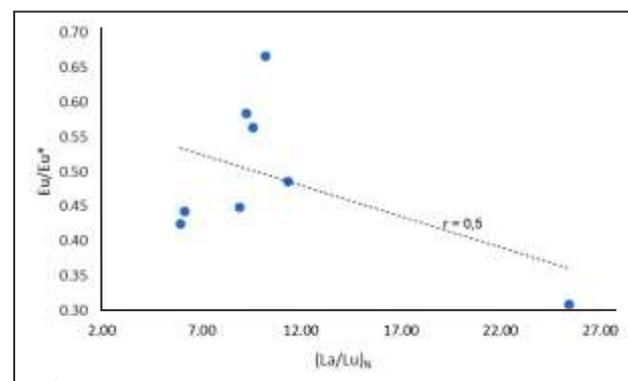
Contoh	Total REE	$(La/Sm)_N$	$(Gd/Lu)_N$	$(La/Lu)_N$	$Eu/Eu^*$
LGOU 11	194,08	5,23	1,40	9,27	0,58
LGOU 12	394,68	5,81	0,94	5,93	0,42
LGB 03	285,15	4,81	1,15	6,17	0,44
LGB 04	210,99	5,43	1,43	9,58	0,56
LGP 15	173,65	5,46	1,27	8,91	0,45
LGB 06	366,00	5,59	1,61	11,32	0,49
LGB 07	1015,1	8,56	2,46	25,44	0,31
LGJ 08	295,11	5,31	1,94	10,20	0,67

Namun demikian, fraksinasi UTJ pada wilayah studi lebih besar hasil studi terdahulu dari Praslin dan Endau Rompin dengan nilai rata-rata secara berurutan 8,3; dan 8,16 yang tergolong rendah (Ashwal dr.,2002; Ghani dr., 2013). Berdasarkan nilai  $(La/Lu)_N$  tersebut juga dapat disimpulkan bahwa Granit Lagoi telah mengalami fraksinasi UTJ tingkat menengah hingga tinggi dibandingkan dengan granitoid putih kemerahan lain. Pola diagram laba-laba yang jauh lebih curam pada bagian UTJ ringan (Gambar 3) diperjelas dengan nilai  $(La/Sm)_N$  yang cukup tinggi (antara 4,8-5,6; rata-rata 5,78) dibandingkan dengan rangkaian UTJ berat yang hampir landai karena nilai  $(Gd/Lu)_N$  yang mendekati satu (antara 0,9-2,4; rata-rata 1,53). Perhitungan anomali unsur tanah jarang terpilih tertera pada Tabel 3. Bila sama-sama telah terpengaruh proses hidrotermal, dapat disimpulkan bahwa perjalanan diferensiasi pada Granit Lagoi lebih kecil pengaruhnya terhadap UTJ bila dibandingkan dengan Granit Panbari-Geleki dan Granit Singo.

Perbandingan anomali Eu dan fraksinasi UTJ pada daerah dengan lebih dari satu jenis granitoid berdasarkan warnanya menjadi fakta menarik. Batuan kelompok granit anggota Grup Praslin yang berwarna putih kemerahan memiliki nilai  $(La/Lu)_N$  yang lebih besar dengan anomali negatif Eu yang lebih curam dari Mahe Group walau berasal dari daerah yang sama. Lebih jauh, Ashwal dr. (2002) menganggap Praslin dan Grup Mahe sebagai kelompok yang kogenetik, terbentuk pada intrusi yang sama. Granit putih kemerahan pada Granit Singo juga ditengarai memiliki anomali negatif Eu yang lebih dalam dengan kemiringan diagram laba-laba yang lebih curam daripada granit biotit berwarna abu-abu di sana (Nagudi dr., 2003). Melalui kalkulasi pada studi ini, perbandingan  $(La/Lu)_N$  granitoid putih kemerahan terhadap granitoid abu-abu terang dari Karbi Hills adalah 226,1 : 4,8 dengan anomali Eu 0,58 : 0,733 (Majumdar dan Dutta, 2014).

Proses diferensiasi magma dapat tergambar melalui karakter geokimia suatu unit batuan: oksida utama, unsur jarang dan UTJ (contoh: Best, 2003; Lee dan Bachman, 2014; Wijaya dan Hendratno, 2015). Penelitian terdahulu telah menyimpulkan bahwa anomali negatif Eu terkait dengan fraksinasi plagioklas selama diferensiasi magma (Singh dan Vallinayagam, 2012). Nilai anomali Eu yang semakin rendah menandakan bahwa conto tersebut telah mengalami diferensiasi lebih jauh. Pada sisi lain, fraksinasi UTJ pada kelompok batuan tergambar oleh besaran  $(La/Lu)_N$ , dimana UTJ cenderung berkonsentrasi lebih

tinggi pada tingkat fraksinasi yang lebih besar pula (Majumdar dan Dutta, 2014). Berdasarkan dua prinsip tersebut, korelasi kedua variabel pada conto terpilih coba dihubungkan menggunakan diagram korelasi. Meski terdapat kecenderungan naiknya konsentrasi UTJ sejalan dengan berjalannya fraksinasi plagioklas, koefisien korelasi yang lemah ( $r = 0.5$ ) tidak cukup kuat untuk menarik kesimpulan tersebut (Gambar 6). Fakta tersebut menunjukkan bahwa kenaikan kandungan UTJ dari granit putih kemerahan di Lagoi tidak hanya dipengaruhi oleh fraksinasi terhadap plagioklas pada magma induk.



**Gambar 6.** Kurva korelasi  $(La/Lu)_N$  terhadap anomali Eu pada delapan sampel terpilih. Meski terdapat kecenderungan penambahan kadar UTJ terhadap penguatan anomali negatif Eu ( $Eu/Eu^*$  makin mendekati 0), nilai  $r < 0,9$  menandakan bahwa kedua variabel tidak memiliki korelasi yang cukup kuat.

## KESIMPULAN

Granit putih kemerahan dari Lagoi, Pulau Bintan merupakan batuan yang telah berubah berdasarkan tingginya kadar mineral ubahan pada conto terpilih. Batuan plutonik asam ini juga telah terpengaruh tektonik dengan dijumpainya kekar-kekar dan rekahan. Kadar UTJ pada batuan ini tergolong menengah dengan rata-rata 295 ppm dengan satu conto melebihi 1.000 ppm. Conto dengan keberadaan mineral lempung sebagai ubahan lanjutan dari klorit terbukti memiliki UTJ lebih tinggi. Granit dari Lagoi diperkirakan telah mengalami fraksinasi plagioklas saat diferensiasi magma karena memiliki anomali negatif Eu.

Kandungan UTJ pada batuan dapat dipengaruhi oleh faktor tektonik, hidrotermal, maupun proses diferensiasi. Berdasarkan studi pada intrusi granitoid berwarna putih kemerahan pada beberapa tempat lain,

fraksinasi UTJ pada conto terpilih disimpulkan berada pada tingkat menengah hingga tinggi berdasarkan diagram laba-laba UTJ maupun perhitungan  $(La/Lu)_N$ . Kemungkinan tingginya kadar UTJ pada Granit Lagoi ini juga dapat dipengaruhi oleh faktor tektonik berupa sesar maupun banyaknya retakan tak teratur secara makroskopis maupun mikroskopis. Dapat ditarik kesimpulan bahwa penelitian UTJ pada granitoid di wilayah Sumatra dapat lebih ditunjukkan pada granitoid yang telah berubah dan telah terkena pengaruh tektonik berupa sesar dan retakan. Pengaruh hidrotermal dalam conto diperjelas oleh keberadaan klorit sebagai ubahan biotit. Bila sama-sama telah terpengaruh proses hidrotermal, perjalanan diferensiasi pada Granit Lagoi lebih kecil pengaruhnya terhadap UTJ bila dibandingkan dengan Granit Panbari-Geleki dan Granit Singo dengan mengacu pada derajat fraksinasi UTJ. Meski terbukti telah mengalami fraksinasi plagioklas, proses ini bukanlah yang utama terhadap kandungan

UTJ pada magma induk. Studi terhadap granitoid berwarna berbeda berikut pengaruh-pengaruh lainnya terhadap kandungan UTJ di Pulau Bintan akan menjadi topik yang menarik untuk membuktikan fakta tersebut.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada Kepala Pusat Survei Geologi mengenai izin yang diberikan untuk publikasi makalah ini. Penelitian ini terlaksana atas program penelitian keterdapatan UTJ yang didanai oleh Pusat Survei Geologi. Studi ini telah banyak dibantu oleh Bapak Eko Partoyo serta kawan-kawan dari Penelitian Geokimia-UTJ dalam membuka wawasan mengenai batuan beku secara rinci. Ibu Imtihanah banyak membantu dari segi teknis saat pengambilan conto. Tidak lupa terimakasih kami pada Indah, Citra, dan Bayu Himawan atas kerjasamanya dalam analisis kimia maupun mikroskopis pada tulisan ini.

#### ACUAN

- Ashwal, L.D, Demaiffe, D. dan Torsvik, T.H. 2002. Petrogenesis of Neoproterozoic Granitoids and Related Rocks from the Seychelles: the Case for an Andean-type Arc Origin. *Journal of Petrology*, v.43, no.1: 45-83.
- Best, M.G. 2003. *Igneous and Metamorphic Petrology*, 2nd edition.
- Blackwell Science Ltd-el-Baghdadi, M., el-Boukhari, A., Jouider, A., Benyoucef, A. dan Nadem S., 2003. Calc-alkaline Arc I-type Granitoid Associated with S-type Granite in the Pan-African Belt of Eastern Anti-Atlas (Sagho and Ougnat, South Morocco). *Gondwana Research*, v.6, no.4: 557-572.
- Barber, A.J., Crow, M.J. dan Milsom, J.S., 2005. *Sumatra Geology, Resources and Tectonic Evolution*. Geological Society Memoir no.31. The Geological Society. London
- Dauphas, N. dan Pourmand, A., 2015. Thulium anomalies and rare earth element patterns in meteorites and Earth: Nebular fractionation and the nugget effect. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, v.163: 234-26.
- Denele, Y., Leroy, S., Pelleter, E., Pik, R., Talbot, J.Y. dan Khanbari, K., 2012. The Cryogenian arc formation and successive high-K calc-alkaline plutons of Socotra Island (Yemen). *Arabian Journal of Geoscience*, v.5: 903-924.
- Didar, P., Emami, M.H. dan Emamian, F., 2015. Introduction to the geology and mineralogy of pegmatites located south of Mashhad (first report of Li-bearing pegmatites from Iran). *Journal of Tethys*, v.3(2): 123-136
- Ghani A.A., 2005. Highly evolved S type granite: Selim Granite, Main Range Batholith, Peninsular Malaysia. *Geological Society of Malaysia Bulletin*, v.51: 95-101
- Ghani A.A., Yusoff, I., Hassan M.H.A., dan Ramli., 2013. Geochemical Study of Volcanic and Associated Granitic Rocks from Endau Rompin, Johor, Peninsular Malaysia. *Journal of Earth System Science*, v. 122, no. 1: 65 – 78.
- Gill, R., 2010. *Igneous Rocks and Processes: a Practical Guide*. Wiley-Blackwell. Chichester-UK.
- Hutabarat, J., Syafri, I., Sulaksana, N., Sukiyah, E., Fauzielly, L. dan Sudrajat, A., 2016. Fenomena Pelapukan Granit "Corestones" Di Daerah Bagian Timur dan Utara Pulau Bintan (Untuk Menunjang Pengembangan Kawasan Taman Bumi di Kepulauan Riau). *Seminar Nasional Ke-III Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran*.
- Irzon, R., 2015. Contrasting Two Facies of Muncung Granite in Lingga Regency Using Major, Trace, and Rare Earth Element Geochemistry. *Indonesian Journal on Geoscience*, v.2, no.1: 23-33

- Irzon, R. dan Permanadewi, S., 2010. Elements Study of Igneous and Altered Rocks in Kulonprogo and Its Surrounding Using ICP-MS. *Proceeding PIT IAGI, Lombok*: 1-10
- Kurniawan, A., 2014. Geologi Batuan Granitoid di Indonesia dan Distribusinya. *Masyarakat Ilmu Bumi Indonesia*, v.1 (E-3).
- Kusnana, Sutisna, K., Amin, T.C., Koesoemadinata, S., Sukardi dan Hermanto, B. 1994. *Peta Geologi Lembar Tanjung Pinang, Sumatra Skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Lee, C.T.A. and Bachmann, O., 2014. How important is the role of crystal fractionation in making intermediate magmas? Insights from Zr and P systematics. *Earth and Planetary Science Letters*, v.393:266–274
- Majumdar, D. dan Dutta, P. 2014. Rare earth element abundances in some A-type Pan-African granitoids of Karbi Hills, North East India. *Current Science*, v. 107, no.12: 2023-2029.
- McDonough, W.F. dan Sun, S. 1995. The Composition of the Earth. *Chemical Geology*, v.120: 223-253.
- Nagudi B., Koeberl, C. dan Kurat, G. 2003. Petrography and geochemistry of the Singo granite, Uganda, and implications for its origin. *Journal of African Earth Sciences*, v. 36: 73–87.
- Nono, G.D.K., Nzenti, J.P., Suh, C.E. dan Ganno, S. 2010. Geochemistry of Ferriferous, High-K Calc-Alkaline Granitoids from the Banefo-Mvoutsaha Massif (NE Bafoussam), Central Domain of the Pan-African Fold Belt, Cameroon. *Open Geology Journal*, v.4: 15-28.
- Parry, W.T. dan Downey, L.M., 1982. Geochemistry of Hydrothermal Chlorite Replacing Igneous Biotite. *Clays and Clay Minerals*, v.30(2): 81-90
- Perez-Soba, C. dan Villaseca, C. 2010. Petrogenesis of highly fractionated I-type peraluminous granites: La Pedriza pluton (Spanish Central System). *Geologica Acta*, vol.8, no. 2: 131-149.
- Ramakrishnan, D. dan Tiwari, K.C., 1998. REE Chemistry of Arid Zone Calcrete Profiles-A Case Study From The Thar Desert, India. *Turkish Journal of Earth Science*, v.7:97-103.
- Tagudi B., Koeberl, C., dan Kurat G. 2003. Petrography and Geochemistry of The Singo Granite, Uganda, and Implications for Its Origin. *Journal of African Earth Sciences*, v. 36:73–87
- Searle, M.P., Whitehouse, M.J., Robb, L.J., Ghani A.A., Hutchinson, C.S., Sone, M., Ng, S.W.-P., Roselee, M.H., Chung, S.-L., dan Oliver, G.J.H., 2012. Tectonic Evolution of The Sibumasu-Indochina Terrane Collision Zone in Thailand and Malaysia: Constraints from New U-Pb Zircon Chronology of SE Asian Tin Granitoids. *Journal of the Geological Society*, London, v. 169: 489–500.
- Shahin, H.A.E.R.A dan Masoud, M.S. 2014. Hydrothermally Altered and Fractured Granite Hosting Rare Metals at Gabal Adara Adatolob, Southeastern Desert, Egypt. *Earth Sciences*, v. 3: 1-7.
- Singh, L.G. dan Vallinayagam, G., 2012. Petrological and Geochemical Constraints in the Origin and Associated Mineralization of A-Type Granite Suite of the Dhiran Area, Northwestern Peninsular India. *Geosciences*, v.2, no.4: 66-80.
- Wijaya, D. R. P. dan Hendratno, A., 2015. Petrogenesis Andesit Basaltik di Daerah Kali Wader dan Sekitarnya, Kecamatan Bener, Kabupaten Purworejo, Provinsi Jawa Tengah.: *Proceeding Seminar Nasional Kebumihan ke-8, Academia-Industry Linkage*:53-64
- Wise, M.A. dan Brown, C.D., 2010. Mineral chemistry, petrology and geochemistry of the Sebago granite-pegmatite system, southern Maine, USA. *Journal of Geosciences*, v.55: 3–26